

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ЗІ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ АМІАКУ
З СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ДЖЕРЕЛ**

На основі

**Рамкового кодексу
належної сільськогосподарської
практики
зі скорочення викидів аміаку
Європейської економічної комісії
Організації Об'єднаних Націй**

(ECE/EB.AIR/129)

Ammonia_SR136_28-4_HR.pdf

United Nations Economic Commission for Europe
Framework Code for Good
Agricultural Practice for Reducing
Ammonia Emissions



Київ – 2016

УДК 504:546.17/19:636

ДР № 0116U008972

Методичні рекомендації зі скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел. – К., 2016. – 31 с.

Викладено методичні основи заходів зі скорочення викидів аміаку (NH₃) з сільськогосподарських джерел в умовах сільськогосподарського виробництва України.

В основу методичних рекомендацій покладено найсучасніший довідковий документ із запобігання і скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел, «Рамковий кодекс належної сільськогосподарської практики зі скорочення викидів аміаку Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй (ECE/EB.AIR/129, 2015), який розробили автори: *Shabtai Bittman, Martin Dedina, Barbara Amon, Harald Menzi, J. Webb, Karin Groenestein, Tom Misselbrook, Nick Hutchings, Helmut Dohler, Klaas van der Hoek, Steen Gyldenkaerne, Laura Valli, Christian Pallière, Clare Howard, Oene Oenema and Mark Sutton.*

За сприяння: *Peter Meulepas, Roald Wolters (EC), Ilka Neumann, Pierre-Loïc Nihoul, Clare Taylor, Candice Hansotte (PRACISIS) and Alisher Mamadzhanov (UNECE).*

Кодекс розроблено з метою підтримки Сторін Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані у створенні або оновленні їх національних рекомендаційних документів належної сільськогосподарської практики для обмеження викидів аміаку. Документ носить виключно рекомендаційний характер і не є розпорядчим комплексом заходів для використання в повному обсязі. Рекомендації призначено для державних органів територіального управління, громадських організацій, землевласників та землекористувачів, наукових працівників, викладачів і студентів вищих аграрних навчальних закладів.

Укладачі:

За науковою редакцією академіка НААН *О.І. Фурдичка*

Моклячук Л.І., д.с.-г.н., проф.; Жукорський О.М., д.с.-г.н., проф., чл.-кор. НААН; Бородай В.П., д.с.-г.н., проф.; Пінчук В.О., к.с.-г.н., с.н.с.; Никифорок О.В., к.с.-г.н.; Яцук І.П., к. держ.-упр.; Никитюк Ю.А., к.с.-г.н., с.н.с.; Курник І.М.

Рецензенти:

Шерстобоева О.В., д.с.-г.н., проф.; Корсун С.Г., д.с.-г.н., с.н.с.

Розглянуто та рекомендовано до використання Міністерством екології та природних ресурсів України від 21.12.2016 р., № 5/6-7/11655-16.

Розглянуто і рекомендовано до впровадження Науково-технічною радою ДУ «Держґрунтохорона» від 23.12. 2016 р., протокол № 3.

Розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради Інституту агроєкології і природокористування НААН від 3.10.2016 р., протокол № 6.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ, ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....	4
ВСТУП.....	5
I. УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ АЗОТУ З ВРАХУВАННЯМ ПОВНОГО АЗОТНОГО ЦИКЛУ.....	6
1.1. Елементи ефективного управління потоками азоту.....	7
1.2. Засоби для оптимізації управління потоками азоту.....	8
II. СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ТВАРИН З НИЗЬКИМ РІВНЕМ ВИКИДІВ.....	9
2.1. Низькоемісійні системи утримання ВРХ.....	10
2.2. Низькоемісійні системи утримання свиней.....	11
2.3. Низькоемісійні системи утримання птиці.....	13
III. СТРАТЕГІЇ ГОДІВЛІ ТВАРИН.....	14
3.1. Зменшення вмісту азоту у продуктах життєдіяльності тварин.....	15
3.2. Зменшення виділення азоту при годівлі свиней та птиці.....	16
3.3. Зменшення виділення азоту при годівлі жуйних тварин (ВРХ).....	17
IV. СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ГНОЮ З НИЗЬКИМ РІВНЕМ ВИКИДІВ.....	18
4.1. Методи зниження емісії азоту при зберіганні рідких органічних добрив.....	18
4.2. Методи зниження емісії азоту при зберіганні твердих органічних добрив.....	20
V. НИЗЬКОЕМІСІЙНІ СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ.....	22
5.1. Низькоемісійні способи внесення рідких органічних добрив.....	23
5.2. Низькоемісійні способи внесення твердих органічних добрив.....	25
5.3. Практичні міркування вибору методів внесення гною в ґрунт.....	25
VI. ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ АМІАКУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....	28
6.1. Зниження викидів аміаку при використанні сечовини.....	29
6.2. Зниження викидів аміаку при використанні амонійних добрив.....	30
НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА.....	31

СКОРОЧЕННЯ, ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

CH₄ – метан;

CO₂ – диоксид карбону (вуглекислий газ).

N – нітроген (nitrogen; азот)

N₂O – геміоксид азоту (закис азоту);

NH₃ – аміак;

TFRN – Task Force on Reactive Nitrogen (Цільова комісія з хімічно активного азоту);

ВРХ – велика рогата худоба;

ЕВА – ефективність використання азоту;

ЄЕК ООН – Європейська економічна комісія Організації Об'єднаних Націй;

ЄС – Європейський союз;

НПС – навколишнє природне середовище;

ПП – перетравний протеїн;

СП – сирий протеїн;

СР – суха речовина;

ТЗПВВ – Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані;

ВСТУП

В останні роки забруднення навколишнього природного середовища (НПС) сполуками хімічно активного азоту викликає тривогу світової спільноти. Хімічно активний азот визначають як біологічні, фотохімічні і променево активні сполуки азоту в біосфері та атмосфері. Сільське господарство – основний споживач сполук азоту, а також джерело його втрат при виробництві як рослинницької так і тваринницької продукції. У сільському господарстві сполуки азоту використовують у складі органічних і мінеральних добрив, продуктів харчування, кормів для тварин. Не вся кількість азоту, що надходить в складі поживних речовин, засвоюється живими організмами, частина його виділяється з відходами, складається і використовується як добрива; частина просто втрачається – випаровується в атмосферу і потрапляє у водні джерела. Сполуки азоту переносяться атмосферними потоками на великі відстані, викликаючи при цьому негативні наслідки для НПС і людини. Це – підкислення озер, річок і ґрунту, забруднення поверхневих і підземних вод, евтрофікація поверхневих вод, зниження біорізноманіття флори і фауни.

У період з 1972 по 1977 рр. дослідження підтвердили гіпотезу про те, що забруднювачі повітря можуть переноситися на тисячі кілометрів, перш ніж відбувається їх осадження, завдаючи шкоди НПС. Це ще раз показало, що для вирішення вищезазначених проблем необхідна співпраця на міжнародному рівні. З цією метою в листопаді 1979 р. в Женеві (Швейцарія) було проведено Нараду високого рівня з охорони довкілля в рамках Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН, внаслідок якого представниками урядів 34 країн і ЄС була підписана «Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані (ТЗПВВ)». Україна, серед 49 країн, ратифікувала Конвенцію та бере активну участь в її розвитку.

Рамковий кодекс ЄЕК ООН для належної сільськогосподарської практики, що сприяє скороченню викидів аміаку було розроблено в 2001 р. Цільовою комісією з хімічно активного азоту Task Force on Reactive Nitrogen (TFRN), з метою гармонізації основних вимог національних кодексів і включення найкращих доступних методів і технологій. Кодекс оновлено у 2015 р. Документ включає статті з усіх значних сільськогосподарських джерел аміаку і націлений на надання сприяння Сторонам Конвенції у вдосконаленні і/або розробці своїх власних національних документів про впровадження належної сільськогосподарської практики по регулювання емісій хімічно активного азоту. Розроблені методичні рекомендації враховують умови території України, тобто є адаптовані до місцевих ґрунтових і геоморфологічних умов.

I. УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ АЗОТУ З ВРАХУВАННЯМ ПОВНОГО АЗОТНОГО ЦИКЛУ

Азот (N) разом з іншими біогенними речовинами відіграє важливу роль для росту рослин, тому потрібна достатня його кількість для забезпечення оптимальної урожайності сільськогосподарських культур. Викиди азоту в секторі сільського господарства відбуваються різними шляхами, включаючи вилуговування і вимивання нітратів і органічного азоту у водні об'єкти, а також – газоподібні викиди. З точки зору ролі сільського господарства в забрудненні повітря найбільше занепокоєння викликають аміак (NH_3) і геміоксид азоту (N_2O), останній є парниковим газом. Хоча Рамковий кодекс в основному стосується викидів NH_3 , ці викиди взаємопов'язані з іншими процесами перетворення, втрачання і засвоєння азоту сільськогосподарськими рослинами і повинні розглядатися в комплексі. Тому, важливо враховувати весь азотний цикл при розробці ефективних стратегій для:

- а) мінімізації забруднення водних ресурсів і атмосфери;
- б) оптимізації використання N в рослинництві;
- в) обліку впливу заходів по обмеженню викидів NH_3 на інші втрати N.

