

УДК 631.86:631.895:631.811.98

**ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ
ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ, ОТРИМАНИХ З ОСАДІВ
МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД**

д.с.-з.н., проф. Крамарьов С.М.

ДВНЗ Придніпровська державна академія будівництва і архітектури

Постановка проблеми. Однією з найістотніших діагностичних ознак деградації чорноземів звичайних є зменшення в них вмісту органічної речовини та її основної складової – гумусу. Це зумовлено багатьма причинами, основними з яких є відсутність постійної компенсації рослинними рештками й органічними добривами поточних витрат органічної речовини, переважно, внаслідок їхньої мінералізації та змінами співвідношення, що склалися, між мінералізацією свіжої органічної речовини, утворенням і стабілізацією нових гумусових речовин у ґрунті. Наукові дослідження та виробнича практика переконливо показали, що головним чинником регулювання балансу є органічні добрива: внесення гною (в середньому 8 тонн на гектар сівозмінної площі), особливо при сумісному застосуванні їх з мінеральними добривами. Отже, для відновлення втрачених запасів гумусу в ґрунті необхідно постійно вносити в нього органічні речовини у вигляді органічних добрив [1]. Однак, вносити в рекомендованих нормах традиційні органічні добрива, в зв'язку з їх дефіцитом, вже не має змоги. Тому для цього потрібно шукати додаткові джерела органічної речовини.

Одним із можливих джерел органічної речовини можуть бути осади міських стічних вод (ОМСВ)[2]. Але на сьогодні, провідним еколого-гігієнічним чинником, який стримує корисне використання ОМСВ індустріальних міст України в сільському господарстві в якості органічних добрив є їх токсикологічна небезпека через можливе додаткове надходження з них у об'єкт довкілля токсичних речовин, перш за все, катіонів важких металів (ВМ)[3]. Таким чином, розробка надійних методів вилучення ВМ з ОМСВ є головною передумовою їх використання в якості сировини для виготовлення органо-мінеральних добрив ОМД, що буде сприяти відновленню органічної речовини в ґрунті для отримання якісної та безпечної рослинної продукції [3, 4]. Слід підкреслити, що відомі на сьогодні методи детоксикації різних політантів в складі ОМСВ є досить суперечливими, мало впровадженими з технічних та економічних причин, що обумовлює необхідність подальшого продовження проведення додаткових досліджень в даному напрямку.

Зв'язок з науковими і практичними завданнями та аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень виконані згідно НТП НААН України «Родючість ґрунтів», завдання 02 «Розробити технологічні прийоми виробництва та використання нових видів органічних і ОМД, оптимізованих за складом поживних речовин та прийоми регулювання гумусового стану ґрунтів (№ д. р. 0196U012530).

За відсутності безпечних технологій вторинного використання ці осади потенціують ризик прямого та опосередкованого впливу на стан здоров'я населення. По-перше, вони несуть в собі реальну епідемічну загрозу, оскільки містять в своєму складі патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, віруси, найпростіші та яйця геогельмінтів (Алікбаєва Л.А., 2006). По-друге, як тверда фракція суміші побутових і промислових стічних вод, осади здатні концентрувати у своєму складі велику кількість небезпечних хімічних речовин, насамперед, ВМ – Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Hg та ін. (Деркачев С.А., 2006), що формує їх токсикологічну небезпеку. Нарешті, їх багаторічне складування навкруги станцій аерації вилучає з раціонального використання дефіцитні міські площі (Шевченко О.А., 2010). Але, разом з тим, у складі ОМСВ містяться значні запаси поживних елементів (N, P, K, S, Zn, Cu, Co та ін.), які є невід'ємною складовою частиною замкнених природних циклів кругообігу речовин, отже вони, за певних обставин, можуть бути корисною сировиною для виготовлення на їх основі ОМД пролонгованої дії (Чорнокозинський А.В., 2006). Однак, на сьогодні провідним медико-біологічним чинником, який стримує корисне вторинне використання ОМСВ індустріальних міст України в сільському господарстві, є їх токсикологічна небезпека через можливе додаткове надходження з них у об'єкти довкілля токсичних речовин, перш за все, ВМ (Гаркавий С.І., 2010). Таким чином, розробка надійних методів вилучення ВМ з ОМСВ є головною передумовою їх використання в якості сировини для виготовлення ОМД, що буде сприяти відновленню органічної речовини в ґрунті для отримання екологічно чистої сільськогосподарської продукції [5].

