

УДК 631.862

## ОГЛЯД І НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД СВИНОКОМПЛЕКСІВ

Дереза О.О., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Дереза С.В., ст. викладач

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені  
Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Переведення сільського господарства на інтенсивний шлях розвитку спричинило появу потужних тваринницьких комплексів зі стабільно високим виходом продукції. Основна риса таких підприємств – висока концентрація поголів'я тварин на обмежених площах, що неминує породжує низку екологічних проблем цих територій. Екосистеми, що знаходяться в зоні впливу таких підприємств, піддаються інтенсивному впливу, пов'язаному із забрудненням природних середовищ за рахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу, скиданням їх у водні джерела та утворенням великої кількості органічних відходів, які розміщуються переважно на орних угіддях даних господарств. Після ерозії ґрунтів органічні відходи є другою великомасштабною екологічною проблемою тваринницьких ферм і територій з великою щільністю населення [1,2].

Найважливішою умовою збереження екосистем подібних підприємств є пошук можливостей використання органічних відходів виробництва як сировинного ресурсу та зменшення за рахунок цього негативного їхнього впливу на навколишнє середовище. Одним із шляхів часткового використання органічних відходів є використання їх для підтримки родючості ґрунтів. При цьому включення максимально можливої кількості органічних відходів у біологічний кругообіг дозволить регулювати потоки речовин, підвищити родючість ґрунтів та знизити рівень негативного впливу продуктів трансформації відходів на екосистеми в цілому.

Як правило, виробничі стоки тваринницьких комплексів є полідисперсною колоїдною структурою з великою межею зміни гранулометричного складу. Свиначий безпідстилковий гній є неоднорідною сумішшю різних речовин: екскрементів тварин, залишків корму, щетини, різних дезінфікуючих речовин і ряду інших компонентів. Серед домішок можуть бути яйця гельмінтів і патогенна мікрофлора в спорівій формі. При цьому швидкість осадження частинок основного класу (до 2 мм) із гною стоку становить близько 0,003 м/с. Вологість свиначого гною становить 77-90% (нижня межа вологості отримана при вологості корму 85%), зольність – 16-24% та

pH 5,2-8,3. В умовах виробництва вологість гною збільшується і залежить, в основному, від технології його прийому та видалення і досягає 92-99 %, причому частина сухої речовини в кількості 0,5-3,0 % знаходиться в розчиненому стані. Зольність такого стоку становить 13-21%, а pH знаходиться в межах нейтральної реакції середовища (6,5-6,8) [3].

Реологічні показники рідкого гною, що характеризують його структурно-механічні властивості, визначаються, в основному, в'язкістю (або граничною напругою зсуву) та плинністю. При зміні вологості від 98 до 92% в'язкість змінюється від 0,01 Па·с до 0,11 Па·с, а в діапазоні вологості 84-86% значення в'язкості різко зростають, що свідчить про втрату плинності суміші [4,5].

Встановлено, що рідкий свинячий гній – це найнебезпечніший відхід тваринництва, оскільки у ньому відсутнє самонагрівання, унаслідок чого збудники інфекційних та інвазійних захворювань зберігають свої властивості, особливо зі збільшенням вологості стоку. Так, у рідкому гною збудники в теплу пору року зберігають властивості протягом 92 днів, бруцельозу – 108 та вірусу ящуру – 42 дні. В осінньо-зимовий час тривалість виживання хвороботворних бактерій різко збільшується і становить 5-6 місяців, а збудника туберкульозу – понад рік. Тому в екологічному та агроекологічному відношенні найбільш доцільно зберігати рідкий гній у накопичувачах анаеробного типу, в яких створюються умови для його знезараження, знешкодження, покращення реологічних властивостей та збереження біогенних елементів [3,6].