Здебільшого засвоюваний рослинами N у твердому або рідкому гної знаходиться в аміачній формі. Викиди NH_3 з органічних і неорганічних добрив призводять до втрати цінного N і, тим самим, збільшують потребу в комерційних добривах для підвищення урожайності. З цієї причини в преамбулі і в додатку IX до Протоколу про боротьбу з підкисленням, евтрофікацією і приземним озоном 1999 р. (Гетеборзького протокол) до Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані рекомендовано належним чином враховувати необхідність скорочення втрат NH_3 впродовж усього азотного циклу. У сільському господарстві це відноситься в основному до тваринництва, виробництва зернових і змішаних систем ведення сільського господарства. Зокрема, Протокол містить рекомендації щодо визначення найкращих наявних варіантів скорочення викидів NH_3 у сільському господарстві в керівному документі про запобігання і скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел (Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources, ECE / EB.AIR / 120, 2014).

Основними джерелами викидів NH_3 є рідкий і твердий гній, що утворюються в процесі стійлового утримання тварин, і застосування азотних добрив, а також, в меншій мірі, сеча тварин при пасовищному утриманні і сільськогосподарські культури. Виділення аміаку з гною відбувається в тваринницьких приміщеннях, з гноєсховищ і при внесенні гною в ґрунт. Оскільки викиди відбуваються послідовно, то частки зменшення викидів NH_3 в результаті заходів, що застосовуються на кожному етапі виробництва, є складовими, а не

сумарними. Це також означає, що заходи по скороченню викидів NH_3 на ранньому етапі (тобто в тваринницьких приміщеннях і при зберіганні гною) повинні доповнюватися заходами, що застосовуються на більш пізньому етапі (тобто при внесенні гною в ґрунт), для того щоб в повній мірі використати результатами зменшення викидів на ранньому етапі і не втратити їх в подальшому. У багатьох випадках оптимізоване внесення гною в ґрунт і стратегії годівлі тварин відкривають найбільш широкі можливості для скорочення викидів з точки зору затрато ефективності.

1.1. Елементи ефективного управління потоками азоту

Управління потоками азоту значно варіюється в регіоні ЄЕК ООН, а відповідно різняться і викиди NH_3 . Загалом, викиди азоту мають тенденцію до зниження у наступних випадках:

а) всі джерела азоту на фермі піддаються регулюванню з урахуванням в повній мірі особливостей «всієї ферми» і «всього азотного циклу»;

б) кількість азоту, що використовується, має відповідати потребам рослин і тварин для їх росту і розвитку, в тому числі особливостям місцевих порід/сортів, ґрунтових умов, клімату і т. д. ;

в) як аспекти раціонального господарювання, націленого на досягнення високої продуктивності, зводяться до мінімуму інші обмежувальні чинники виробництва (такі, наприклад, як інші обмеження щодо біогенних речовин, шкідники, стрес);

г) джерела викидів азоту зберігаються ефективним чином, своєчасно використовуються в подальшому і застосовуються з використанням правильних методів, в належних кількостях і у відповідних місцях;

д) всі значні шляхи втрат азоту розглядаються комплексно для забезпечення того, щоб вжиті заходи не мали непередбаченого побічного впливу.

Використання всіх джерел N в господарстві повинно бути ретельно сплановано, а кількість використовуваного N не повинно перевищувати потреби рослин або тварин. Необхідно брати до уваги всі шляхи втрат: наприклад, збереження NH_3 після внесення гною в ґрунт може підвищити вилуговування при перевищенні оптимальної кількості N для живлення рослин. Застосовувані кількості і втрати можуть бути зменшені за рахунок досягнення більш точної відповідності вмісту азоту в кормах потребам тварин. Вживання заходів по скороченню викидів NH_3 після внесення гною і добрив буде також безпосередньо сприяти ефективному управлінню за рахунок збереження N для засвоєння рослинами. Обмеження щорічного обсягу внесення N та заходи по обмеженню викидів NH_3 після внесення гною і добрив відкривають можливості для підвищення врожайності і концентрації білку.

1.2. Засоби для оптимізації управління потоками азоту

Забезпечення належного управління потоками азоту на фермах є складним завданням, для вирішення якого потрібні знання, технології, досвід, планування і моніторинг. Інструменти для прогнозування оптимальних норм внесення мінеральних добрив і розрахунку азотного балансу та ефективності використання азоту (ЕВА) є вагомими засобами для регулювання потоків азоту на фермах. Хоча прийняті конкретні підходи повинні узгоджуватися з розміром відповідної ферми, існують належні заходи, прийнятні для всіх типів господарств.

Рекомендації щодо внесенню добрив, засновані на результатах тестування ґрунтів і сільськогосподарських культур, дають орієнтовні значення потреб у поживних речовинах для сільськогосподарських культур і пасовищ. Їх калібрують під місцеві умови і економічні міркування і тому розраховують на національному та регіональному рівні. Це допомагає фермерам відповідним чином дозувати внесення гною та інших органічних добавок і мінеральних добрив для оптимізації виходу продукції та уникнення накопичення надлишків поживних речовин.

Інструменти для розрахунку азотного балансу засновані на співставленні кількості N, що поступає, і кількості N, що виводиться. Баланс «вхід-вихід» по азоту (так званий баланс «біля воріт господарства») є різницею між загальною кількістю (на рівні фермерського господарства) азоту, що надходить в господарство (добрива, корми, підстилка, виділення тварин, а також фіксація азоту сільськогосподарськими культурами і осадження атмосферного азоту) та виходом азоту з продукцією (сільськогосподарські культури, продукція тваринництва, гній) з господарства. «Польовий баланс» є різницею між загальним обсягом надходження азоту в поле, включаючи гній і добрива (в тому числі фіксація N, осадження і зрошення) та заготовленими продуктами, такими як зерно, фураж або фрукти. У всіх балансах азоту різниця між надходженням і виходом азоту може бути позитивною (надлишок) або негативною (дефіцит). Надлишок N є показником тиску на НПС, в той час як дефіцит вказує на виснаження поживних речовин; обидва вони виражаються в кілограмах (кг) азоту на гектар (га) в рік. Відношення загальної кількості виведеного азоту до загальної кількості введеного азоту, складає ЕВА.

Зменшення надлишку N і збільшення ЕВА протягом певної кількості років вказують на поліпшення управління потоками азоту. У цьому контексті рекомендується використовувати період в п'ять років як відповідний період оцінки. Управління потоками азоту може вдосконалюватися до досягнення рівня «найкращої практики управління». І надлишок азоту, і значення ЕВА можуть бути використані для оцінки функціонування господарств в порівнянні один з одним або для порівняння із зразковими господарствами.

Широкий спектр варіантів скорочення викидів NH_3 представлений в наступних розділах, в яких ефективність, як правило, описується в вигляді відсоткового скорочення в порівнянні з еталонним методом. В цілому ж, якщо все скорочення викидів є корисним внеском, то досягнення 30%-го скорочення викидів з багатокомпонентного джерела може розглядатися як прийнятний базовий рівень ефективності для передової практики.

II. СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ТВАРИН З НИЗЬКИМ РІВНЕМ ВИКИДІВ

Утримання сільськогосподарських тварин поряд з внесенням гною в ґрунт є одним з основних джерел викидів NH_3 в сільському господарстві. Для всіх типів тваринницьких приміщень при визначенні щільності утримання сільськогосподарських тварин необхідно враховувати вимоги правил забезпечення нормального фізіологічного стану тварин. Рациональне використання площі ферми може сприяти скороченню викидів NH_3 та інших форм забруднення. Реконструкція приміщень для утримання тварин відповідно до вимог захисту тварин може призвести до збільшення викидів NH_3 (пов'язано зі збільшенням площі на одну тварину). Але оптимізація технологічних операцій надає можливість для впровадження низькозатратних методів з низьким рівнем викидів аміаку. Таким чином, за допомогою цього підходу можна досягти поліпшення умов утримання тварин без збільшення викидів NH_3 .

Існує низка методів скорочення викидів, які варіюються як за своєю вартістю – від високої до вкрай незначної, так і за ступенем їх застосування до різних систем утримання сільськогосподарських тварин.

