

Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.857:633
© 2013

*М.М. Городній,
академік НААН
Національний
університет біоресурсів
і природокористування
України*

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДОБРИВ

Показано можливі способи розв'язання проблеми накопичення осадів стічних вод їх біотермічним компостуванням. Зазначено необхідність попередньої підготовки ОСВ для подальшої утилізації. Наведено принципово нові технічні рішення стосовно технології та конструкції машин для приготування компостних сумішей і подальшої ферментації в буртах.

Ключові слова: осадки стічних вод, біотермічний процес, компости, змішувачі-аератори, бурти.

Унаслідок очищення міських стічних вод на очисних спорудах накопичуються осадки, об'єм яких за початкової вологості 97–98% становить 0,5–1% від об'єму очищених стічних вод. Упродовж року зі стічних вод міста з населенням 500 тис. чол. утворюється в середньому близько 15000 т осадків.

Витримування вологого осаду на відкритих мулових площадках очисних споруд не менше 1-го року сприяє зменшенню його вологості. Тому з'являється можливість транспортування такого осаду до місць складування на території очисних споруд або у відвали, на полігони твердих побутових відходів тощо.

Накопичення значних об'ємів осадків стічних вод (ОСВ) на обмеженій площі очисних споруд (ОС) ускладнює їх експлуатацію, з часом потребує відчуження нових земельних ділянок і створює реальну загрозу забруднення навколишнього природного середовища (ґрунти, повітря, поверхневі та підземні води).

Методика досліджень. Є різні підходи до розв'язання проблеми використання ОСВ для виробництва добрив. Осадки стічних вод захоплюють або спалюють, частину їх використовують у сільськогосподарському виробництві як добрива. У більшості країн світу частка ОСВ, використовуваних у сільському господарстві, найбільш значна порівняно з іншими способами їх утилізації. Вона становить 30–70% від загального їх об'єму, оскільки за наявності і вміс-

том багатьох поживних і ростових речовин ОСВ є цінним органо-мінеральним добривом. Проте через ряд причин доступність цих речовин для різних сільськогосподарських рослин обмежена. Тому агрохімічна цінність ОСВ не повною мірою відповідає агротехнічним вимогам. Крім того, уносити ОСВ у ґрунт можна лише в певні періоди року. Основний час ОСВ перебуває на відкритих площадках, що супроводжується значними втратами елементів живлення рослин, які можуть досягати за азотом 45–74%, фосфором — 21–32, калієм — 27%.

Одним з основних обмежень прямої утилізації ОСВ як добрива є наявність в їх складі ряду патогенних мікроорганізмів і яєць гельмінтів — джерел зараження тварин і людини та багатьох токсичних речовин, зокрема важких металів.

Пряма утилізація ОСВ на сільськогосподарських угіддях як добрив потребує постійного контролю хімічного складу та санітарно-бактеріологічних властивостей кожної партії осаду, удобрюваних ним ґрунтів і вирощуваної сільськогосподарської продукції за широким спектром інгредієнтів, визначення яких може бути здійснене лише в спеціально обладнаних лабораторіях.

Слід також періодично коригувати норми внесення кожної партії ОСВ на конкретні поля сівозміни з метою запобігти накопиченню шкідливих речовин в орному шарі ґрунту. Крім того,

в окремих партіях ОСВ досить часто основні поживні речовини є незбалансованими, водно-фізичні властивості та гранулометричний склад — далекими від оптимальних. Тому в багатьох випадках пряме застосування окремих партій ОСВ для удобрення сільськогосподарських культур без попередньої обробки взагалі неможливе.

Для розв'язання проблеми компостування та збільшення в компостній масі вмісту вуглецю під час компостування ОСВ використовують спеціальні добавки — наповнювачі (подрібнена кора дерев, тирса, листя, солома, торф та інші органічні речовини). Застосовують ОСВ також для відновлення родючості ґрунтів, порушених під час розробки корисних копалин, рекультивативі промислових відвалів, створення газонів.