Хімічний склад безпідстилкового гною залежить від раціону та типу годівлі, статі та віку свиней, технології утримання та годівлі, породних особливостей та інших умов. Це не менш цінне органічне добриво, ніж гній великої рогатої худоби. До складу свинячого гною входять усі необхідні у розвиток рослин хімічні елементи. Це органічне добриво містить 0,35-0,66% загального азоту, 0,15-0,76% фосфору, 0,14-0,21% калію. Азот у гною на 50-70 % представлений аміаком і карбонатом амонію, і навіть нітратної формою, на яку приходиться від 3 до 8 %. Дані форми добре засвоюються рослинами у перший же рік. Крім того, безпідстилковий гній містить (у перерахунку на 10% вміст сухої речовини) мікроелементи: бор 3,6 мг/кг, марганець 27,3 мг/кг, молібден 0,2 мг/кг, мідь - 6,9 мг / кг, цинк – 36,8 мг/кг [7,8].

Враховуючи нині гостру потребу сільського господарства в органічних добривах, необхідно вирішити низку завдань, пов'язаних із можливістю використання виробничих стоків свинарських ферм та комплексів як найціннішого добрива, а саме: його знезараження, ліквідацію насіння бур'янів та можливість утилізації на сільськогосподарських угіддях. Вирішенням проблеми, пов'язаної з утилізацією розведених стоків, може бути застосування комплексної

технології, що включає первинний поділ гною на тверду і рідку фракції і роздільну обробку обох фракцій з використанням ряду біотехнологічних методів.

В даний час утилізація виробничих стічних вод свинарських комплексів ведеться за трьома основними напрямками:

- підготовка та використання стічних вод для удобрювальних поливів сільськогосподарських угідь;
- очищення освітлених стоків до норм, що дозволяють зробити їх скидання у водоймище;
- використання поживних речовин, що містяться в масі гною, для отримання різних кормових добавок.

Для утилізації стічних вод за першим напрямком застосовується, в основному, механічне очищення з подальшим термічним та хімічним знезараженням. При утилізації освітленого стоку по другому напрямку застосовуються способи та споруди для біологічного та фізико-хімічного очищення. Найбільш раціональним є утилізація стічних вод як органічного добрива, поряд з переробкою рідкого гною або використанням його у вигляді середовища для отримання білкових кормових добавок.

В якості споруд для механічного очищення стоків застосовуються різні модифікації проціджувачів та первинних відстійників. До проціджувачів, призначених для затримання крупних фракцій гною, відносяться вібросита, дугові сита, фільтр-сита, статичні сита, віброгрохоти, роторні фільтраційні барабани, віброфільтри, сітчасті барабани фільтри. Проціджувальні пристрої мають низьку продуктивність і ефективність роботи, що визначається діаметром отворів сит. При збільшенні діаметра отворів сит можливе отримання гною більш низької вологості при зниженні ефективності розділу на фракції. Тому після проціджувачів застосовують різні типи відстійників та освітлювачів. Найбільша ефективність роботи споруд досягається при тривалості відстоювання 2 години і становить 75% за завислими речовинами та 50% за показником біохімічного споживання кисню (БПК) [9].

З метою отримання гною більш низької вологості можливе застосування методу механічного зневоднення центрифугуванням на осаджувальних і фільтрувальних центрифугах, шнекових пресах, гвинтових фільтр-пресах, барабаних сепараторах, гідроциклонах, гідрогрохотах та інших апаратах. Застосування методу механічного зневоднення виробничого стоку дає можливість отримання гною вологістю до 65%, що забезпечує його транспортабельність та здатність до біотермічного знезараження при суттєвому зменшенні обсягу. Однак продуктивність апаратів механічного зневоднення залежить від вихідних властивостей гною стоків, а вміст зважених речовин в осаді обумовлюється не тільки параметрами роботи установки, але і

концентрацією їх у вихідних стоках і досягає 40% завису від її початкового вмісту. При малій здатності вихідних стоків до вологовіддачі його механічне зневоднення дуже важке, вимагає спеціальної підготовки стоку, а подальша обробка осаду сильно ускладнюється наявністю в ньому речовин, що важко осідають.