Мета досліджень полягає в науковому обґрунтуванні та екологічній оцінці використання ОМСВ для виготовлення ОМД. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Оцінити особливості утворення ОМСВ сучасного індустріального міста та вивчити їх склад за комплексом хімічних і бактеріологічних показників для визначення пріоритетних забруднювачів;
2. Запропонувати та дослідити в умовах лабораторного експерименту спосіб вилучення з ОМСВ небезпечних хімічних речовин – ВМ, з застосуванням комплексоутворюючого екстрагенту;
3. Дослідити отримані на основі ОМСВ гранульовані ОМД за вмістом в них ВМ і агрохімічними властивостями;
4. Розробити еколого-гігієнічні рекомендації щодо безпечного застосування ОМСВ для виготовлення на їх основі ОМД пролонгованої дії та отримання рослинної продукції, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Об'єкт дослідження: спосіб вилучення ВМ з ОМСВ та отримання на їх основі ОМД пролонгованої дії.

Методи досліджень. Вирішення поставленої проблеми поєднало теоретичні та експериментальні дослідження на основі системного підходу. Дослідження проводилися в лабораторних, вегетаційних і польових умовах згідно з діючими методиками. Аналізування ОМСВ та ОМД, отриманих на їх основі, проводилося за атестованими методиками з наступною статистичною обробкою отриманих експериментальних даних.

Результати досліджень і їх обговорення. Зразки ОМСВ різного терміну зберігання (3-6 місяців, 1 рік та 3 роки) відбиралися на мулових майданчиках станцій аерації м. Дніпропетровська (Центральної, Лівобережної, Південної). Дослідження вмісту ВМ (Zn, Pb, Cu, Mn, Co, Cd, Cr) в ОМСВ та отриманих на їх основі ОМД, виконані на базі кафедри гігієни та екології ДВНЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», кафедри екології та охорони навколишнього середовища ДВНЗ «Придніпровська академія будівництва та архітектури», у лабораторіях «Придніпровського регіонального центру з питань медико-біологічної оцінки об'єктів навколишнього середовища (атестат акредитації вимірювальної лабораторії МОЗ України №098/09 від 16.11.2009).

Для вивчення ефективності вилучення з ОМСВ рухомих форм ВМ було використано комплексуючий реагент, зокрема, комплексон динатрієву сіль етилендіамінтетраацетату (ЕДТА), який утворює з катіонами ВМ водорозчинні стійкі комплексні сполуки. 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 розчини ЕДТА. Виготовлення та дослідження фізико-механічних властивостей ОМД на основі ОМСВ проводили на базі кафедри неорганічної хімії ДВНЗ «Українського хіміко-технологічного університету». В якості вихідної сировини використовували ОМСВ Південної станції аерації після вилучення з них ВМ шляхом їх обробки екстрагентом ЕДТА, амофосною пульпою, водним розчином карбаміду та нітроамофосу.

Польові досліді проводились в лабораторії родючості ґрунтів на Ерастівській дослідній станції (ЕДС) Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України (ІСГСЗ). Площа посівної ділянки 50м², облікової 25м², повторність чотириразова. Дослідження проводились в посівах районованого сорту ярого ячменю Галактик. В польових дослідях агротехніка загальноприйнята для степової зони України.

