

ХІМІЯ. ХІМІЧНА, БІОЛОГІЧНА ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 628.322.661.43

Т.Вітенько, канд. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА ТЕРНОПОЛЯ

В роботі представлені результати досліджень характеристик осадів стічних вод очисних споруд міста Тернополя та розглянуто можливі шляхи їх використання.

З розвитком промисловості і ростом великих і середніх індустріальних міст спостерігається погіршення екологічної ситуації. Великої шкоди навколишньому середовищу наносять осади стічних вод очисних споруд, кількість яких щороку зростає. Разом з тим, питання їхньої утилізації залишається відкритим.

У світовій практиці існує кілька шляхів використання осадів стічних вод очисних споруд. Одним із можливих і перспективних напрямків, завдяки своїй дешевизні і простоті, є утилізація осадів комунальних очисних споруд в якості добрив для ґрунту у сільському господарстві. Необхідне збільшення виробництва продуктів рослинництва і тваринництва тісно зв'язано з підвищенням ґрунтової родючості, зокрема, за рахунок внесення органічних і мінеральних добрив. Однак обсяги їхнього виробництва і застосування далеко не цілком задовольняють потреби сільськогосподарського виробництва. Тим часом, це може бути вирішено саме за рахунок використання осадів стічних вод. Наявність в них необхідних рослинам елементів живлення і значної кількості органічних речовин робить їх цінним органомінеральним добривом і визначає їх використання у сільському господарстві. Утилізація осадів стічних вод в якості добрива у сільському господарстві є однією з найважливіших проблем, безпосередньо зв'язаної з охороною навколишнього середовища, підвищенням ґрунтової родючості і збільшенням врожаїв сільськогосподарських культур.

Однією з необхідних умов застосування осадів стічних вод як добрива є їх санітарно-бактеріологічна чистота, що для забруднених осадів досягається їхнім знезаражуванням.

Ще одним серйозним обмежуючим фактором застосування осадів у сільському господарстві є наявність у них важких металів, вміст яких у різних осадах неодинаковий. Розрізняються осади між собою і за агрохімічними властивостями, зокрема, за вмістом основних елементів живлення рослин. У зв'язку з цим, у кожному конкретному випадку, для визначення шляхів утилізації осадів необхідно мати їхню повну характеристику. Дана робота присвячена дослідженню основних характеристик осадів очисних споруд м.Тернополя і вивченню можливості їхнього використання як добрива в сільському господарстві.

В даний час у літературі є безліч даних, що свідчать про можливість утилізації осадів як добрива. Їхнє агрономічне використання за кордоном відноситься до найстаріших видів утилізації. І хоча зараз відомі й інші шляхи їх застосування, цей спосіб є найбільш розповсюдженим. У таких країнах, як США, Англія, Німеччина, Франція, Чехія використання осадів у сільському господарстві практикується давно та у великих масштабах. Так, у США агроутилізація складає 70% усіх використовуваних

осадів, в Англії - більш 40% [1]. У Нідерландах із загальної кількості осадів, що утворюються, у сільському господарстві використовується - 40%, ФРН - 64%, Швеції - 70% [2,3]. Відомий деякий досвід використання осадів стічних вод як добрива і у країнах СНД. Протягом ряду років осадки стічних вод застосовують господарства приміської зони Москви, Петербурга, Києва, одержуючи помітні збільшення врожаю сільськогосподарських культур [4-7]. Виявлено, що осадки не тільки підвищують врожай, але і поліпшують його якість .

Аналіз результатів досліджень [4] з різними сільськогосподарськими культурами дозволив виявити неоднакову удобрювальну цінність осадів, отриманих на різних очисних станціях, що пов'язано з розходженнями у складі стічних вод. Так, стоки з підприємств з переробки сільськогосподарської продукції і харчової промисловості містять більше поживних речовин, ніж стоки інших підприємств.