З метою інтенсифікації процесу механічного очищення та нормальної експлуатації споруд з подальшим біологічним очищенням ведуться роботи із застосування фізико-хімічних методів, що стимулюють більш повне вилучення зважених речовин і глибоке поділ стоку на фракції. До таких методів відносяться коагулювання, флотація та електрофлотація, електрокоагулювання, спінювання.

Завдання знезараження виробничих стоків вирішується термічними методами прогріву гною гострою парою, контактено-газовим способом із застосуванням установки занурювального горіння, за допомогою електрогідравлічного ефекту, що виникає в зоні імпульсу високовольтного розряду, електрохімічним способом при постійному, змінному та імпульсному струмі. електрокоагуляцією з наступним ультрафіолетовим опроміненням, озонуванням, методом іонізуючих випромінювань високих енергій. Застосування перерахованих методів можливе при комплексному вирішенні проблеми обробки стоків з конкретним техніко-економічним аналізом та прогнозом ступеня очищення. До того ж тверда фракція, що отримується на цьому етапі, може бути легко утилізована шляхом компостування з подальшим використанням в якості добрива. Наступним етапом, що забезпечує більш глибоке очищення гнойових стоків, є їх багатоступінчасте біологічне очищення в аеротенках. На сьогоднішній день це єдино реальний метод, що дозволяє вирішити питання скидання очищених стоків у відкриті водоймища. Слід наголосити, що внаслідок високих витрат цей метод економічно доцільний у районах з обмеженою кількістю земельних угідь [10].

Провідне положення в якості споруд біологічної обробки освітлених стоків займають, залежно від продуктивності, біофільтри (баштові, занурені барабанного типу, дискові) та аеротенки. Застосовуються різні конструкції аеротенків: аеротенки-відстійники з нормою мулу 6-8 г/л, коридорні аеротенки з децентралізованою подачею, аеротенки продовженої аерації (режим продовженої аерації рекомендований при хімічному споживанні кисню не вище 4,5 г/л, тоді тривалість аерації становить 4 доби при нормі мулу 10-12 г/л), аеротенки-змішувачі, високонавантажувані аеротенки, симбіотенки

При необхідності більш глибокого очищення освітленого стоку рекомендується застосування двоступінчастого очищення в аеротенках: у цьому випадку зниження концентрації БПК і ХПК становить в середньому 85-98%, а амонійного азоту - 60%. Однак ефективність очищення другого ступеня в 2-3 рази нижче ефективності

першого, що пояснюється наявністю спектра органічних сполук, що важко окислюються. Ефект зниження органічних забруднень зростає при використанні попереднього очищення методу анаеробного або контактного зброджування. У цьому випадку максимальне зниження БПК становить 90% (при вихідному БПК 536 г/л), причому мулова рідина легше обробляється на другому ступені. Встановлено, що в стічних водах комплексів свинарства серед групи мікроорганізмів, здатних до активного окислення органічних речовин, значне місце займають термофільні бактерії. Створення двоступінчастої установки з аеротенками, що працюють у термо- та мезофільному режимі, дозволяє інтенсифікувати процес біологічного очищення. Слід зазначити, що існуюча на сьогоднішній день практика обробки гнойових стоків з використанням аеробного очищення на установках з активним мулом, особливо тих, що побудовані більше 20 років тому, вкрай неефективна через недостатньо задовільну роботу споруд механічного очищення та наявність органічних сполук, що важко окислюються (робота аеротенків ускладнена, проходить у режимі підвищених навантажень та дефіциту кисню в муловій суміші). В результаті якість очищених стоків у кілька разів перевищує допустимі норми і має неухильну тенденцію погіршення показників очищення.