Над проблемою утилізації відходів приготуванням на їх основі органо-мінеральних добрив в Україні працює ряд науково-дослідних та інших організацій. Було отримано деякі наукові та технічні рішення, але за відсутності надійних джерел фінансування все закінчувалося переважно на етапі лабораторних і натурних досліджень. Стримувалося впровадження відповідних розробок також через відсутність спеціальних машин, капітальних вкладень на будівництво цехів для приготування добрив, правових, організаційних та економічних засад діяльності, пов'язаної з утилізацією відходів.

Техніко-економічне обґрунтування програми «Створення виробництва органо-мінеральних добрив на основі осаду стічних вод міських каналізаційних мереж» розроблене на основі узагальнення власного досвіду виконавців, аналізу сучасного стану проблеми утилізації ОСВ в Україні та інших державах. При цьому було розглянуто літературні джерела і патентну документацію.

В Україні та країнах колишнього СРСР відповідно до СНиП 2.04.03–85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» осад, що утворюється в процесі очищення стічних вод, має бути оброблений для забезпечення можливості його утилізації або складування. Вибір методів стабілізації, зневоднювання та знезараження осаду визначається місцевими умовами (кліматичними, гідрогеологічними, містобудівними, агротехнічними та ін.), його фізико-хімічними та теплофізичними характеристиками, здатністю до водовіддачі.

Для підвищення концентрації активного мулу за одночасного ущільнення сирого осаду і над-

лишкового активного мулу рекомендується застосовувати мулоущільнювачі гравітаційного типу (радіальні, вертикальні, горизонтальні), флотатори і згущувачі.

Для анаеробного зброджування ОСВ з метою стабілізації та отримання метановмісного бродіння використовують метантенки. В метантенки допускається подавання разом з каналізаційними осадами інших органічних подрібнених речовин, які зброджуються (побутове сміття, відходи органічного походження). Для зброджування осадів в метантенках установлюють мезо- або термофільний режими.

Неущільнений або ущільнений упродовж не більше 5 год активний мул та суміш його із сирим осадом аеробно стабілізують на спорудах типу коридорних аеротенків. Аеробну стабілізацію можна здійснювати в діапазоні температур 8–35°C. Для осадів виробничих стічних вод тривалість процесу визначають експериментально. Ущільнення аеробно стабілізованого осаду рекомендується здійснювати в окремих мулоущільнювачах або спеціально виділеній зоні в стабілізаторі не більше 5 год. Вологість ущільненого осаду має бути 96,5–98,5%.

Якщо осади міських стічних вод підлягають механічному зневоднюванню, то попередньо їх обробляють — ущільнюють, промивають (зброджений осад), коагулюють хімічними реагентами. Потребу в попередній обробці осадів виробничих стічних вод визначають експериментально. Для ущільнення суміші промитого осаду і води застосовують ущільнювачі, розраховані на 12–18 год перебування в них суміші за мезофільного режиму зброджування і 20–24 год — за термофільного. Як реагенти під час коагулювання ОСВ застосовують хлорне залізо або сірчаноокисне окисне залізо та вапно у вигляді 10%-х розчинів. Механічне зневоднювання здійснюють на вакуум-фільтрах або фільтр-пресах, допускається застосування безперервно діючих горизонтальних центрифуг.

Мулові площадки влаштовують на природній основі з дренажем і без нього, на штучній асфальтобетонній основі з дренажем, каскадні — з відстоюванням і поверхневим відведенням мулової води, застосовують площадки-ущільнювачі. На вибір типу площадки впливає характеристика осаду, кліматичні умови, глибина залягання ґрунтових вод. З мулових площадок воду подають на очисні споруди.

Осад підлягає знезараженню в рідкому вигляді після підсушування на мулових площадках або механічного зневоднювання. Знезара-

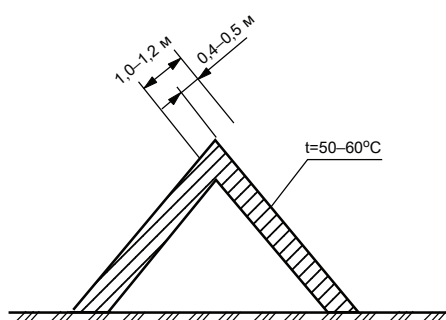


Рис. 1. Розподіл температурних зон у перерізі бурту

ження і дегельмінтизацію сирих, мезофільно зброджуваних і аеробно стабілізованих осадів здійснюють прогріванням їх до 60°C з витриманням не менше 20 хв за розрахункової температури. Для знезараження зневоднених осадів застосовують біотермічну обробку (компостування) в польових умовах. Компостування осадів здійснюють у суміші з наповнювачами (тверді побутові відходи, торф, тирса, листя, соломка, мелена кора) або готовим компостом.