Для забезпечення скорочення викидів NH_3 слід дотримуватися кількох загальних принципів утримання тварин:

а) всі місця утримання (активність, лежання, моціон) як всередині, так і за межами приміщень повинні бути сухими і чистими;

б) забезпечення мінімального стику поверхні гною з повітрям в гноєзбірниках (наприклад, за використання частково ґратчастих підлог і похилих стінок гноєзбірників);

в) якнайшвидше видалення екскрементів з приміщення, де утримуються тварини. Швидке розділення гною і сечі в приміщенні і їх роздільне зберігання зменшать перетворення сечовини в амоній, що обмежить викиди;

г) підтримання якомога нижчої швидкості потоку і температури повітря над поверхнями, забрудненими екскрементами (без зменшення загальної вентиляції), крім випадків сушки гною, наприклад шляхом охолодження повітря, що поступає або, у випадку природної вентиляції, з урахуванням переважаючого напрямку вітру;

д) надання тваринам функціональних місць для лежання/сидіння, годування, дефекації, моціону (відноситься тільки до свиней);

е) очистка відпрацьованого повітря при штучно вентильованих будівель.

2.1. Низькоемісійні системи утримання великої рогатої худоби (ВРХ)

Утримання в боксах є найбільш поширеною системою розміщення худоби і розглядається як базова. Утримання тварин на прив'язі не рекомендується з міркувань гуманного ставлення до тварин і охорони їх здоров'я.

Домогтися зменшення викидів NH_3 з приміщень з природною вентиляцією, що використовуються для розміщення худоби, непросто. Деякі можливості надає, як зазначено в розділі III, зміна кормових раціонів тварин. У деяких тваринницьких приміщеннях можна використовувати системи, що передбачають часте прибирання за допомогою зшкрябування і змиву. Застосування води зменшує викиди, але збільшує обсяги рідоти, що підлягає зберіганню і обробці.

У приміщеннях з щільною підлогою та приміщеннях на основі теплоізоляції даху і/або використання автоматично регульованої системи природної вентиляції можна домогтися помірного скорочення викидів (20% в порівнянні зі звичайною системою) за рахунок формування оптимального мікроклімату, в результаті зниження температури (особливо літом) і швидкості повітрообміну.

Для систем безприв'язного утримання худоби на солом'яній підстилці збільшення кількості соломи в розрахунку на одну тварину може знизити викиди NH_3 з тваринницьких приміщень і при зберіганні гною. Необхідна кількість соломи залежить від породи, системи годування, системи утримання худоби і кліматичних умов.

Для зменшення викидів NH_3 з приміщень для утримання ВРХ, можуть бути використані наступні підходи, які наведено нижче:

а) належні умови утримання, наприклад забезпечення максимальної чистоти проходів і загонів для тварин, можуть сприяти скороченню викидів NH_3 на більшості ферм;

б) система «рифленої підлоги» для утримання ВРХ, де використовуються «зубчасті» скребки, що рухаються по рифленій підлозі, – надійний метод скорочення викидів NH_3 . Жолобки повинні бути забезпечені отворами для стікання сечі. Скорочення викидів NH_3 на 25% і до більш ніж 40% по відношенню до звичайної системи може бути досягнуто за умови, якщо зшкрябування проводиться досить регулярно;

в) додавання кислоти до змивної води може значно зменшити викиди NH_3 з приміщень. В цьому випадку необхідне проведення подальшої оцінки.

2.2. Низькоємісйні системи утримання свиней

Для скорочення викидів аміаку (*при системах утримання свиней з утворенням гноєвої рідоти і з ґратчастими підлогами*) можуть бути використані наступні методи:

а) *зменшення площі поверхні ґратчастої підлоги*, наприклад шляхом застосування частково ґратчастої підлоги. Конструкція підлоги повинна забезпечувати максимальне стікання гною і сечі в гноєзбірні канали. На ділянках із суцільним покриттям підлоги необхідно передбачати можливість для стоку сечі в сечозбірники (наприклад, підлога з невеликим нахилом). Необхідне часте видалення гною з гноєзбірників до сховища за межами свинарника. Це завдання можна вирішити за допомогою скребоків або вакуумної системи, змиву водою, використання необробленого рідкого гною (з вмістом сухої речовини менш 5%) або сепарації гною. На частково ґратчастій підлозі, що становить 50% всієї площі підлоги, загалом виділяється на 15–20% менше NH_3 , особливо якщо ґрати виготовлені з металу або покриті пластиком і гній прилипає до них менше, ніж до бетону;

б) *скорочення площі контактної поверхні гнойової рідоти під ґратчастою підлогою*, наприклад шляхом встановлення гноєзбірників з нахиленими всередину стінками, тобто гноєзбірник є вужчими у нижній частині, ніж у верхній. Стінки повинні бути виготовлені з гладкого матеріалу, щоб запобігти прилипанню гною. Скорочення площі викидів за рахунок дрібних V-подібних лотків (максимальна ширина 60 см, глибина 20 см) може скоротити викиди в свинарниках на 40–65% залежно від категорії свиней і наявності частково ґратчастої підлоги. Лотки слід промивати два рази в день рідкою (розрідженою) фракцією гною, а не водою. Для підсисних свиноматок скорочення викидів на 65% може бути досягнуто за рахунок скорочення площі викидів за допомогою встановлення піддону під ґратчастою підлогою заgonу. Піддон являє собою другу підлогу з ухилом (щонайменше, 3°) зі стоком для гною в найнижчій точці;

в) *охолодження гнойової рідоти*. В існуючих типах тваринницьких приміщень температура гною в гноєзбірнику може бути знижена шляхом прокачування охолоджуючого агента (наприклад, ґрунтової води) через охолоджуючі ребра, плаваючі в гнойовій рідоті. Поверхневе охолодження гною тепловідвідними радіаторами замкнутої теплообмінної системи може забезпечити скорочення викидів на 45–75% залежно від категорії тварин. Цей метод є найбільш економічним, якщо відібране тепло використовувати для обігріву інших об'єктів, наприклад свинарників для відлучених поросят.

г) *підкислення гнойової рідоти*. Скорочення викидів NH_3 можна досягти за рахунок підкислення гнойової рідоти для зсуву хімічного балансу з NH_3 в сторону NH_4^+ . Гній (особливо рідка фракція) збирається в резервуар з

підкисленою рідиною (зазвичай це сірчана кислота, але можуть використовуватися і органічні кислоти), що підтримує рН нижче 6. При утриманні поросят спостерігалось скорочення викидів на 60%;

д) *покращення поведінки тварин і конструкції боксів*. Поведінка тварин може бути покращена шляхом надання свиням функціональних зон для тієї чи іншої діяльності. Наприклад, бокси з частково ґратчастою підлогою повинні бути влаштовані таким чином, щоб свині могли розпізнавати різні функціональні зони для лежання, годування, випорожнення і фізичної активності. Мета цього полягає в тому, щоб звести до мінімуму забруднення суцільної площі підлоги гноем і сечею з метою зменшення викидів NH_3 . Це може бути зроблено шляхом урахування характеру поведінки свиней щоб уникнути випорожнення в їжу і в місцях для лежання за рахунок оптимізації компонування боксів і кліматичного контролю. Наприклад, розташування годівниць в передній частині боксу, а поїлок – в задній, над ґратчастою частиною підлоги допомагає уникати випорожнення на суцільну підлогу. Висока температура в приміщенні сприяє тому, що свині лягають на ґратчасту частину підлоги (зона випорожнення), а не на суцільну підлогу. Це може призводити до забруднення суцільної частини підлоги і збільшення викидів, через що буде виникати необхідність прийняття додаткових заходів по боротьбі з викидами (наприклад, поліпшення вентиляції, регулювання температури суцільної підлоги, з тим щоб свині лежали саме на ньому, або установку автоматичних розпилювачів для охолодження в літній період).

е) *недопущення вентиляції простору безпосередньо над поверхнею гною в гноєзбірних каналах*. Підвищення швидкості повітряного потоку призводить до збільшення викидів NH_3 з поверхні гною. У свинарниках, де це є неминучим, зазор між ґратчастими перегородками і поверхнею гною повинен бути досить великим, для того щоб максимально знизити швидкість повітряного потоку;

є) *очищення повітря від NH_3 за допомогою кислотних скрубєрів або крапельних біофільтрів*. Хоча використання скрубєрів більш затратне, такий підхід має найвищий потенціал (скорочення на 70–90%) для зменшення викидів в штучно вентиляльованих приміщеннях і може вважатися прийнятним там, де на національному, регіональному або місцевому рівні існує нагальна необхідність скоротити викиди NH_3 .

Багато із способів зменшення викидів NH_3 з гною в приміщеннях для утримання свиней також можуть бути застосовані до гнойової рідоти в приміщеннях для ВРХ.

Скорочення викидів *при системах утримання свиней з використанням солом'яної підстилки*.

У системах утримання свиней з підстилкою із соломи використовуються

свіжі, чисті, сухі і гігієнічні підстилки. Має існувати достатня кількість підстилкового матеріалу, що забезпечує повну адсорбцію сечі. При необхідності слід проводити часту заміну підстилки. Якщо повна адсорбція сечі є неможливою, то похилі підлоги і жолоби повинні забезпечувати швидкий стік і видалення сечі. У будь-який час повинна бути виключена можливість витoku води з поїльної системи для недопущення додаткового зволоження підстилки.