Погіршує ситуацію ще й той факт, що на переважній більшості комплексів промислового свинарства встановлені очисні споруди, призначені за технологічним проектом для очищення господарсько-побутових стоків. При цьому не враховувалося те, що виробничі стоки свинарських комплексів характеризуються високою концентрацією завислих речовин, що перевищує концентрацію їх у господарсько-побутових стоках у 15-100 разів, кількість грубодисперсних завислих речовин становить 600-35 000 мг/л, у тому числі осідаючих – 60-95%. Питома теплоємність безпідстилкового гною змінюється від 3250 до 1700 Дж/кг·К залежно від вологості, вміст органічних речовин, аміаку, сполук фосфору та калію також у сотні разів перевищує їх вміст у побутових стоках. Справа в тому, що дані конструкції проектувалися в ті часи, коли вимоги і норми щодо скидання були набагато м'якшими, а концентрації азоту і фосфору взагалі не нормувалися. Як результат, на сьогоднішній день ґрунт та ґрунтові води в районах інтенсивного свинарства сильно забруднені як органічними, так і мінеральними компонентами. Тому широко поширені очисні споруди, призначені для очищення комунальних стоків, виявились непридатними для переробки стоків тваринницьких комплексів.

В даний час ведуться інтенсивні пошуки методів та способів видалення, переробки та використання гною з великих тваринницьких ферм, що передбачають його повну утилізацію. Вирішення проблеми полягає насамперед у тому, щоб тваринницькі комплекси стали джерелом сировини для отримання додаткової сільськогосподарської

продукції. Так, проблема розростання активного мулу, що супроводжує діяльність біологічного етапу очищення та тягне за собою збільшення економічних та енергетичних витрат на його утилізацію, може, навпаки, послужити основою отримання додаткових прибутків. Цьому допоможе науковий доробок у галузі біотехнології, який дозволяє вже сьогодні створювати біотехнічні системи виробництва кормової та удобрювальної біомаси мікроорганізмів, здійснювати біологічне очищення води, отримувати цінні органічні та біологічно активні речовини, а також здійснювати біологічну меліорацію поверхневого шару. Створено установки з очищення стоків від тваринницьких комплексів шляхом вирощування кормових дріжджів. Запропонований спосіб очищення стоків реалізується шляхом двостадійної їх біологічної обробки, в ході якої здійснюється культивування високопродуктивних швидко зростаючих штамів дріжджів, здатних асимілювати біогенні елементи (азот, фосфати, калій) з середовища та накопичувати біомасу з вмістом до 50% протеїну стічних вод: по амонійному азоту – з 500 до 5 мг/л, фосфатам – з 600 до 4,5 мг/л, нітратам – до 0,02 мг/л, нітратам – до 45 мг/л, ХПК – до 150 мг/л. Азот і фосфор органічно зв'язуються в дріжджових клітинах, що підвищує якість дріжджів, які застосовуються при відгодівлі [5-7].

Цікавою пропозицією для одержання високоякісних харчових добавок із тваринницьких відходів є використання спеціальної культури синантропних мух. Привабливість даного методу полягає в тому, що поряд з кормовою добавкою можливе отримання біоперегною, використання якого рекомендується з метою підвищення врожайності культур як у відкритому, так і закритому ґрунті. Існує також ідея повної утилізації висококонцентрованих гнойових стоків за допомогою гідропонного вирощування культур. Гідропонна установка на промисловому тваринницькому підприємстві може стати безперервно діючою фабрикою повної утилізації стоків гною та виробництва зелених вітамінних кормів.

Останнім часом для підготовки тваринницьких стоків до подальшого використання широко застосовуються споруди природного біологічного очищення. Існує міжнародний досвід доочищення гнойових стоків, що скидаються в ставки-накопичувачі, за допомогою водних рослин. Дослідженнями виявлено, що найбільш перспективною в цьому плані культурою є ейхорія або водний гіацинт (*Eichornia*). Дана рослина в процесі росту здатна витягувати з доквілля різні біогенні елементи, що містяться в дуже високих концентраціях, що дозволяє створювати низьковитратні, енергозберігаючі водоочисні системи. Також перспективним є використання водного гіацинту для очищення природних ставків і малих річок від органічних забруднювачів, так як дана рослина не переносить зимівель і, внаслідок цього, не буде надалі засмічувати природні водойми [8-10].

