

УДК 614.7:628.336:661.152.4

ЕКОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ, ОТРИМАНИХ З ОСАДІВ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

С.М. Крамарьов

Інститут сільського господарства степової зони НААН

На підставі експериментальних досліджень наведено комплексну еколого-гігієнічну оцінку осадів міських стічних вод станцій аерації м. Дніпропетровська. Здійснено оцінку динаміки основних фізико-хімічних показників зі збільшенням терміну зберігання. Розроблено спосіб вилучення важких металів з досліджуваних осадів та технологію виготовлення органо-мінеральних добрив на їх основі. Обгрунтовано, що за використання таких добрив можливо отримувати сільськогосподарську продукцію, що відповідає чинним санітарно-гігієнічним нормам.

Ключові слова: осадки міських стічних вод, важкі метали, органо-мінеральні добрива, сільськогосподарська продукція.

На жаль, досі невирішеним екологічним питанням залишається утилізація осадів, отриманих з міських стічних вод (ОМСВ), що в значних обсягах утворюються в сучасних містах зі спільною системою каналізування [1]. В індустріально розвинених країнах Європи та США утилізується близько 30% таких ОМСВ (Shelton, 2005), у Російській Федерації та Україні – не більше 4–5%. Так, в індустріальному центрі Сходу України – м. Дніпропетровську, накопичені за останнє десятиліття 120 тис. т ОМСВ займають територію 101,4 га. Ефективне розв'язання проблеми утилізації цих відходів потребує проведення поглиблених екологічних та агрохімічних досліджень.

За відсутності безпечних технологій вторинного використання ОМСВ потенціують ризик прямого та опосередкованого негативного впливу на стан здоров'я населення. По-перше, вони спричиняють реальну епідемічну загрозу, оскільки містять в своєму складі патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, віруси, найпростіші еукаріотичні організми та яйця

гельмінтів (Алікбаєва, 2006). По-друге, як тверда фракція суміші побутових і промислових стічних вод ОМСВ здатні концентрувати у своєму складі значну кількість небезпечних хімічних речовин, насамперед важких металів (ВМ) – Pb, Cd, As, Cr, Ni, Hg та ін. (Деркачов, Риженко, 2006). Нарешті, їх багаторічне складування довкола станцій аерації вилучає з раціонального використання дефіцитні міські площі (Шевченко, 2010). Але поряд із тим у складі ОМСВ містяться значні запаси біогенних елементів (азоту, фосфору та калію), що є невід'ємною складовою частиною замкнених природних циклів кругообігу речовин. Тому за певних обставин ОМСВ можуть бути корисною сировиною для виготовлення на їх основі органо-мінеральних добрив (ОМД), що стимулюватимуть здатність ґрунтів до самоочищення та покращуватимуть у такий спосіб їх санітарний стан (Чорнокозинський, 2006). Однак на сьогоднішній провідним медико-біологічним чинником, що стримує корисне вторинне використання ОМСВ індустріальних міст України в сільському господарстві, є їх токсикологічна небезпека через можли-

ве додаткове надходження з них у об'єкти довкілля токсичних речовин, насамперед ВМ (Гаркавий, 2010).

Метою роботи була розробка надійних методів вилучення ВМ з ОМСВ, що є головною передумовою їх використання як сировини для виготовлення на їх основі ОМД для сприяння відновленню органічної речовини в ґрунті і отримання якісної та безпечної продукції рослинництва. Слід підкреслити, що відомі на сьогодні методи детоксикації різних поліютантів у складі ОМСВ є доволі суперечливими, мало впровадженими з технічних та/або економічних причин, що обумовлює необхідність подальшого проведення досліджень в цьому напрямі.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання поставлених завдань нами проведено комплексні експериментальні дослідження ОМСВ й отриманих на їх основі ОМД та зерна ячменю ярого, в агроценозах якого вивчали ефективність цих добрив. Щоб реалізувати програму науково-дослідницької роботи (НДР № 0108U011276), нами були використані такі методи досліджень: гігієнічні, фізико-хімічні (у т.ч. атомно-абсорбційна спектроскопія), статистичні. Зразки ОМСВ різного терміну зберігання (3–6 місяців, 1 та 3 роки) відбирали на мулових майданчиках станцій аерації м. Дніпропетровська (Центральної, Лівобережної, Південної). Дослідження вмісту ВМ (Zn, Pb, Cu, Mn, Co, Cd, Cr) в ОМСВ та в ОМД, виготовлених на їх основі, виконано на базі кафедри гігієни та екології Дніпропетровської медичної академії у лабораторіях Придніпровського регіонального центру з питань еколого-гігієнічних та медико-біологічної оцінки об'єктів навколишнього середовища (атестат акредитації вимірювальної лабораторії МОЗ України № 098/09 від 16.11.2009). Дослідження мікробіологічних показників ОМСВ проводили на базі бактеріологічної лабораторії Дніпропетровської міської санепідемстанції. Визначення чисельності мікроорганізмів у репрезентативних зразках вихідних ОМСВ, про-

дуктах їх переробки (лабораторні партії виготовлених ОМД), а також у ґрунті, проводили в Інституті сільськогосподарської мікробіології НААН (м. Чернігів).