Обговорення результатів досліджень. Фактично існуючі технології очищення стоків на станціях аерації м. Дніпропетровська (Південній, Лівобережній та Центральній) реалізують традиційну схему, що включає механічне, біологічне очищення, знезаражування стоків та обробку осаду. На всіх станціях при переробці ОМСВ первинних відстійників та надлишкового мулу відсутній етап їх попереднього зброджування в метантенках, що сприяє збільшенню їх об'ємів, підвищенню епідемічної та токсикологічної небезпеки та значно знижує техніко-економічні показники очисних споруд і приводить до збільшення площі земель, відведених для зберігання цих відходів. В процесі зберігання ОМСВ на мулових майданчиках впродовж трьох років спостерігалися наступні зміни їх фізико-хімічних показників: вдвічі зменшилася вологість ($p < 0,001$), вміст нітратного азоту збільшився на 91,3% ($p < 0,05$). Аналогічно збільшився вміст рухомого фосфору (на 15,2% при $p < 0,05$) та калію (на 20% при $p < 0,01$). Дослідження ОМСВ показали, що при збільшенні терміну їх зберігання на мулових майданчиках в них відбувається підвищення концентрації ВМ. Згідно результатів досліджень санітарних

показників ОМСВ 3-го року зберігання всі вони є безпечними в епідемічному відношенні, а також не містять життєздатних збудників паразитичних захворювань та кишкових патогенних мікроорганізмів.

Встановлено, що для вилучення ВМ із ОМСВ 3-річного терміну зберігання для подальшого виготовлення ОМД та запобігання їх додаткового надходження в ґрунт, найбільш ефективним є використання 0,1 М розчину етилендіамінтетраацетату (ЕДТА) в співвідношенні 2:1, оскільки при цьому забезпечується найбільш повне вилучення ВМ. Враховуючи економічний аспект цього питання, для практичного застосування нами рекомендовано використання 0,1 М розчину (ЕДТА) у співвідношенні 1:1, оскільки при цьому залишкові концентрації ВМ у ОМСВ також не перевищують фонові для регіональних ґрунтів (табл. 1).

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники ОМСВ трьох років зберігання та ОМД, отриманих на їх основі ($M \pm SD$)

| Показник, одиниця виміру | ОМД з карбамідом | ОМД з амофосом | ОМД з нітро-амофосом | ОМСВ |
|---------------------------------|------------------|----------------|----------------------|----------|
| Вологість, % | 21,6±1,1 | 28,6±1,5 | 25,4±1,1 | 43,9±1,8 |
| pH _{водн.} | 6,5±0,1 | 5,9±0,1 | 6,5±0,1 | 5,9±0,1 |
| Сухий залишок, % | 32,4±1,7 | 35,4±1,3 | 30,4±1,1 | 32,4±1,7 |
| Органічна речовина, % | 21,2±0,1 | 26,8±1,1 | 24,1±0,7 | 24,3±1,4 |
| Статистична міцність гранул, Па | 2,3±0,7 | 1,4±0,3 | 1,7±0,3 | – |
| Гігроскопічність, % | 8,6±1,1 | 9,1±0,9 | 8,7±0,6 | – |
| Азот загальний, % | 9,1±0,1 | 6,3±0,1 | 5,2±0,1 | 1,4±0,2 |
| Фосфор загальний, % | 0,5±0,1 | 2,6±0,2 | 6,4±0,4 | 1,3±0,1 |
| Калій загальний, % | 0,9±0,2 | 0,6±0,1 | 5,9±0,6 | 0,2±0,05 |

На лабораторному обладнанні було відпрацьовано процес виготовлення ОМД, який складався з наступних етапів: виділення з ОМСВ фракції 1-3 мм шляхом просіювання їх через сита відповідного діаметру; змішування вихідних компонентів ОМСВ з карбамідом, амофосом або нітроамофосом в шнековому змішувачі; грануляція в грануляторі валкового типу; сушіння в барабанній сушарці. При порівняльній характеристиці фізико-хімічних показників отриманих ОМД було визначено, що ОМД з карбамідом характеризується найвищою статистичною міцністю гранул (на 64,2% вище, ніж ОМД з амофосом при $p < 0,05$ та на 35,2% вище, ніж у ОМД з нітроамофосом при $p < 0,01$) та містять найбільшу кількість загального азоту.