Ще одним напрямом, що підвищує якість роботи очисних споруд (хоч і дорожчим), є впровадження реагентних методів видалення зі стічних вод біогенних елементів. Так, для видалення з гнойових стоків азоту та фосфору запропоновано реагентний метод із застосуванням гальванокоагуляторів. Рядом іноземних дослідників запропоновано удосконалення процесу біологічного очищення шляхом введення сполук заліза. Даний реагентний метод спрямований на осадження переважно розчинних у гнойових стоках фосфатів, що є одним із домінуючих показників незадовільного очищення.

У схему очисних споруд іноді пропонується впроваджувати біореактори для очищення стічних вод від вуглецево-, азото- і фосфоровмісних сполук. Їх утилізація досягається шляхом біорозкладання, окислення аміаку до нітратів, подальшого їх відновлення до газоподібного азоту та видалення сполук фосфору у вигляді поліфосфатів.

На сьогоднішній день принципово новим підходом та альтернативою існуючим технологіям утилізації тваринницьких стоків є технологія їхньої біоконверсії за допомогою вермикюльтури. При цьому біотехнологічна трансформація відходів – це безвідходна технологія, яка дає можливість отримувати нове покоління органічних добрив у вигляді біогумусу та вермикомпосту, а також біологічної маси черв'яків. Дослідженнями встановлено, що з 1 т відходів тваринництва можна отримати до 600 кг біогумусу з вмістом у ньому 25-35 % органічної речовини, з наявністю в ній 0,8-2 % азоту, до 1,5 % фосфору та 1,2 % калію, а також широкого спектру інших, необхідних рослинам, елементів у збалансованому вигляді. У свою чергу, біомаса черв'яків – це цінна кормова добавка до раціону тварин, що містить 67-72% білків, 7-19% жирів, 18-20% вуглеводів і 2-3% мінеральних речовин [11,12].

Таким чином, з вищевикладеного випливає, що зараз пропонується досить широкий спектр прогресивних технологій очищення стічних вод свинокомплексів, які дозволяють суттєво знизити антропогенне навантаження як на гідрологічну складову екосистеми, так і на ґрунтово-біологічний комплекс. Однак для прийняття остаточного рішення у виборі кращого способу очищення необхідна комплексна оцінка, що включає аналіз ефективності технологічного процесу на даному свинарському комплексі і всебічне дослідження впливу відходів даного підприємства на компоненти навколишнього природного середовища.

### *Список використаних джерел*

1. Болтянська Н.І., Дереза С.В. Аналіз причин захворювання корів на субклінічний мастит. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 205-209.

2. Дереза О.О. Залежність продуктивності тварин від показників якості питної води. Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи: матеріали XIII наук.-практ. конф. Якимівка, 2021. С. 50-54.

3. Дереза С.В. Визначення основних заходів енергоефективного функціонування агропромислового комплексу України. Матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 426-431.

4. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

5. Скляр Р.В., Скляр О.Г., Болтянська Н.І., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Методи інтенсифікації процесів одержання біогазу. The third international scientific congress of scientists of Europe. 2019. P. 56

6. Болтянська Н.І. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва»: курс лекцій / Н.І. Болтянська, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 196 с.

7. Болтянська Н.І. Машиновикористання техніки в тваринництві: курс лекцій (Частина 2) / Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 160 с. 7.

8. Скляр Р.В. Машиновикористання техніки в тваринництві: навчальний посібник з виконання лабораторних робіт / Р.В. Скляр, О.Г. Скляр, Б.В. Болтянський. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 180 с.

9. Скляр О.Г. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції. Посібник-практикум / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр. Мелітополь: Люкс, 2019. 303с.

10. Boltianskyi B., Sklyar R., Boltianska L., Grigorenko S., Syrotyuk S., Jakubowski T. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research. Processes 2021, 9 (7), 1144

11. Болтянська Н.І. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва. Навчальний посібник для виконання лабораторних робіт / Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Б.В. Болтянський, Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 246 с.

12. Скляр О.Г. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. К. : Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.

13. Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. // Multidisciplinary academic research. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. Pp. 83-86.