Для вивчення ефективності вилучення з ОМСВ рухомих форм ВМ було використано комплексоутворювальний реагент, зокрема комплексондинатрієву сіль етилендіамінтетраацетату (ЕДТА) [2]. Для екстракції ВМ з ОМСВ використовували 0,05 М та 0,1 М розчин ЕДТА. Для визначення оптимальної концентрації та об'єму ЕДТА для екстракції ВМ з ОМСВ використовували співвідношення ОМСВ:0,05 М та ОМСВ:0,1 М розчин ЕДТА відповідно: 2:1, 1:1, 1:3, 1:4.

Виготовлення та дослідження фізико-механічних властивостей ОМД на основі ОМСВ проводили на базі кафедри неорганічної хімії Українського хіміко-технологічного університету. Як вихідну сировину використовували ОМСВ Південної станції аерації після їх обробки екстрагентом ЕДТА, амофосну пульпу, розчин карбаміду та нітроамофосу. Польові досліди проводили в лабораторії родючості ґрунтів на Ерастівській дослідній станції Інституту сільського господарства степової зони НААН [4]. В польових дослідах висівали районований сорт ячменю ярого Галактик. Площа посівної ділянки — 50 м², облікової — 30 м², повторність — триразова.

Статистичну обробку та аналіз результатів здійснювали за загальноприйнятими методиками на персональному комп'ютері з використанням стандартного пакета Statistica v6 (Itatsoft, Inc., США — ліцензійний № AJAR909E415822FA).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нині в Україні, на жаль, відсутні технічні умови і стандарти на якість добрив, отриманих з ОМСВ. За кордоном набувають розповсюдження т.зв. інтенсивні технології одержання ОМД з ОМСВ, що базуються на сушінні, зневодненні ОМСВ у центрифугах, прес-фільтрах, вакуумних фільтрах, але й вони потребують свого подальшого удосконалення, оскільки мають цілу низку недоліків [4, 5].

Ознайомлення з системою очистки міських стічних вод засвідчило, що нинішні технології їх очищення на станціях аерації м. Дніпропетровська (Південній, Лівобережній та Центральній) реалізують традиційну схему, до якої входять механічне та біологічне очищення, знезараження стоків та обробка осаду [1, 2]. На всіх станціях у ході переробки осаду первинних відстійників та надлишкового мулу відсутній етап їх попереднього зброджування в метантенках, що посилює збільшення обсягів ОМСВ, підвищення їх епідемічної та токсикологічної небезпеки та значно знижує техніко-економічні показники очисних споруд і спричиняє збільшення площі земель, відведених для зберігання ОМСВ [3]. У процесі зберігання ОМСВ на мулових майданчиках упродовж трьох років спостерігалися такі зміни їх фізико-хімічних показників: удвічі зменшилась вологість ($p < 0,05$), уміст нітратного азоту збільшився на 91,3% ($p < 0,05$) [3]. Аналогічно збільшився вміст рухомого фосфору (на 15,2% при $p < 0,05$) та калію (на 20%, при $p < 0,01$). Дослідження ОМСВ засвідчили, що за збільшення терміну їх зберігання на мулових майданчиках відбувається підвищення в них концентрації ВМ [4]. Так, уміст Мп в ОМСВ Південної станції аерації за перший рік зберігання збільшився на 17%, за три роки – на 26% ($p < 0,05$). Зі збільшенням терміну зберігання аналогічна динаміка спостерігалась й на інших станціях аерації. Вірогідно, зростання концентрацій ВМ у процесі зберігання ОМСВ зумовлено зниженням у їх складі продуктивної вологи, їх ущільненням та зменшенням обсягу.

Згідно з результатами досліджень санітарних показників ОМСВ 3-го року зберігання, всі вони є безпечними в епідемічному вимірі, а також не містять вірусних агентів (вірусів гепатиту А, ротавірусу, аденовірусу), життєздатних збудників паразитичних захворювань та кишкових патогенних мікроорганізмів.

Було визначено, що за відсутності процесу попереднього анаеробного зброджування ОМСВ набувають ознак епідемічної безпеки не менш ніж через три роки збері-

гання на мулових майданчиках. До того ж основну небезпеку в них становлять ВМ, відносний вміст яких зі збільшенням терміну зберігання ОМСВ зростає.