Хімічний склад осадів стічних вод значною мірою залежить також від технології їх утворення і термінів зберігання. Зброджування і згущення осаду в метантенках приводить до процентного підвищення вмісту в ньому елементів живлення, а його витримання на мулових площадках – до зниження. Так, якщо в сирому осаді міститься 3,22% загального і 0,07% мігруючого азоту в розрахунку на суху речовину, то в зброженому – відповідно 3,97 і 0,27%, у підсушеному на мулових площадках 2,26 і 0,50%, а в термічно висушеному – 1,68 і 0,84%. Наявність в осадах великої кількості макро- і мікроелементів робить їх додатковим джерелом живлення для рослин і дозволяє знизити потреби в органічних і дорогих мінеральних добривах. З огляду на те, що осадки стічних вод характеризуються, як правило, високим вмістом азоту і фосфору, але низьким калію, у ряді випадків виникає необхідність збалансувати їхній склад при внесенні в ґрунт додатково калійних добрив.

Поживні речовини в осадах знаходяться як у мінеральній, так і органічній формах. Це обумовлює характер їхньої дії на рослини: позитивний вплив виявляється не тільки в перший рік після внесення, коли використовуються мінеральні форми, а також у наступні по мірі розкладання органічної речовини.

Численні експериментальні дані переконливо свідчать про те, що застосування цього цінного органо-мінерального добрива в різних ґрунтово-кліматичних зонах і під різними сільськогосподарськими культурами поліпшує ґрунтову родючість і помітно підвищує врожай.

Як свідчать літературні дані, при внесенні в ґрунт осаду він збагачується гумусом, збільшується кількість доступного рослинам азоту і фосфору, підвищується ємність поглинання і ступінь насиченості корисними елементами, знижується кислотність. Особливо помітна позитивна дія осадів виявляється на ґрунтах з низькою родючістю. Є цілий ряд даних про вплив осадів стічних вод на біологічну активність ґрунту. Осадки збільшують загальну чисельність мікроорганізмів, підвищують каталазну активність, збільшують кількість целюлозоруйнуючих бактерій, знижують вміст цвілевих грибків. Термооброблений осад підвищує біологічну активність ґрунту, збагачуючи її рухомими формами азоту і фосфору, за дією на врожай кукурудзи й озимої пшениці не поступається гною[8].

Однак, ще раз треба наголосити, що обов'язковою умовою застосування осадів як добрива є їхнє знезараження, тому що будь-які збудники хвороб людини і тварин (бактерії, віруси, яйця гельмінтів) можуть попадати в стічні води, а відповідно і в осад. Утилізація осадів стічних вод як добрива без їхньої попередньої обробки не дає повної гарантії санітарної безпеки виробництва сільськогосподарської продукції. Технологія обробки і їх підготовки для використання в сільському господарстві повинна забезпечувати їхню відповідність санітарно-гігієнічним вимогам.

Знезараження осадів може досягатися різними способами: термічним, біотермічним, хімічним, біологічним, фізичним. Широко застосовується, зокрема, на Україні, аеробна й анаеробна обробка первинного осаду і надлишкового мулу, їхнє ущільнення і підсушування в два етапи: на мулових площадках до вологості 70-60%, а

потім у буртах не менше двох років до вологості не більш 60%. Така підготовка повинна забезпечити повне знезаражування осаду.

Цікавими є теплова обробка, введення реагентів-дезинфікантив і знезаражування біологічними методами. В даний час найбільш економічно доцільним і технічно підготовленим для широкого впровадження є метод біотермічної переробки осадів, заснований на їх компостуванні із різними органічними наповнювачами: соломною, торфом, тирсою, деревною тріскою, корою та ін. Компостування осадів, як і інших органічних відходів, полягає в обробці органічної маси аеробними бактеріями, що виділяють велику кількість тепла. Маса, що компостується, при цьому розігрівається до 55-65 °С, у результаті чого відбувається її знезараження. Крім того, окислення в процесі компостування найбільш нестабільної частини органіки приводить до стабілізації всієї маси, що залишається. Через кілька місяців виходить поживне добриво – компост, безпечний у санітарному відношенні з високим вмістом органічної речовини і необхідних рослинам елементів живлення.

Негативною властивістю осадів є наявність у них важких металів, вміст яких сильно змінюється в залежності від складу промислових стоків. За деякими даними, у сирих осадах виявляють до 30 металів. Однак, як відзначається в літературі [9], наявність важких металів саме по собі не виключає використання осадів як добрива, а вимагає лише проведення відповідного контролю. Це викликає необхідність розробки гранично допустимих концентрацій (ГДК) важких металів в осаді, ґрунті, рослинах, різних продуктах.