Системи утримання на солом'яній підстилці дозволяють забезпечити комфортні умови для тварин порівняно з системами на основі гнойової рідоти. На даний момент не існує будь-яких доказів значно більших викидів з приміщень для утримання тварин з добре функціонуючими системами на основі використання солом'яної підстилки порівняно з системами на основі гнойової рідоти за умови, що на одну тварину припадає однакова площа. Для забезпечення комфортних умов для тварин і з екологічних міркувань такі системи повинні використовуватися там, де свині лежать і випорожнюються в різних місцях. Це відповідає природній поведінці свиней і в той же час скорочує викиди. Управління системами, що базуються на використанні солом'яної підстилки, вимагають більших зусиль, ніж системи на основі гнойової рідоти.

У свинарниках використання системи природної вентиляції поєднується зі створенням функціональних зон. Викиди NH_3 можуть бути знижені на 20%. Порівняно з приміщеннями з примусовою вентиляцією для них потрібний більший простір.

2.3. Низькоемісійні системи утримання птиці

Викиди NH_3 є мінімальними, коли вміст сухої речовини (СР) в посліді або підстилці становить 60% або більше. У цих умовах недостатня вологість може привести до розщеплення сечової кислоти і вивільнення аміаку. Це означає, що додаткова сушка не збільшить викиди NH_3 . Навпаки, сушка вже намоклого пташиного посліду, в якому вже відбулося розщеплення сечової кислоти, призведе до збільшення викидів NH_3 . Тому для посліду птиці і гною методи боротьби з викидами повинні бути спрямовані на збільшення вмісту СР шляхом запобігання розливу води, а в нових приміщеннях – на установку сушильного устаткування, що підтримує вміст СР на рівні вище 60%.

У приміщеннях для утримання курей-несучок викиди NH_3 з глибокого послідозбірника під клітковою батареєю або з каналної системи можуть бути скорочені за рахунок зниження вологості посліду шляхом вентилявання відстійника для посліду. Інші варіанти боротьби з викидами в приміщеннях для утримання курей-несучок включають в себе:

а) *системи збору посліду стрічковими транспортерами (кліткові батареї, модифіковані клітки):* збір посліду стрічковими транспортерами з подальшим

його видаленням під зовнішнє крите сховище також може скоротити викиди NH_3 , особливо якщо послід був висушений на стрічкових транспортерах за допомогою примусової вентиляції. Послід, що надходить з стрічкових транспортерів в активно вентилявані тунельні сушарки, розташовані всередині або зовні будівлі, може бути висушений до 60–80%-го вмісту СР менш ніж за 48 годин. Збільшення частоти видалення гною від одного разу на тиждень до двох-трьох разів на тиждень зменшує викиди NH_3 ;

б) *пташники (безкліткове утримання)*, оснащені стрічковими транспортерами для частого збору і видалення посліду в крите сховище, скорочують викиди більш ніж на 70% порівняно з системами утримання на глибокій підстилці.

Відпрацьоване повітря з пташників може очищатися від NH_3 за допомогою кислотних скрубєрів або біологічних фільтрів (з ефективністю зменшення на 70–90%). Оскільки повітря з пташників містить багато великих часток пилу, які можуть засмітити скрубєр, рекомендується застосовувати багатоступінчаті скрубєри, що видаляють великі частинки на першому етапі. Такі багатоступінчаті скрубєри забезпечують супутні вигоди, зменшуючи викиди NH_3 і інших твердих частинок, які також містять значну кількість фосфору і інших елементів, що дозволяє переробляти їх на поживні речовини для рослин.

У приміщеннях для утримання бройлерів та індиків, як і в інших системах утримання домашньої птиці, якість підстилки є основним чинником, що впливає на викиди NH_3 , оскільки це впливає на ступінь розкладання сечової кислоти. У нових будівлях конструкція вентиляційних систем повинна забезпечувати видалення вологи при будь-яких погодних і сезонних умовах, при цьому в пташнику повинна бути добра теплоізоляція. У нових та існуючих пташниках необхідно вживати заходів щодо попередження конденсації (теплоізоляція), а в бройлерниках слід застосовувати ніпелєві поїлки, що дозволяють звести до мінімуму розлив питної води.

III. СТРАТЕГІЇ ГОДІВЛІ ТВАРИН

Скорочення викидів з кормового компонента вимагає використання правильних методів ведення тваринництва, таких як:

- а) збалансована годівля з урахуванням потреб тварин;
- б) хороший стан здоров'я і благополуччя тварин;
- в) належна організація середовища утримання тварин;
- г) правильні навички догляду за худобою;
- д) відповідна генетика тварин.

Максимізація частки перетравного протеїну (ПП) у раціоні та мінімізація

фракції протеїну, яка засвоєнню не піддається. Виведення N з екскрементами у різних категорій тварин сильно залежить від виробничої системи. Отже, стандартні значення екскреції слід розраховувати на національному та регіональному рівнях.

Надлишок білку в кормових раціонах сільськогосподарських тварин виводиться головним чином у вигляді сечовини (сечова кислота в посліді птиці). Ці сполуки швидко розкладаються з виділенням амонійного азоту, який характеризується високою здатністю до емісії. Зменшення вмісту білку в кормах буде зменшувати кількість N в екскрементах. Оскільки кількість аміачного азоту в екскрементах є основним джерелом викидів аміаку в сільському господарстві, відповідно досягається непропорційно більша економія викидів аміаку, ніж в результаті кормової оптимізації. Крім того, боротьба з викидами є ефективною на всіх етапах поводження з гноєм (утримання худоби, зберігання, обробка та внесення гною в ґрунт).

Навіть при оптимальних умовах з організму тварин з фекаліями виводиться більша частина білку кормів у вигляді різних азотних сполук. Як правило, майже для всіх видів та категорій тварин та систем тваринництва характерним є надмірний вміст протеїну в кормах, зменшення якого могло б дозволити зменшити вміст N в екскрементах.

3.1. Зменшення вмісту азоту у продуктах життєдіяльності тварин

З метою зменшення вмісту азоту в екскрементах сільськогосподарських тварин можна використовувати такі загальні методи:

а) зменшення надмірного вмісту сирого протеїну (СП) в кормовому раціоні, для того щоб його вміст не перевищував значень, зазначених в діючих рекомендаціях з годівлі. У таблиці 1 наведено орієнтовні цільові рівні вмісту СП в раціоні різних видів тварин та на різних етапах виробництва;

б) детальний розрахунок складу кормового раціону відповідно до потреб окремих сільськогосподарських тварин, наприклад, відповідно до фази лактації, віку і ваги тварин, і т. д;

в) зменшення вмісту СП в кормовому раціоні шляхом оптимізації вмісту амінокислот. Для тварин, що мають однокамерний шлунок, необхідну кількість амінокислот можна регулювати за допомогою додавання в кормовий раціон амінокислот в чистому вигляді або шляхом комбінування різних білкових кормів;

г) досягнення вищого рівня ЕВА шляхом підвищення продуктивності тварин (надій молока, темпи росту, ефективність конверсії кормів і т. д.), для того щоб знизити частку від загальної білкової потреби, необхідну для підтримання нормального фізіологічного стану.

Орієнтовні цільові рівні вмісту сирого протеїну в сухій речовині в раціоні різних видів і категорій тварин на різних етапах виробництва

Види тварин	Категорія тварин	Етап виробництва	Вміст СП відносно СР, %
ВРХ	Молочні корови	Рання лактація	15–16
		Пізня лактація	12–14
	Ремонтні телички	–	12–13
Свині	Поросята	Живою масою, кг: <10	19–21
		<25	17–19
		Живою масою, кг: 25–50	15–17
Птиця	Курчата-бройлери	Стартовий період відгодівлі	20–22
		Період росту	19–21
		Кінцевий період відгодівлі	18–20
Птиця	Кури-несучки	Віком: 18–40 тижнів	15,5–6,5
		старші 40 тижнів	14,5–15,5
		Віком: <4 тижнів	24–27
Птиця	Індики	5–8 тижнів	22–24
		9–12 тижнів	19–21
		13+ тижнів	16–19
		16+ тижнів	14–17

3.2. Зменшення виділення азоту при годівлі свиней та птиці

Екскрецію азоту у свиней можна зменшити шляхом точнішого коригування кормового раціону відповідно до конкретних потреб на різних етапах вирощування тварин. Це може бути досягнуто шляхом:

а) недопущення перевищення рекомендованого рівня вмісту СП в кормах або кормовому раціоні;

б) застосування різних кормових раціонів для підсисних і супоросних свиноматок;

в) застосування різних раціонів на різних етапах росту відгодівельних свиней (фазове годування);

г) врахування мінливості засвоюваності СП і окремих амінокислот в шлунково-кишковому тракті під час годівлі.