Встановлено, що для вилучення ВМ з ОМСВ 3-річного терміну зберігання для подальшого виготовлення на їх основі ОМД та запобігання їх додатковому надходженню в ґрунт і найефективнішим є використання 0,1 М розчину ЕДТА в співвідношенні 2:1, оскільки у такому разі забезпечується найповніше вилучення ВМ з ОМСВ. Уміст Zn зменшився в 10,2 раза порівняно з необробленими осадами при $p < 0,01$ і був навіть нижчим від фонових показників; уміст Cu – зменшився в 17,7 раза при $p < 0,001$, концентрація Мп зменшилась в 17,5 раза при $p < 0,01$. Зважаючи також на економічний аспект цього питання для практичного застосування, нами рекомендовано використання 0,1 М розчину ЕДТА у співвідношенні 1:1, оскільки за таких умов залишкові концентрації ВМ у ОМСВ також не перевищують фонові для регіональних ґрунтів. Встановлено, що під час обробки ОМСВ комплексоном ЕДТА значна частина ВМ переходить у фільтрат, зокрема Zn – 47,7% ($p < 0,001$), Мп – 16,7% ($p < 0,001$), Cu – 28,6% ($p < 0,001$). У руслі проведеного дослідження це є перспективою подальшого наукового пошуку можливостей використання фільтрату – розчину есенціальних мікроелементів, зокрема Cu, Zn, Мп, Со тощо як мікродобрив у хелатній формі. В подальшому такі розчини можуть бути використані для передпосівної інкрустації насіння і позакореневого підживлення рослин упродовж їх вегетації, особливо на початкових етапах онтогенезу.

На лабораторному обладнанні нами було відпрацьовано технологічний процес виготовлення ОМД, який складався з таких етапів: виділення з ОМСВ фракції 1–3 мм просіванням їх через сита відповідного діаметру; змішування вихідних компонентів ОМСВ з карбамідом, амофосом або нітроамофосом у шнековому або змішувачі; грануляція в грануляторі валкового типу; сушіння в барабанній сушарці.

У проведених польових дослідах в агроценозах ячменю ярого (2009–2011 рр.) встановлено, що внесення отриманих ОМД в оптимальних дозах ($N_{30}P_{30}K_{30}$) під передпосівну культивування підвищує вміст у ґрунті рухомих форм фосфору з 9,6 мг/100 г ґрунту на контролі до 12,4 у варіанті з удобренням та амонійного азоту з 4,9 до 7,8 мг/100 г ґрунту відповідно. Вміст валових та рухомих форм ВМ в орному шарі ґрунту після внесення отриманих ОМД не змінювався та залишався в межах фонових концентрацій.

Створення сприятливих умов мінерального живлення завдяки внесенню ОМД дало можливість навіть за посушливих умов отримати додатковий приріст урожаю зерна ячменю ярого, що варіював у межах 3,5–6,0 ц/га. Вміст ВМ у зерні ячменю ярого, вирощеного на ділянках, удобрених ОМД, був нижчим від максимально допустимих рівнів.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень встановлено, що ефективним методом вилучення ВМ з ОМСВ є їх хімічне зв'язування комплексоутворювальною речовиною, зокрема розчинами етилендіамінтетраацетату, з подальшим відведенням фільтрату. Для цього потрібно використовувати 0,1 М

розчин ЕДТА у співвідношенні 2:1, який забезпечує найповніше вилучення ВМ з ОМСВ. Використання ОМД, отриманих з ОМСВ, після вилучення з них ВМ є екологічно безпечним заходом, оскільки забезпечує отримання продукції, що є безпечною для організму людини: вміст ВМ в основній продукції — зерні ячменю ярого не перевищує максимально допустимі рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Детоксикація важких металів у техногенно-забрудненому ґрунті / [С.М. Крамарьов, С.В. Красненков, Ю.М. Федорченко та ін.] // Агроекологічний журнал. — 2009. — Червень. — С. 166–170. — (Спец. випуск).
2. Еколого-гігієнічні аспекти утилізації осадів міських стічних вод / [Ю.С. Крамарьова, О.А. Шевченко] // Вісник гігієни та епідеміології. — Т. 14. — № 1. — 2010. — С. 12–15.
3. Влияние осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях / Н.А. Сиягина, Б.В. Сульдин, А.Н. Туманова [та ін.] // Гигиена и санитария. — 2004. — № 2. — С. 14–15.
4. Крамарьов С.М. Еколого-гігієнічне обґрунтування застосування орґано-мінеральних добрив, отриманих з осадів міських стічних вод / С.М. Крамарьов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. — Вып. 68. — Днепропетровск, ГВУЗ ПГАСА, 2013. — С. 178–182.
5. Котюк Ф.А. Технология удаления тяжелых металлов из осадков городских сточных вод / Ф.А. Котюк // Научный вестник будівництва. — Вып. 12. — Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2005. — С. 104–108.