Багато країн мають свої критерії гранично допустимого вмісту токсикантів в осадах – табл.1. Деякі автори вважають, що основний контроль варто здійснювати за вмістом кадмію. Сільськогосподарська дослідницька служба Міністерства сільського господарства США розробила тимчасові критерії з метою стримати надходження в ґрунт солей важких металів. До них, зокрема, належить співвідношення в осадах кадмію і цинку. Осад, що містить кадмію більш 1% від вмісту цинку, не повинен застосовуватися під сільськогосподарські культури.

У Великобританії для встановлення дози внесення осадів застосовують цинк-еквівалент (розрахунковий параметр). Найбільш шкідливими металами вважаються нікель, мідь, цинк. ГДК цих елементів у ґрунті за цинком-еквівалентом складає 250 мг/кг ґрунту. Норма внесення в ґрунт кадмію не повинна перевищувати 0,2-5 кг/га.

Таблиця 1

Вимоги до вмісту важких металів в осадах стічних вод,
що використовують в якості добрива (мг/кг сухої речовини)

Країна	Ag	Co	Ni	As	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd	Hg	Mn
США	—	—	150	—	750	1500	500	500	50	—	—
Франція	—	20	100	—	1500	3000	300	200	15	8	—
ФРН	—	—	200	—	1200	3000	1200	1200	20	20	—
Австрія	—	—	100	—	500	2000	100	—	—	10	—
Нідерланди	—	—	50	—	500	2000	500	500	10	10	—
Швейцарія	—	100	200	—	100	3000	1000	1000	30	10	—
Фінляндія	85	100	500	—	3000	5000	1200	1000	30	—	3000

Деякі автори вважають, що зброджений осад можна вважати безпечним, якщо вміст у ньому важких металів не перевищує, мг/кг сухої маси, цинку – 1500, міді – 750, свинцю – 500, хрому – 500, нікелю – 150, кадмію – 50.

Кілька років назад країнами СЭВ був розроблений свій проект стандартів на важкі метали в осадах, яким у нас звичайно користуються для характеристики осадів і визначення можливості їхнього застосування в сільському господарстві. Міністерством охорони здоров'я СРСР у 1984 р. були затверджені гранично допустимі концентрації

важких металів у ґрунті. В даний час для ґрунту приймаються наступні ГДК (мг/кг): свинець – 20, кадмій – 9, миш'як – 2, нікель – 50, хром – 100, ртуть – 2.1, марганець – 1500, ванадій – 150.

Проведені в різних країнах дослідження показали можливість нагромадження токсичних речовин у ґрунті при тривалому використанні осаду як добрива. Важкі метали, що надходять з осадами, в основному затримуються у верхніх шарах ґрунту. Існує думка, що небезпеки забруднення ґрунтових вод важкими металами бути не може, тому що вони найчастіше залишаються в місцях внесення осаду. Важкі метали, особливо свинець, накопичуючись в орному шарі, пригнічують життєдіяльність великого числа мікроорганізмів, у тому числі – корисної мікрофлори. Аналізуючи закордонні джерела інформації, можна зробити висновок про те, що в ряді випадків надлишкові кількості цинку і міді в ґрунті були причиною її безплідності.

Дослідження Київського інституту загальної і комунальної гігієни показали, що нагромадження в ґрунті великої кількості металів стає причиною гальмування процесів самоочищення ґрунту. Окрім того, існує залежність між концентрацією металів у ґрунті і нагромадженням їх у рослинах. Так, з досвіду вирощування трав з використанням осадів як добрива випливає, що при концентрації в ґрунті кадмію 15, 30, 40, 95 і 145 мкг/г вміст його в тканинах рослин складав 9,24, 17,37 і 43 мкг/г, а при концентрації кадмію 3 мг/кг висота рослин пшениці досягала 76 см. У дослідах із зерновими культурами при внесенні осадів протягом трьох років відзначали підвищення вмісту марганцю, цинку і кадмію в листках, однак концентрація цих металів була нижчою від токсичної. У зерні важких металів виявилось менше, ніж у листках [10].

Різні культури мають неоднакову чутливість до металів. Салати, буряк, морква інтенсивніше поглинають важкі метали. Кукурудза, капуста, ягоди, томати, баштанні культури, фруктові дерева адсорбують їх у меншій мірі. Вік рослин також має значення – більш старі тканини містять важких металів більше. Важливе значення має час внесення осаду. Так, при осінньому його внесенні в рослини спостерігалось менше нагромадження металів, ніж при весняному.