Поряд з вищезазначеними методами, рівень вмісту СП в кормових раціонах

свиней можна знизити шляхом оптимізації вмісту найважливіших амінокислот, а не СП. Це завдання можна вирішити шляхом додавання в кормовий раціон амінокислот в чистому вигляді, зокрема лізину, метіоніну і треоніну. Навіть якщо застосування таких методів призводить до деякого подорожчання кормів, ці методи відносяться до найбільш економічних заходів скорочення викидів NH_3 .

У секторі птахівництва методи скорочення екскреції азоту в цілому є такими ж, що і в свинарстві.

3.3. Зменшення виділення азоту при годівлі жуйних тварин (ВРХ)

Для жуйних тварин надлишок СП і екскреція азоту в значній мірі залежать від частки трави, силосу, сіна, злакових культур і концентратів в раціоні, а також від білкового складу цих кормів. Надлишковий вміст СП і відповідна екскреція азоту і викиди NH_3 досягають максимуму для літніх раціонів, що складаються тільки із злакових культур на основі молодих, інтенсивно удобрених трав або бобово-злакових сумішей. У таких випадках розрахунок раціону відповідно до енергетичних потреб тварин неминує призводити до значного надлишку білку. Для виправлення такого становища можна використовувати такі методи:

- а) попередження передозування азотних добрив на пасовищах;
- б) поліпшення енергетичного і білкового балансу кормів шляхом:
 - заміни деякої кількості свіжих трав грубими кормами з меншим вмістом білків (кукурудзяний силос, сіно, зібране на пізніх стадіях зрілості, солома тощо);
 - використання більш зрілих трав (триваліші інтервали між скошуванням) або раціонування кількості трави та високоенергетичних концентратів і забезпечення відповідної кількості протеїну, що не розщеплюється в рубці.

Скоротити викиди NH_3 при утриманні жуйних тварин можна також шляхом збільшення часу, відведеного під випас, оскільки значна частина сечі просочується в ґрунт до того, як розкладається сечовина і утворюються викиди NH_3 . Разом з тим загальна N-ефективність систем випасу часто є нижчою, ніж при скошуванні пасовищних угідь, через нерівномірний розподіл екскрементів.

Одним з методів скорочення екскреції і втрат N в перерахунку на одиницю продукції є підвищення ефективності засвоєння корму шляхом збільшення надоїв. Збільшення числа лактацій на корову може також знизити викиди NH_3 в розрахунку на одиницю виробленого молока протягом життя тварини.

Перетворення азоту трави і бобових в білок жуйних тварин може бути покращено шляхом підтримки якості СП при силосуванні кормів на зиму. Мінімізація деградації чистого білку в силосі може бути досягнута шляхом:

- а) швидке силосування трави після скошування;
- б) видалення кисню з силосної ями якнайшвидше після заповнення;
- в) уникнення теплового ушкодження.

IV. СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ГНОЮ З НИЗЬКИМ РІВНЕМ ВИКИДІВ

Основними джерелами викидів NH_3 , як правило, є викиди з тваринницьких приміщень і під час вивезення гною на поля; проте, втрати в процесі зберігання як твердого так і рідкого гною також можуть бути значним внеском у загальну кількість викидів аміаку. Зберігання гною дозволяє вносити його в таку пору року, коли рослинам потрібен азот, а ризик забруднення води незначний.

4.1. Методи зниженою емісії азоту при зберіганні рідких органічних добрив

Після видалення з тваринницьких приміщень гнойова рідота зберігається в бетонних, сталевих або дерев'яних накопичувачах (або сховищах баштового типу), у відкритих сховищах котлованного типу або в мішках. Відкриті сховища котлованного типу мають велику площу на одиницю об'єму і, отже, більший потенціал для викидів NH_3 .

До числа методів скорочення викидів NH_3 з гноєсховищ відносяться наступні:

а) *конструкція гноєсховища:*

- *розмір*: сховища повинні мати достатній розмір, для того щоб попередити потрапляння гною в ґрунт в ті періоди року, коли існує ризик забруднення води (наприклад, в результаті вилуговування нітратів), а також забезпечити можливість внесення добрив в оптимальний період відповідно до потреб рослин в азоті;

- *площа поверхні*: слід зменшувати площу поверхні сховища, з якої відбуваються викиди. Загалом з технологічних причин (змішування, зменшення необхідного обсягу на випадок випадання опадів), а також з міркувань обмеження викидів висота гноєсховища повинна складати по можливості не менше 3 метрів;

б) *управління потоками і місцевість навколо гноєзбірників:*

- по можливості слід уникати частого перемішування і спорожнення ємкостей, оскільки ці операції призводять до збільшення викидів NH_3 .

- зниження швидкості потоку повітря над поверхнею гною може бути досягнуто за рахунок достатньої висоти вільного борту і шляхом насадження дерев у вигляді захисної смуги;

- заглиблення гноєзбірників на відкритій місцевості і екранування сховищ можуть знизити температуру гною в резервуарі, і, таким чином, призвести до значного зменшення викидів NH_3 (і метану (CH_4));

в) *даху/покриття для гноєзбірників і сховищ баштового типу*: ефективним засобом скорочення викидів NH_3 є закриття гноєсховищ дахом/покриттям.

Способи закриття гноєзбірників або гноєсховищ баштового типу представлені в таблиці 2. Вони включають в себе:

- *жорсткі дахи*: цей метод є найефективнішим для скорочення викидів NH_3 , але в той же час є найдорожчим. Хоча забезпечення щільного прилягання даху до стінок для мінімізації повітрообміну має важливе значення, в той же час необхідно залишати невеликі отвори або оснащувати гноєсховище вентиляючими пристроями для запобігання скупченню легкозаймистого газу CH_4 , особливо при влаштуванні покриття з брезенту. У районах з рясними опадами тверді дахи мають перевагу в тому, що запобігають потраплянню опадів в сховище і, таким чином, допомагають уникати збільшення об'єму гною;

- *плаваючі покриття*: такі покриття виготовляються з листів пластику і мають меншу ефективність порівняно з жорсткою покрівлею, хоча, як правило, вони менш дорогі. Для попередження утворення бульбашок газу і занурення частин листа нерідко використовуються подвійні листи гофрованого полістиролу. Плаваючі покриття слід фіксувати на вертикальних тросах, які прикріплюються до стінки сховища. Це дозволяє не допускати їх повертання при перемішуванні гною, а також їх підняття вітром. Деякі види плаваючих покриттів також дозволяють захищати сховище від попадання в нього дощових опадів, тим самим збільшуючи його корисний об'єм;

- *плаваючі пластикові предмети (гексапокриття)*: плаваючі шестикутні пластикові елементи утворюють суцільне плаваюче покриття на поверхні гною. Вертикальні ребра даху не дають їм елементам наїжджати один на одного. Вони можуть застосовуватися лише при зберіганні гною свиней або інших видів рідкого гною, що не утворюють природної кірки. Вони не підходять для гноївки, багатую органічними речовинами, оскільки стають частиною кірки, яку буде важко відокремити;

- *природна кірка*: на поверхні рідоти, що утворюється при утриманні ВРХ, зазвичай утворюється природна кірка з плаваючих органічних матеріалів. Це відбувається лише у випадку високого вмісту СР в рідоті (>7%) і при мінімальному перемішуванні. Кірка повинна покривати всю площу поверхні гною. Щоб уникнути розлому кірки заповнення сховища повинно здійснюватися знизу. Ефективність кірок залежить від терміну їх утворення і товщини;

- *плаваюча кірка*: додавання соломи, гранульованої крихти (керамзит або перліт) або іншого плаваючого матеріалу на поверхню гною в резервуарах або сховищах котлованного типу може скоротити викиди за рахунок створення штучної кірки:

1) *гранульована крихта (керамзит/перліт)*: додавання гранульованої крихти з затвердлої спіненої глини – дуже простий метод. Він є дорожчим, ніж використання соломи, проте пов'язані з цим методом витрати становлять лише

близько однієї третини від витрат на пристрій покриттів з брезенту. Як правило, за рік втрати матеріалу під час спорожнення гноєсховища не перевищують 10%. Скоротити втрати можна шляхом перемішування за день до внесення гною і короткого перемішування безпосередньо перед внесенням;

2) *солома*: найбільш ефективний спосіб полягає в додаванні соломи з січкарні, що самостійно рухається (косарки-подрібнювача), посіченою на довжину близько 4 см. Солом'яне покриття з достатнім ступенем імовірності призведе до збільшення викидів CH_4 і N_2O через збільшення вмісту вуглецю. Зростає також вміст CP в рідоті, що, як наслідок, збільшує викиди NH_3 після внесення рідкого гною.

Зменшити викиди NH_3 при зберіганні гною в котлованих гноєсховищах важче, ніж при зберіганні в ємкостях. Заміну діючих котлованих гноєсховищ на ємності слід розглядати як один з методів обмеження викидів аміаку. Будівництво нових гноєсховищ котлованного типу слід обмежувати і віддавати перевагу зберіганню гною в ємкостях чи іншими рішеннями з низьким рівнем викидів (див. нижче).