Потреба в термічному сушінні осадів визначається умовами подальшої утилізації та транспортування. Перед сушінням максимально збезводнюють осад з метою зменшення енергоємності процесу. Вологість висушеного осадів приймають у межах 30–40%.

Щоб зберегти механічно зневоднений осад облаштовують відкриті площадки з твердим покриттям. Висоту шару осадів на площадках приймають 1,5–3 м. Для неутілізованих осадів рекомендують створювати споруди, які б забезпечували їх складування в умовах, що запобігають забрудненню навколишнього середовища.

Кінцевий склад осадів залежить від ступеня очищення стічних вод і може значно змінюватися на різних очисних спорудах залежно від якості комунально-побутових, промислових та інших стоків.

Структура і хімічний склад, біологічні та радіологічні властивості, санітарно-гігієнічний стан і кількість ОСВ змінюються залежно від методів очищення. З підвищенням ефективності очищення стічних вод об'єм осадів збільшується і потребує певного поводження, яке має бути екологічно прийнятним навіть у разі, коли система очищення стічних вод загалом вважається ефективною.

Найпоширенішими методами утилізації ОСВ є поховання в морях та океанах (скажімо, Великобританія скидає близько 10 млн т на рік),

спалювання (Франція спалює майже 30% осадів, Данія — 100%), постійне зберігання у відстійних ставках, на санітарних полігонах, застосування для удобрення земельних угідь.

Під час зберігання осадів у відстійних ставках або на санітарних полігонах ймовірним є ризик забруднення підземних вод.

Застосування осадів для удобрення земельних угідь є досить поширеним способом його утилізації. За використання цього способу утилізується 30–70% загального об'єму ОСВ. Однак слід ефективно керувати цим процесом. Потрібно враховувати властивості ґрунту, ймовірність вмісту в осаді патогенних організмів, важких металів, інших шкідливих елементів, потенційну небезпеку забруднення поверхневих і ґрунтових вод та сільськогосподарської продукції.

Біотермічне компостування — це біологічний процес, за якого в результаті життєздатності різних мікроорганізмів відбувається розкладання органічної речовини. Процес відбувається з виділенням теплової енергії, яка витрачається на випаровування води та інтенсифікацію життєздатності мікроорганізмів.

Практика свідчить про те, що для приготування компостів в Україні використовують переважно технології із застосуванням бульдозерів, які стримують збільшення обсягів накопичення органічних добрив.

У ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН було проведено науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з метою розробки змішувача-аератора. Результати досліджень температурних зон у перерізі бурту компостної суміші свідчать про те, що потрібна для дозрівання маси температура 50–60°C забезпечується в зоні, де є вільний доступ повітря. Залежно від способу формування бурту ця зона досягає товщини 1–1,2 м. Поверхневий шар (0,4–0,5 м) охолоджується до температури навколишнього середовища (рис. 1).

Наявні перспективні механізми БАКГУС 5,75 та інші передбачають перебивання бурту по всьому його перерізу. При цьому перемішуються холодні та гарячі зони, і витрачається зайва енергія.

Принцип пошарового перебивання компостної суміші на укосі бурту було використано в технології приготування компостів змішувачем-аератором.