Встановлено, що в більшій мірі негативна дія важких металів проявляється на легких чи бідних гумусом ґрунтах. При внесенні осадів на кислих ґрунтах відбувається більш сильне пригнічення ними рослин, ніж на ґрунтах з нейтральною реакцією, тому що із зменшенням рН метали з недоступних рослинам сполук переходять у розчинну форму. Вапнування ґрунту, навпроти, сповільнює надходження металів у рослини. У багатьох випадках, незважаючи на вміст важких металів в осадах, застосування останніх як добрива не приводить до нагромадження в сільськогосподарських культурах токсичних речовин до рівнів, небезпечних для тварин і людини.

Таким чином, численні літературні дані, як закордонні, так і вітчизняні, свідчать про можливість і перспективність застосування в якості добрив знезаражених осадів стічних вод, що містять допустимі концентрації важких металів. Для осадів, що мають високий вміст цих елементів, існують інші методи утилізації. Зокрема, прийнятним може виявитися спосіб їх термічної переробки шляхом високотемпературного нагрівання без доступу повітря – піролізу. У зв'язку з недостатністю вуглеводневої сировини одержання при піролізі вуглеводневих продуктів набуває важливого значення. Для правильного вирішення питання про можливі шляхи використання осадів стічних вод у кожному конкретному випадку варто проводити в повному об'ємі необхідний комплекс досліджень усіх партій, призначених для утилізації.

В процесі вивчення осадів стічних вод очисних споруд міста Тернополя були визначені основні санітарно-бактеріологічні, фізико-хімічні і агрохімічні показники шести представлених проб (табл.2-4).

Таблиця 2

Санітарно-бактеріологічні показники осадів стічних вод міста Тернополя

№ партії	Час відбору проб	№ проби	Місце відбору проб	Мікробне число	Титр БГКП	Яйця гельмінтів	Титр Cl.perfringes
1	березень 2001р.	1	Площадка складування стара	91700	<0.00001	відсут.	0,1
		2	Площадка складування нова	56000	0,001	відсут	0,1
		3	Мулова карта №21 - 2 роки	78200	<0,00001	відсут	0,1
2	травень 2001р.	4	Площадка складування нова	114000	0,0001	відсут	>0.1
		5	Мулова карта №1- с.Мишковичі	65000	0,01	відсут	>0.1
		6	Мулова карта № 25 – 4 роки	80300	0,01	відсут	>0.1

Таблиця 3

Вміст важких металів в стічних водах м.Тернополя , мг/кг сухих речовин

№ партії	Час відбору проб	№ проб	Місце відбору проб	Sr	Cr ³⁺	Ni	Co	Cd	Mn	Pb	Cu	Fe	Zn
1	березень 2001р.	1	Площадка складування стара	224	198	28	26	49	480	245	246	12680	1572
		2	Площадка складування нова	125	104	198	23	27	485	116	100	13120	878
		3	Мулова карта №21 – 2 роки	354	224	24	32	49	496	510	445	13440	1562
2	травень 2001 р.	4	Площадка складування стара	366	305	524	0	56	466	499	415	14550	1325
		5	Мулова карта №1- с.Мишковичі	324	22	325	0	34	485	452	318	13800	1215
		6	Мулова карта № 25 –4 роки	285	324	565	0	62	433	375	344	14450	1374

Таблиця 4

Агрохімічна характеристика осадів

№ партії	Час відбору проб	№ проб	Місце відбору проб	Ph	вологість %	% на сухі речовини				зольність %
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	
1	березень 2001р.	1	Площадка складування стара	7,3	68,4	1,15	2,08	0,48	10,66	72,44
		2	Площадка складування нова	7,4	84,4	1,44	2,09	0,49	15,99	61,22
		3	Мулова карта №21 – 2 роки	7,2	77,4	1,12	2,44	0,46	16,9	54,31
2	Травень 2001 р.	4	Площадка складування нова	7,1	31,6	1,44	2,66	0,45	10,98	58,66
		5	Мулова карта №1- с.Мишковичі	7,2	87,3	1,43	2,33	0,58	13,24	64,38
		6	Мулова карта № 25 – 4 роки	6,9	21,5	1,66	2,22	0,39	11,12	64,02