Мішки для зберігання також придатні для скорочення викидів з гною. Зацікавленість до цього підходу зростає, оскільки такі системи можуть бути реалізовані при значно менших витратах, ніж будівництво надземних гноєсховищ з жорстким дахом. Однак може існувати ризик забруднення води при неправильній експлуатації, і цей метод не придатний для великих обсягів або для гноївки з високою концентрацією CP .

4.2. Методи зниження викидів азоту при зберіганні твердих органічних добрив

На сьогоднішній день існує кілька методів скорочення викидів NH_3 при зберіганні сухого гною. Проте застосовуються чіткі керівні принципи належної практики. Після видалення з тваринницьких приміщень сухий гній можна складувати на спеціально відведеному майданчику, в деяких випадках обнесеною стінками і, як правило, обладнаною дренажем і ямою для стоку рідини, що просочується. Зберігання гною в буртах на ґрунті в польових умовах може привести до значних втрат в результаті викидів NH_3 , денітрифікації та вилуговування. Курячу підстилку і послід, особливо висушений на повітрі послід курей-несучок, можна зберігати в бункерах. Керівні принципи скорочення викидів NH_3 при зберіганні гною передбачають наступні заходи:

а) *використання закритих сховищ для сухого гною*. У той час як використання твердих покриттів не завжди може бути практичним, застосування пластикової плівки, як уже було показано, може істотно зменшити викиди NH_3 без значного збільшення викидів CH_4 або N_2O .

Ефективність і застосування методів боротьби з викидами аміаку при зберіганні гною

Заходи скорочення викидів	Категорії тварин	Скорочення викидів NH ₃ , %	Застосування
Збереження без накриття і кірки (базовий метод)	Усі	0	–
Герметична кришка, крівля або тент	Усі	80	Бетонні чи сталеві резервуари або башти
Пластикова плівка (плаваюче накриття)	Усі	60	Невеликі лагуни
Створення умов для утворення природної кірки гною (плаваюче накриття)	ВРХ і свині з вмістом в гної CP > 7%	40	Лише для рідкого гною з підвищеним вмістом волокнистих фракцій. Придатне лише в господарствах, яким не потрібне часте перемішування гною для частого внесення. Кірка не утворюється зі свинячого гною у холодному кліматі
Заміна лагуни закритою ємкістю або високими відкритими резервуарами (глибина >3 м)	ВРХ і свині	30–60	Лише нове будівництво з урахуванням усіх обмежень стосовно високих об'єктів
Мішки для гною	Усі	100	Наявні розміри мішків можуть обмежити їх використання у великих господарствах
Керамзитові кульки ("LECA") або гексогональна плаваюча плитка «Hexa-cover»	Усі	60	Непридатна для гною, який утворює кірку
Штучна кірка гною з гранульованої крихти спіненної затверділої глини	ВРХ і свині	60	Великі лагуни, бетонні або сталеві резервуари
«Низькотехнологічні» плаваючі накриття (солома, торф, кора та ін.)	ВРХ і свині	40	Бетонні або сталеві резервуари і башти. Непридатні для великих лагун. Непридатні, якщо вміст ускладнює утилізацію з гном. Може призвести до утворення N ₂ O і CH ₄

б) додавання в гній значної кількості соломи. Цей підхід можна розглядати як менш ефективний, ніж укриття твердого гною, зі змінною ефективністю залежно від типу гною, умов і можливого збільшення викидів N_2O і CH_4 ;

в) максимально можливе зменшення площі поверхні бурту (наприклад, шляхом установки стінок для збільшення висоти). Цей підхід також можна розглядати як менш ефективний, ніж укриття гною;

г) забезпечення максимальної сухості гною. Це особливо важливо для підстилки в пташнику (для бройлерів і курей-несучок) і при стрічковому сушінню курячого посліду, коли наявність вологи призводить до розщеплення сечової кислоти і виділенню NH_3 . Заходи для забезпечення сухості пташиного посліду включають:

- пристрій листового даху;
- зберігання посліду під дахом, переважно на бетонному покритті;
- за неможливості укриття пташиного посліду, зберігання його в вузьких конусоподібних буртах, які швидше втрачають воду, хоча ступінь вигоди від такого підходу поки що не визначений в кількісному відношенні.

Висушуваний на повітрі послід курей-несучок, що збирається на стрічкові транспортери, який має вміст СР не менш 60–70%, забезпечує досить низький рівень викидів NH_3 . Такий послід треба зберігати сухим і запобігати його повторному зволоженню. Тому зберігання під дахом є найвірнішим варіантом.

Екскременти, що накопичуються в послідозбірниках, розташованих під пташниками батареїного типу для утримання курей-несучок, які нерідко зберігаються під будівлею протягом року, є джерелом інтенсивних викидів NH_3 через низький вміст в них СР (тобто з високим вмістом вологи). З метою зменшення викидів, вміст СР може бути збільшено шляхом обдування складованого посліду повітрям, що видаляється вентиляцією з будівлі.

Інші методи включають підтримку температури гною, що накопичується, нижче $50^{\circ}C$ або збільшення співвідношення C:N до більш ніж 25, наприклад, шляхом збільшення кількості соломи або іншого матеріалу, що використовується як підстилка.

При розміщенні гнойових буртів безпосередньо на ґрунті в польових умовах, вкрай важливо враховувати національні або регіональні норми і правила в галузі попередження забруднення водних ресурсів, з огляду на значні ризики вилуговування і стоку, пов'язані з цією практикою.

V. НИЗЬКОЕМІСІЙНІ СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

У сільському господарстві значна частка викидів NH_3 припадає на процес внесення гною у ґрунт. На цьому етапі управління потоками азоту, важливо

звести до мінімуму втрати, оскільки ефект зниження викидів NH_3 на попередніх етапах утримання тварин і зберігання гною буде нівельований. Скорочення втрат NH_3 означає збільшення кількості азоту, що буде засвоєний рослинами. Для забезпечення максимальної агротехнічної ефективності від внесення гною і недопущення вилуговування нітратів, слід звернути увагу на вміст N у гної, щоб скорегувати дозування, спосіб і строки внесення гною відповідно до потреб рослин, враховуючи при цьому кількість N, що зберігається при використанні практичних методів, що забезпечують низький рівень викидів.

Описані нижче методики дозволяють скоротити викиди NH_3 за рахунок зменшення часу знаходження гною під відкритим небом. Тому такі методи ефективні для будь-яких кліматичних умов. Хоча абсолютні викиди NH_3 залежать від клімату з тенденцією до зростання з підвищенням температури, встановлено, що скорочення викидів NH_3 за використання відповідних методів не залежить від клімату (табл. 3).

5.1. Низькоемісійні способи внесення рідких органічних добрив

Найефективнішим засобом скорочення викидів аміаку при внесенні гною в ґрунт є інжекторне або стрічкове розкидання. Такі підходи забезпечують точніше внесення гною, що дозволяє знизити ризик винесення гною зі стоками.

Методи внесення рідкого гною. Інжектори і стрічкові розкидачі. Інжектори: метод дозволяє зменшити викиди NH_3 за рахунок зароблювання гною під поверхню ґрунту, зменшуючи площу поверхні контактування гною з повітрям і збільшуючи його інфільтрацію в ґрунт. Існують три типи інжекторів:

а) поверхневі інжектори: прорізають в ґрунті вузькі борозни (4–6 см в глибину на відстані 25–30 см між ними), які заповнюються рідким гноем. Такі інжектори використовують на лукопасовищних угіддях. Ефективність зменшення викидів залежить від зароблювання гною у відкриті або закриті борозни. Внесені об'єми гною обмежуються кількістю борозен;

б) глибокі інжектори: дозволяють вносити рідкий гній в ґрунт на глибину 10–30 см на відстані між інжекторними трубками 50–75 см. Інжекторні трубки часто оснащені бічними лопатками для полегшення зароблювання гною в ґрунті і досягнення норм внесення добрив. Цей метод є найбільш оптимальним для використання на орних землях через ризик механічного пошкодження трав'яного покриву;

в) орні інжектори: метод базується на використанні культиватора з пружинними або жорсткими стійками і призначений тільки для використання на орних землях.

Стрічкові розкидачі дозволяють скоротити викиди NH_3 при внесенні рідкого гною за рахунок зменшення площі поверхні контакту гною з повітрям.

Ефективність застосування цих механізмів залежить від висоти травостою. Існують два основних типи таких механізмів:

а) волочильні шланги: гнойова маса подається на пасовище або орне поле через ряд гнучких шлангів на рівні землі. Можливе внесення гною між рядами вегетуючих рослин;

б) причіпні сошники: гнойова маса подається через жорсткі трубки з металевими наконечниками, які ковзають поверхнею ґрунту, розсуваючи рослини, щоб гній потрапив безпосередньо на поверхню ґрунту. Деякі типи таких механізмів роблять в ґрунті неглибокі щілинні надрізи, що сприяють його інфільтрації.