Виконані дослідження містять принципово нові технічні рішення стосовно технології та

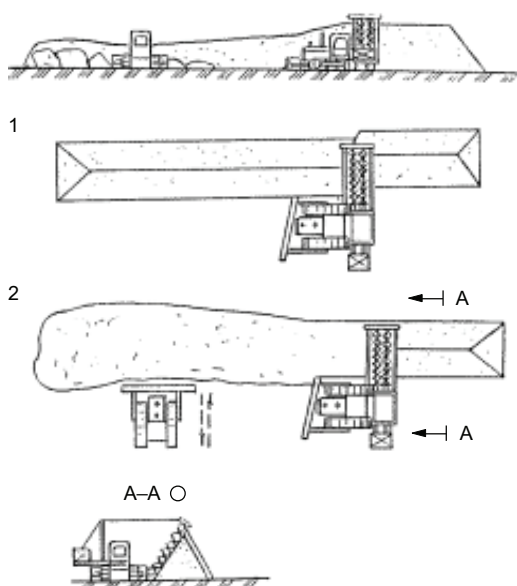


Рис. 2. Формування буртів (1) і змішування компонентів компосту (2) змішувачем-аератором

конструкції машини для приготування компостних сумішей на грані буртів водопоглиначів (торфу, лігніну, мулу річок і водоймищ, подрібною соломою тощо).

Технологія передбачає приготування компостної суміші та подальшу її ферментацію в бурті. Реалізація технології потребує комплексу мобільних машин для навантаження і транспортування компонентів, розкидачів добрив з бічним викидом та обладнання для приготування компостних сумішей на грані бурту водопоглинача.

Застосовують серійні машини для навантаження і транспортування компонентів, розкидачі добрив з бічним викидом. Обладнання для приготування компостних сумішей складається з трактора з ходозменшувачем ДТ-75 або

МТЗ-82, бульдозера зі змінним кутом установки відвалу (береться серійний) і змішувача-аератора (рис. 2). Водопоглинач (торф або лігнін, мул річок і водоймищ тощо) транспортується самоскидним транспортом на площадку з твердим покриттям і за допомогою змішувача-аератора формується в бурт у вигляді 3-гранної призми. На одну з граней за допомогою розкидача з бічним викидом наноситься шар біологічно активного компонента (ОСВ, гній, пташиний послід тощо) (рис. 3). Змішувач-аератор, рухаючись уздовж бурту водопоглинача, похилим робочим органом знімає шар водопоглинача разом з нанесеним шаром біологічно активного компонента, перемішує їх і транспортує на протилежну грань. Ці операції по чергово виконують до тих пір, поки бурт не переміститься на відстань, що дорівнює його основі.

У процесі ферментації компостна суміш насичується киснем з повітря через періодичне (кожні 4–5 днів) перекидання змішувачем-аератором холодних шарів (0,6–0,8 м) компостної суміші на протилежну грань бурту.

Технологія передбачає також циклічне пошарове формування змішувачем-аератором подібної компостної суміші, приготовленої іншими способами, скажімо, на стаціонарних установках.

Термін приготування компостів за зазначеними схемами не перевищує 1,5–2 міс. Вологість компостної суміші впродовж цього терміну зменшується з 65–70 до 55–55%, а в умовах Запоріжжя — до 45–50%. Комплекс машин пройшов усебічну виробничу перевірку.

У конструкцію і технологічні параметри змішувача-аератора для приготування компостів з використанням ОСВ, лігніну і фосфогіпсу, які різняться за фізико-механічними властивостями, потрібно внести зміни.

Приготування змішувачем-аератором компостів на основі ОСВ, лігніну і фосфогіпсу буде,

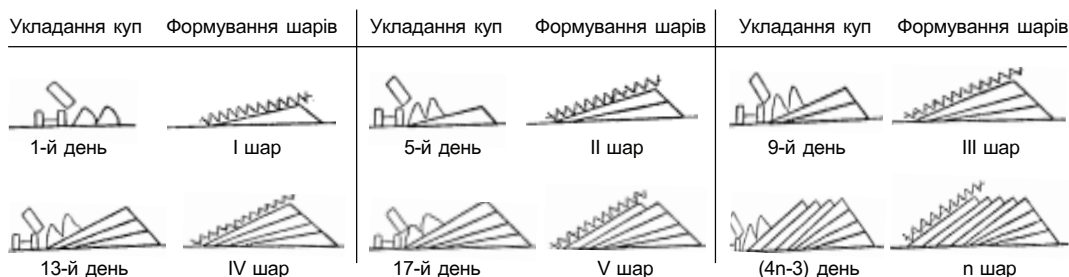


Рис. 3. Порядок укладання куп і формування шарів бурту

Основні показники машин для аерації компостів

Показник	БАКГУС 5,75 (Німеччина)	СА-100 (Україна)
Ширина бурту, м	7,5	10,0
Висота »	3,3	3,5
Площа перерізу, м ²	12,0	17,0
Продуктивність, м ³ /год	500–5000	150–400
Потужність двигуна, кВт	381	55,0
Маса, кг	22000	75000
Кратність перебивання всієї маси бурту	12–24	2–4
Витрата потужності двигуна на 1 м ³ готового компосту, кВт/м ³ (середня)	2,3	0,73
Питома матеріаломісткість, кг-год/м ³ (середня)	132	100
Ціна, €	148750	30000