Загальним для всіх шести проб вивчених осадів є їх бактеріальне забруднення (титр БГКП менш 0,1), однак степінь його для різних осадів неоднакова. Надзвичайно небезпечними у санітарному відношенні виявилися осади, відібрані з площадок складування (старої і нової мулової і карти № 21 з терміном витримки 2 роки. Усі досліджені осади м. Тернополя мають гарну забезпеченість фосфором і калієм, меншу - азотом. Визначення в осадах стічних вод важких металів показало високий вміст кадмію, стронцію і нікелю. За цими показниками, на підставі існуючого проекту стандарту, що нормує гранично допустимі концентрації важких металів, усі вивчені осади м. Тернополя можна віднести лише до четвертої групи, що допускає їхнє використання тільки для готування компостів. Аналіз результатів показав також принципову можливість гранулювання осадів м. Тернополя з одержанням досить міцних гранул циліндричної форми.

Висновки

Узагальнюючи всі результати, можна зробити однозначний висновок про те, що внаслідок високого вмісту деяких важких металів а також бактеріального забруднення, вивчені осади стічних вод м. Тернополя можна використовувати тільки для компостування з органічними наповнювачами, що не містять важких металів, або вони присутні у незначних кількостях. Дозволяється внесення таких компостів під зернові, кормові і технічні культури в дозах, розрахованих з обліком агрохімічних і гігієнічних навантажень. Внаслідок непоганої забезпеченості осадів м. Тернополя основними елементами живлення і їхнім позитивним впливом на врожайність, компости на їх основі повинні володіти гарними удобрювальними якостями.

Альтернативним шляхом використання осадів м. Тернополя, що містять велику кількість важких металів, може бути термічна переробка шляхом піролізу. У зв'язку з тим, що усі вивчені осади мають агрономічну цінність і в той же час містять значну кількість деяких важких металів (кадмію, стронцію, нікелю), вилучити які безпосередньо з осадів неможливо, рекомендується поліпшити на промислових підприємствах м. Тернополя очистку стічних вод.

Висновки: вивчено основні характеристики осадів стічних вод очисних споруд міста Тернополя, запропоновано способи їх утилізації. Враховуючи те, що досліджені проби є малою частиною всіх осадів очисних споруд міста Тернополя, необхідним є дослідження всіх накопичених осадів для одержання повної інформації та розробки доцільних шляхів їх утилізації.

In work results of researches of characteristics of deposits of sewage of city of Ternopol are submitted, and possible ways of their use are considered

Література

1. Евлевич А.З., Евлевич М.А. Утилизация осадков сточных вод.– Л-д.: Стройиздат, 1988.–129 с.
2. Gerardi H.T. Применение осадка сточных вод в качестве удобрения //American city and country, 1931.- № 7.–С. 20-28.
3. Rugler G., Erchard H. Использование осадков сточных вод в сельском хозяйстве в качестве удобрения с точки зрения содержания в них тяжелых металлов //Wasser und Boden, 1982.- № 6. С.– 200-209.
4. Левченко М.Г., Герасимчук М.С., Руденко В.А. Использование осадков сточных вод в сельском хозяйстве.– Киев, 1974, – 59с.
5. Козинец И.В. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Бортичской оросительной системы.– Киев, 1973.–С.1-32.
6. Волкова М.П. Использование осадков сточных вод городов в качестве органических удобрений // Записки ЛСХИ, 1974.–Т.216.–С.60-74.
7. Касатиков В.А., Касатикова С.М. Эффективность внесения термически высушенных осадков сточных вод под озимую пшеницу // Агрехимия, 1980.– № 6.–С.54-56.
8. Двойнишникова Е.И., Леушева М.И. Влияние осадка сточных вод на микрофлору почвы. Почва, удобрение и урожай //Сб.н.т. Белорусской с.-х. Академии.–Горки, 1975.– Вып.5.–С.99-100.
9. Neartius Heraio Thereziuha., Sancher Petras., Marguas Elizabeth. Eficacia do tratamento grumical termico na destruicao deparatognrs em lodo digezido //Rev microbiol, 1986.– N2.–С.148-154.
10. Найштейн С.Я. и др. Гигиенические проблемы сельскохозяйственного использования сточных вод и их осадков. Сельскохозяйственное использование сточных вод.– М, 1974.–С.265-269.

Одержано 31.01.2003 р.