Швидка зароблювання гною. Мета полягає в найшвидшій зароблюванні рідкого гною в ґрунт після розбризкування поверхнею. Найефективніше зменшення викидів досягається за рахунок негайного зароблювання гною після внесення (впродовж кількох хвилин), що забезпечує 70–90% скорочення викидів. При зароблюванні впродовж 4 год., досягається 45–65% зменшення, впродовж 24 год. – 30%. Зароблювання гною заорюванням є тривалою операцією, і часто застосування ножового або дискового культиватора є також ефективним у зв'язку зі скороченням часу знаходження гною на поверхні, перш ніж він буде змішаний з ґрунтом у процесі культивації.

Розбавлення гною. Викиди NH_3 з розбавленого гною з низьким вмістом сухої речовини менші через швидку інфільтрацію у ґрунт:

а) гнойова маса може змішуватися з поливною водою для зрошення лукопасовищних угідь або культур на орних землях шляхом подачі гною в трубопровід зрошувальної води і перекачування під низьким тиском до розпилювачів або самохідної поливної машини (не до поливної системи високого тиску, що розпорошує суміш по землі). Норми розведення до співвідношення 50:1 (води до рідкого гною) або до 1:1 для скорочення викидів приблизно на 30% (ЕСЕ / ЕВ.АІР / 120, пункт 146, і рис. 1);

б) до в'язкого гною можна додавати воду перед застосуванням у гноярку, або в цистерну. Для в'язкого гною розведення навіть у співвідношенні 0,5:1 (води до рідкого гною) може сприяти скороченню втрат. Важливо, щоб швидкість внесення гною збільшувалася пропорційно зменшенню загального вмісту азоту в аміаку.

Системи управління термінами внесення. Перераховані нижче методи враховують зовнішні умови і час внесення гною у ґрунт, сприяють скороченню викидів NH_3 , хоча є не такими ефективними, порівняно з викладеними вище:

а) внесення гною в прохолодну, спокійну і вологу погоду дозволяє знизити викиди NH_3 ;

б) внесення незадовго до випадання опадів (ефективно, коли відбувається

випадання 10 мм опадів відразу після внесення гною). Застосовують лише на рівнині і якнайдалі від поверхневих водних джерел, в іншому випадку є небезпека вимивання;

в) внесення у вечірній час, коли швидкість вітру і температура повітря зменшуються;

г) внесення на недавно окультурених ґрунтах за умови, якщо відбувається швидка інфільтрація гною.

Підкислення гною. Низьке значення рН гною знижує викиди NH_3 . Зниження рН гною до рівня 6 і нижче, шляхом додавання сірчаної кислоти, скорочує викиди NH_3 на 50%.

Інші добавки. Використання інших добавок до гнойової маси, окрім кислот, не довело своєї ефективності у зменшенні викидів NH_3 або має практичні проблеми їх використання.

5.2. Низькоемісійні способи внесення твердих органічних добрив

Швидке зароблювання в ґрунт є єдиним практичним шляхом скорочення викидів NH_3 з твердого і рідкого гною. Рекомендовано проводити зароблювання гною впродовж кількох годин після внесення. Гній має бути повністю перемішаний з ґрунтом для максимального зменшення викидів; цього важче домогтися за використання певних видів твердого і рідкого гною, що містять значну кількість підстилки для тварин.

Скорочення викидів NH_3 на 60–90% можна досягнути при зароблюванні твердих видів гною в орні землі за допомогою плуга впродовж 4 год. після внесення. Зароблювання впродовж 24 год. зменшує викиди приблизно на 30%. На відміну від рідкого, зароблювання твердого гною за допомогою плуга ефективніша, ніж використання дискової борони або культиватора, незважаючи на повільнішу швидкість оранки.

5.3. Практичні міркування вибору методів внесення гною в ґрунт

У таблиці 3 наведено дані про ефективність і можливості використання різних методів. Показник скорочення викидів виражено у відсотках відносно базового методу. Базовий рівень викидів NH_3 визначається в результаті розкидання необробленої гнойової рідини поверхнею ґрунту («розкидне внесення добрив»). Наприклад, розбризкування гнойової рідини може здійснюватися за допомогою цистерни, оснащеної випускним патрубком і розкидним диском. Що стосується твердого гною, то базовим методом є залишення гною на поверхні ґрунту впродовж тижня і довше.

Наступні міркування актуальні для роботи зі скорочення викидів NH_3 при внесенні гною:

а) обсяг скорочення викидів при використанні методів стрічкового розкидання і інжектування залежить від вмісту СР в гнойовій рідоті, властивостей ґрунту і характеристик рослин;

б) ефективність зароблювання залежить від типу гною і часу після внесення;

в) стрічкові розкидачі (волочильні шланги) ефективніші на орних землях, ніж на луко-пасовищах, та при використанні розбавленого рідкого свинячого гною, ніж більш в'язкого гною ВРХ;

г) методи стрічкового розкидання і інжектування у відкриті борозни не завжди придатні для використання на крутих схилах через можливість вимивання. Методи підґрунтового інжектування не ефективні на кам'янистих або щільних ґрунтах;

д) метод інжектування у відкриті борозни характеризується вищою універсальністю для різноманітних типів ґрунтів і умов порівняно з інжектуванням у закриті борозни;

е) важку техніку складно використовувати на невеликих полях неправильної форми; слід підбирати обладнання з низьким рівнем викидів, для місцевого ландшафту;

є) зароблювання гною можна застосовувати лише на оброблюваних землях; для пасовищ найпридатнішими є методи стрічкового розкидання і інжектування;

ж) альтернативою установці пристрою для внесення гною на автоцистерні можуть бути системи, в яких пристосування для внесення гною встановлюється безпосередньо на тракторі або автоцистерні, а гній подається з ємкості або трубопроводу через довгий гнучкий шланг. Перевагою таких систем є більш висока продуктивність і зниження ризику пошкодження ґрунту; їх використовують на фермах з близькими відстанями між гноєсховищем і оброблюваним полем. Проте розгортання і згортання шлангів забирає багато часу;

з) розбавлення гною в іригаційних системах обмежується ситуаціями, коли метою використання таких систем є зрошення, і в цьому випадку воно є ефективним заходом для скорочення викидів NH_3 ;

- розбавлення гною в мобільних системах доцільно застосовувати тільки на невеликих фермах, оскільки використання додаткової кількості води для внесення розведеної рідини в ґрунт буде знижувати його ефективність і збільшувати відповідні витрати;

- за капітальними і поточними витратами системи, що забезпечують низький рівень викидів, є дорожчими порівняно з базовими методами внесення добрив, проте економія мінеральних азотних добрив може компенсувати ці додаткові витрати при використанні найефективніших режимів;

**Практичні міркування вибору методів боротьби з викидами аміаку в процесі
внесення гною в ґрунт**

Методи внесення гною	Категорія земель	Скорочення викидів, %	Переваги/недоліки порівняно з базовим методом
Стрічкове внесення рідкого гною за допомогою гнучких шлангів	Рілля, пасовища	30–35	Не використовують за нахилу >15°. Можна використовувати при вузькорядному посіві, або в коліях за рахунок великої ширини захоплення до 24 м.
Стрічкове внесення рідкого гною за допомогою причіпних сошників	Рілля, пасовища (передпосівне внесення) і просапні культури	30–60	Не застосовується при суцільному вузькорядному посіві у період росту, але може застосовуватися на стадії розетки і для просапних культур.
Інжекторне внесення рідкого гною у відкриті борозни	Пасовища	70	Не застосовується за нахилу >15°; на засмічених камінням ґрунтах; на глинистих ґрунтах (>35%) за надто сухої погоди; на торф'яних ґрунтах (вміст органічної речовини >25%); на дренажних ґрунтах, схильних до вимивання.
Інжекторне внесення рідкого гною в закриті борозни	Рілля, пасовища	80 (борозни 5–10 см); 90 (борозни >15 см);	Не застосовується за нахилу >15°; на засмічених камінням ґрунтах; на глинистих ґрунтах (>35%) за надто сухої погоди; на торф'яних ґрунтах (вміст органічної речовини >25%); на дренажних ґрунтах, схильних до вимивання.
Зароблювання поверхнево внесеного рідкого гною у ґрунт	Рілля	90 (миттєве зароблювання); 70 (дискування); 45–65 (зароблювання впродовж 4 год.); 30 (зароблювання впродовж 24 год.);	Ефективність залежить від методу внесення і погодних умов в період між внесенням і зароблюванням.
Розбавлення рідкого гною близько 50% і внесення у ґрунт за допомогою систем поливу низького тиску.	Рілля, пасовища	30	Використання обмежене поливними системами низького тиску (не для систем високого тиску). Не підходить там, де не потрібен полив.
Зароблювання поверхнево внесеного твердого гною у ґрунт	Рілля	90 (миттєва зароблювання); 60 (дискування); 45–65 (зароблювання впродовж 4 год.); 50 (зароблювання впродовж 12 год.);	Ефективність залежить від погодних умов в період між внесенням і зароблюванням.