При проведенні польових дослідів впродовж трьох років (2009-2011 рр.) було встановлено, що внесення в ґрунт отриманих ОМД підвищує вміст основних поживних речовин – рухомих сполук фосфору та обмінного амонію. Зокрема, вміст рухомого фосфору збільшився на 30% ($p < 0,01$), обмінного амонію NH_4^+ – на 60% ($p < 0,01$). Вміст валових та рухомих форм ВМ в орному шарі ґрунту після внесення ОМД не змінювався та залишався в межах фонових концентрацій. Створення сприятливих умов мінерального живлення

за рахунок внесення ОМД дало можливість навіть в умовах жорсткої посухи, яка спостерігалась майже впродовж всього вегетаційного періоду під час проведення досліджень, отримати приріст врожаю зерна ярого ячменю в межах 3,5-6,0 ц/га за врожайності на контролі 21,5-32,0 ц/га. Вміст ВМ в зерні ярого ячменю, вирощеного із застосуванням отриманих ОМД, був нижчий за максимально допустимі рівні. В порівнянні з контролем в вирощеному зерні поліпшились біохімічні показники, що характеризують його якість.

ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що в процесі дозрівання впродовж трьох років на мулових майданчиках в складі осадів відбуваються важливі з еколого-гігієнічної точки зору зміни. Так, вдвічі зменшуються вологість осаду ($p < 0,001$), за рахунок мінералізації органічної речовини значно зростає вміст рухомих форм поживних елементів (НРК). Впродовж дозрівання ОМСВ спостерігається позитивна динаміка вмісту в них досліджених ВМ, найбільш показовим з яких є Cu, вміст якого збільшується на 25-26% ($p < 0,05$) та Zn, вміст якого зростає на 20-51% ($p < 0,05$). При цьому, коефіцієнти концентрації ВМ у осадах по відношенню до фонових значень для регіональних ґрунтів становлять 29,4 (Zn); 25,0 (Cu); 7,4 (Cd); 4,7 (Pb).

2. Експериментально доведено, що ефективним методом вилучення ВМ з ОМСВ є їх переведення в розчин комплексоутворюючою речовиною, зокрема розчинами етилендіамінтетрацетату, з подальшим відведенням фільтрату. Використання 0,1 М розчину ЕДТА в співвідношенні 2:1 забезпечує найбільш повне вилучення ВМ: вміст Zn зменшується в 10,2 рази ($p < 0,001$), Cu – в 17,7 рази ($p < 0,05$), Mn – в 6,2 рази ($p < 0,001$).

3. Показано, що розроблені еколого-гігієнічні рекомендації щодо внесення ОМД, отриманих з ОМСВ, сприяє зростанню вмісту в ґрунті рухомих форм поживних речовин і вирощуванню сільськогосподарської продукції, яка відповідає існуючим санітарно-гігієнічним вимогам.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Влияние осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях/ Н.А.Синягина, Б.В.Сульдин, А.Н.Туманова [та ін.]// Гигиена и санитария.–2004.–№2.– С. 14-15.
2. Еколого-гігієнічні аспекти утилізації осадів міських стічних вод/[Ю.С.Крамарьова, О.А.Шевченко]//Вісник гігієни та епідеміології.– Т.14.–№1.–Донецький національний медичний університет ім. М.Горького МОЗ України,2010.– С. 12-15.
3. Климова Н.В. Осадки сточных вод как нетрадиционные органические удобрения/Н.В.Климова, Т.В.Починова//Аграрная наука.–2009.–№1(09).– С.13-16.
4. Котюк Ф.А. Технология удаления тяжелых металлов из осадков городских сточных вод/Ф.А.Котюк//Науковий вісник будівництва.–Вип.32.– Харків:ХДТУБА, ХОТВ АБУ,2005. – С. 104-108.