на нашу думку, найефективнішим. У таблиці наведено основні порівняльні показники машин для компостування БАКГУС 5,75 (Німеччина) фірми Бакгус та СА-100 (Україна).

Машина БАКГУС 5,75 призначена для перебивання приготовленої раніше та укладеної в бурти компостної суміші. Вона перебиває масу одночасно по всьому перерізу. Для повної ферментації за технологією передбачено впродовж 6–12 днів перебивати масу двічі на тиждень, тобто 12–24 рази. На це витрачається багато енергії, у середньому 2,3 кВт-год/м³. Значною є також і питома матеріаломісткість обладнання — 132 кг-год/м³.

Головною особливістю технології приготування компостів змішувачем-аератором є те, що перебивання маси здійснюється пошарово, а не по всьому перерізу бурту, що потребує значно менше енергії та матеріалів (0,75 кВт-год/м³ і 100 кг-год/м³).

Результати досліджень. Для ефективного компостування до ОСВ додають водопоглинальні вуглецевмісні компоненти. Використовують подрібнену кору дерев, листя, солому, торф та інші органічні речовини. Їх кількість у суміші має бути такою, щоб створювалася пориста структура.

Наповнювачі можуть добре компостуватися, не компостуватися зовсім або займати проміжне становище за здатністю до біологічного розкладу. Скажімо, солома зернових культур і листя дерев добре компостуються, а подрібнена кора дерев, дерев'яні тріски розкладаються дуже повільно. Наповнювачами, що не компостуються, можуть бути грудочки глини, кришиво з автомобільної гуми тощо. Найбільше

використовують такий вуглецевмісний матеріал, як кора дерев. Кора, особливо подрібнена, за своїм складом, структурою та здатністю поглинати вологу є придатним заповнювачем, особливо за малої початкової вологості. Проте й за великої вологості кора створює пористу структуру суміші, чим забезпечує активний газообмін. Використання торфу як наповнювача під час біотермічної обробки осадів ґрунтується насамперед на його здатності в сухому стані поглинати вологу.

Крім зазначених, залежно від місцевих умов можуть бути використані інші водопоглиначі та вуглецевмісні речовини, зокрема відходи гідролізно-дріжджового виробництва та ін.

Останніми роками дедалі частіше під час компостування осадів використовують, крім наповнювачів, готовий компост, який сприяє нормалізації вологості суміші, яку переробляють. Швидкість компостування та його інтенсивність залежать від складу компостної суміші; наявності в ній органічних речовин (не менше 25%); співвідношення вуглецю до азоту (1:30 на початку процесу); вологості компостованої суміші (40–60%); реакції середовища (рН=6,5–7,6); температури повітря (>0°C); наявності вільного доступу кисню з повітря.

Реакція середовища рН ОСВ може бути різною, оптимальною є рН=6,5–7,6. У разі більших значень рН вносять відповідні добавки-нейтралізатори.

Біохімічний розклад органічної речовини компостної суміші може відбуватися в аеробних та анаеробних умовах. У природних умовах, скажімо в ґрунті, ці процеси здійснюються паралельно. У штучних умовах найбільшої ува-

ги заслуговує аеробний біотермічний процес, що відбувається внаслідок життєздатності сапрофітної аеробної мікрофлори. Кінцевий ступінь стабілізації органічної речовини в обох процесах є однаковим, але під час аеробного розкладу органічного комплексу виділяється майже у 25 разів більше енергії, ніж під час анаеробного процесу. Вирішальна роль кисню за біотермічної обробки осадів ілюструється рівнянням аеробного та анаеробного процесів: аеробний — $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6H_2O + 6CO_2 + 674$ ккал; анаеробний — $C_6H_{12}O_6 - 2C_2H_5OH +$