і) застосування рідкої фракції з ефективного сепаратора може забезпечити значне скорочення викидів NH_3 в межах 20–30% за рахунок швидшої інфільтрації, зумовленої низьким вмістом СР. Для використання переваг цього підходу рідка фракція має вноситися, наскільки це можливо, при стані ґрунту, що сприяє інфільтрації (наприклад, коли ґрунт не є насиченим або ущільненим). Якщо не вживати жодних заходів, то викиди з твердої фракції будуть більшими (внаслідок високого вмісту СР, що обмежує проникнення в ґрунт). Тому викиди з твердої фракції мають бути зменшені в процесі зберігання і внесення (шляхом швидкого зароблювання у ґрунт), або ж тверду фракцію слід застосовувати з іншою метою (наприклад, для анаеробного зброджування);

ї) рідина, що залишається після анаеробного зброджування, має низький вміст СР, що забезпечує її швидку інфільтрацію при внесенні в добре дренований ґрунт. Проте рідина має високий рН, що загрожує високим рівнем викидів NH_3 , якщо не задіяні методи зниження викидів (наприклад, інжекторне внесення у ґрунт, стрічкове розкидання або підкислення гною);

й) за інжекторного внесення ширина захоплення є обмеженою, водночас методи стрічкового розкидання мають більшу ширину захоплення. Через низьку ширину захоплення при використанні систем інжекторного внесення гною зростає збиток, що наноситься колесами;

к) підкислення ґрунту проводиться шляхом додавання концентрованої сірчаної кислоти в гнойову рідоту до або під час внесення в ґрунт.

VI. ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ АМІАКУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Основними джерелами викидів NH_3 є гній сільськогосподарських тварин, проте в багатьох країнах з помірним кліматом близько 10% викидів пов'язано із застосуванням азотних мінеральних добрив, коли великі площі використовуються під вирощування сільськогосподарських культур. Викиди, пов'язані з нітратом амонію (NH_4NO_3) становлять 0,5–5% від загальної кількості внесеного азоту. Викиди при внесенні інших азотних добрив, наприклад фосфату амонію, сульфату амонію, сечовини і суміші сечовини та нітрату амонію, можуть бути більшими – 5–40% залежно від умов.

Сприятливі умови для ефективного поглинання іонів амонію в ґрунті, коли:

- а) добриво вноситься в ґрунт;
- б) ґрунт має високу здатність до поглинання;
- в) ґрунт достатньо зволожений;
- г) ґрунт має низький показник рН;
- і д) низька температура.

6.1. Зниження викидів аміаку при використанні сечовини

Як добриво, сечовина має розщеплюватися природним шляхом ферментом уреази. Цей процес супроводжується виділенням NH_3 і CO_2 . Якщо це відбувається на поверхні ґрунту, то NH_3 і CO_2 виділяються в атмосферу. Якщо сечовина не розкладається до її внесення в ґрунт, то NH_3 фіксується глиною у ґрунті і органічними речовинами або утворює стійкіші сполуки. Тому для використання сечовини необхідно дотримуватися технології, для максимальної ефективності її використання як добрива та знизити ймовірність викидів NH_3 . У зв'язку з цим важливо забезпечити перемішування і інфільтрацію сечовини в ґрунт до її розпаду.

Найбільші викиди NH_3 найчастіше відбуваються при застосуванні сечовини на легких піщаних ґрунтах, що пов'язано з низьким вмістом глини і обмеженою можливістю абсорбції нітрату амонію. Не дивлячись на їх високий рН, викиди на лужних ґрунтах є меншими порівняно з іншими типами ґрунтів через більш високий вміст глини і кальцію, а також їх можливості фіксувати нітрат амонію. Гідроліз сечовини при стрічковому внесенні має тенденцію викликати локальне збільшення рН і може привести до високого рівня викидів, якщо тільки сечовина при цьому не інжектуються або не заробляється в ґрунт, який буде утримувати емісію NH_3 .

У сухий період викиди NH_3 при внесенні сечовини на лукопасовищних угіддях є вищими, ніж на ділянках з посівними культурами.

Викиди NH_3 з водних розчинів сечовини є такими ж, як і при використанні сухих сумішей. Кількість води, що додається в добрива є не достатньою для інфільтрації сечовини в ґрунт. Проте абсолютні викиди є меншими за нижчої норми внесення.

Позакореневе підживлення сечовиною може збільшити концентрацію азоту в зернах пшениці та інших зернових культурах, однак може викликати збільшення і викидів аміаку.

Для мінімізації викидів NH_3 при використанні добрив на основі сечовини слід дотримуватися наступних керівних положень:

а) *швидке зароблювання сечовини в ґрунт* зменшує викиди з сечовини на 50–80%. Цей спосіб є непридатним за поверхневого внесення сечовини на рослини, на пасовищах, однак може використовуватися у випадку її внесення у підготовлений для посіву ґрунт або між розсадних грядок;

б) *інжектування сечовини в ґрунт*. Інжекторне зароблювання в закриті борозни твердої і рідкої сечовини є ефективнішою, ніж внесення на невелику глибину, і забезпечує скорочення викидів до 90%. Для неправильно зароблених або внесених смуг сечовини характерний високий рівень викидів у зв'язку з підвищенням рН на смузі, коли відбувається гідроліз сечовини. Зростання рН

стримується повільним вивільненням продуктів, що містять сечовину, і інгібіторами уреаз. Так само як і для всіх азотних добрив, при внесенні сечовини в підготовлений для посіву ґрунт необхідно вживати заходів для запобігання рясного внесення сечовини поблизу від насіння, оскільки це може вплинути на їх проростання;

в) *інгібітори уреаз* можуть використовуватися для уповільнення розпаду сечовини до моменту її глибокої інфільтрації в ґрунт і для запобігання різкого збільшення рН, особливо на смугах внесення добрив, що забезпечує скорочення викидів на 40% для рідкої суміші сечовини та нітрату амонію і на 70% для твердої сечовини;

г) *зрошення полів після застосування сечовини*. Зрошення на 5 мм відразу після внесення сечовини призводить до зменшення викидів на 40–70%. Цей метод є практичним у випадках, коли існує необхідність у воді для зрошення;

д) *гранули сечовини з полімерним покриттям* забезпечують повільне вивільнення добрива, в результаті викиди скорочуються приблизно на 30% через затримку гідролізу.

е) *заміна сечовини на NH_4NO_3* як добриво може зменшити викиди NH_3 . Можливим негативним побічним ефектом є потенційне збільшення прямих викидів N_2O , але це відбувається в основному за вологих умов і на ґрунтах з дрібним гранулометричним складом (зараховано в рахунок зменшення непрямих викидів N_2O в результаті викидів NH_3). Добрива з NH_4NO_3 є дорожчими (на 10–30%), ніж сечовина, але чисті витрати є незначними через менші втрати N.

6.2. Зниження викидів аміаку при використанні амонійних добрив

Потенціал викидів NH_3 з сульфату амонію і фосфату амонію значною мірою залежить від рН ґрунту. Вони є незначними з ґрунтів з рН <7,0.

На лужних ґрунтах (рН >7,5) не слід використовувати добрива на основі фосфату амонію або сульфату амонію, якщо відсутня можливість швидкого зароблювання, інжектування в ґрунт, негайного зрошення або використання добрив з полімерним покриттям, а необхідно знаходити альтернативні джерела азоту, фосфору і сірки.

Деякі з описаних вище методів для сечовини, у т.ч. зароблювання, інжектування, негайне зрошення і використання добрив з повільним вивільненням, також є ефективними для зменшення викидів NH_3 з добрив на основі сульфату амонію, фосфату амонію і NH_4NO_3 .

НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА

1. Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. – United Nations Economic Commission for Europe, 2015. – 32 p.
2. Директива Ради 91/676/ЄЕС від 12.12.1991 стосовно охорони вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел.
3. Convention on long-range transboundary air pollution [Електронний ресурс] / United Nations. – Geneva, 1979. – 7 p. – Режим доступу: <http://www.unece.org/env/lrtap/executivebody/welcome.html>.
4. Протокол о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979 года. ООН, 2000 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/abate.pdf.
5. Директива Європейського Парламенту і Ради 2000/60/ЄС від 23.10.2000 «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики».
6. Закон України від 16.10.1992 р. № 2707-ХІІ «Про охорону атмосферного повітря»
7. Рамкова Конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату, 9 травня 1992 року.

Методичні рекомендації зі скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел можна завантажити з електронного ресурсу Інституту агроєкології і природокористування НААН України за посиланням: <http://agroeco.org.ua/images/Documents/Ammonia.pdf>

При використанні матеріалів посилання на джерело обов'язкове

Підписано до друку 28.12.2016 р. Формат 60×84/16.

Ум. друк. арк. 1.9. Наклад 100 прим.

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 1149 від 12.12.2002 р.

ТОВ «ДІА»

вул. Васильківська, 45, м. Київ, 03022, Україна

тел./факс 455-91-52