$2CO_2 + 27$ ккал. «Саморозігрівання» та знезараження осадів відбувається за рахунок неповного використання мікроорганізмами енергії, яку вони виділяють для своєї життєздатності, унаслідок цього температура оброблюваного матеріалу підвищується до 60–75°C. Система компостування має витратити менше тепла, ніж виробляти. Це є необхідною умовою для підтримання в ній високої температури. Таке можливо за значної маси матеріалу, який компостують. У цьому разі система діятиме як самоізолювальна.

Висновки

Розв'язання проблеми накопичення осадів стічних вод можливе за їх утилізації біотермічним компостуванням із додаванням наповнювачів. Цей процес потребує ефективного керування з урахуванням ймовірності вмісту в осаді патогенних організмів, важких металів, інших шкідливих елементів, потенційної небезпеки забруднення поверхневих і

грунтових вод та сільськогосподарської продукції. Запропонована технологія переробки ОСВ передбачає приготування компостної кули та подальшу її ферментацію в бурті, яку здійснюють за допомогою принципово нового комплексу машин, що дають змогу пришвидшити «саморозігрівання» та знезараження осадів.

Бібліографія

1. Евилевич А.З., Евилевич М.А. Утилизация осадков сточных вод. — Л.: Стройиздат, 1988. — 248 с.
2. Козинец М.Б. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Бортничской оросительной системы. — К.: УкрНИИТИ, 1973. — 33 с.
3. Левченко М.Т., Герасимчук М.С., Руденко В.А. Использование осадка сточных вод в сельском хозяйстве. — К.: УкрНИИТИ, 1974. — 60 с.
4. Покровская С.Ф., Гладкова Л.И. Использование осадка сточных вод в сельском хозяйстве. — М.: ВАСХНИЛ, 1977. — 45 с.
5. Решецкий Н.П. Влияние осадка сточных вод на урожай и качество клубней картофеля//Почва, удобрение, урожай: Сб. науч. тр. Белорусской с.-х. академии. — Горки, 1975. — Т. 134. — С. 78–82.
6. Решецкий Н.П., Двойнишников Е.И. Биологическая активность почвы и урожайность овса при удобрении осадком сточных вод//Сб. науч. трудов ВСХА. — 1983. — Вып. 102. — С. 91–96.
7. Сютя Я., Васяк Г. Принципы естественного использования осадков сточных вод//Международ. с.-х. журн. — 1983. — № 2. — С. 48–53.
8. Хільчевський В.К., Савицький В.М., Чеботько К.О. та ін. Використання осадів стічних вод у сільському господарстві. — К.: ВГПЦ «Київ. ун-т», 1997. — 103 с.
9. Хрустова Т.М., Найштейн С.Я. Використання мулу стічних вод у сільському господарстві. — К.: Урожай, 1974. — 64 с.
10. Чегринец Г.Я. Научное обоснование гигиенической регламентации применения в сельскохозяйственном производстве органоминеральных удобрений на основе осадка сточных вод: автореф. дис. на соискание уч. степ. д-ра мед. наук. — К., 1993. — 24 с.
11. Debruck J. Abwasserschlämme in der Landwirtschaft//Deutsche Landwirtschaftliche Presse. — 1972. — Bd. 95, № 1. — S. 5.
12. Eluri P. Sewage sludge hygienization — a necessity for today and tomorrow//Water Serv. — 1979. — V. 83, № 1003. — P. 705–706.
13. Kellings K., Walsh L., Peterson A. Crops response to tank truck application of liquid sludge//J. Water Poll. Control Fed. — 1976. — V. 48, № 9. — P. 2191–2197.
14. Rod Ph. Valorisation des boues résiduaires en Suisse//Ann. Gembloux. — 1978. — V. 84, № 1. — P. 11–20.
15. Thormann A. The situation problems and development trends in Germany//Util. of sewage sludge on land: Pap. and Proc. Water Res. Cent. Conf. — Oxford, 1978. — P. 290–308.

Надійшла 22.05.2013.