

## АГРОЕКОЛОГІЧНЕ, ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНЕ ТА РАДІОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ

*Були досліджені хімічний склад та рівні забруднення важкими металами і радіонуклідами осадів стічних вод очисних споруд м. Южноукраїнськ та проведена оцінка екологічних ризиків їх застосування як органічних добрив. Основними екологічними ризиками, що обмежують застосування осадів стічних вод для поліпшення родючості ґрунтів, є високі концентрації нітратів та важких металів у них.*

**Ключові слова:** родючість ґрунтів, органічні добрива, осад стічних вод, екологічні ризики під час застосування.

*Были исследованы химический состав и уровни загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами осадков сточных вод очистных сооружений г. Южноукраинска и проведена оценка экологических рисков их применения в качестве органического удобрения. Основными экологическими рисками, сдерживающими применение исследованных осадков сточных вод в качестве органических удобрений, являются высокие концентрации в них нитратов и тяжелых металлов.*

**Ключевые слова:** плодородие почв, органические удобрения, осадки сточных вод, экологические риски при применении.

*Were investigated the chemical composition and levels of contamination by heavy metals and radionuclides, sewage water treatment of Yuzhnoukrainsk and assess the risks of their environmentally friendly use as organic fertilizer. The main environmental risks hindering research applications of sewage sludge as organic fertilizers are high concentrations of nitrates and heavy metals.*

**Key words:** soil fertility, organic fertilizer, sewage sludge, environmental risks in the application.

**Постановка проблеми.** Питання використання відходів міст для виготовлення добрив нині є важливим і актуальним.

Останні можуть бути використані для закріплення намівних пісків, піщаних ґрунтів на території новобудов та житлових масивів, для створення зелених насаджень, удобрення садово-паркових насаджень, окремих дерев, кущів та квітів, а також для рекультивациі територій біля автозаправних станцій, гаражів, забруднених вуглеводнями [1].

Значна частина добрив може бути використана, як резерв для удобрення сільськогосподарських культур, особливо зараз, коли існує загроза від'ємного балансу гумусу, а звідси різкого зниження рівня родючості ґрунту та нестабільних урожаїв.

Вирішення цих питань дасть змогу різко зменшити навантаження на екосистему міст, і, з іншого боку, відшукати можливості зменшення втрат родючості ґрунтів за рахунок покращення балансу гумусу.

Метою досліджень було визначення хімічного складу відходів мулових покладів очисних споруд господарчо-побутової каналізації (ОСГПК) м. Южноукраїнськ (далі ОСВ) для оцінки можливості використання їх або їх похідних як органічних добрив та виявлення можливих негативних впливів на здоров'я людей та стан довкілля внаслідок такого використання (екологічних ризиків).

Завдання досліджень:

- визначення вмісту основних елементів живлення рослин в ОСВ, їх рухомості та співвідношення;
- визначення фізико-хімічних властивостей ОСВ;
- визначення вмісту токсичних елементів (важкі метали) в ОСВ, їх рухомості та співвідношення;
- визначення активності природних та штучних радіонуклідів в ОСВ та їх радіаційно-екологічна оцінка;
- оцінка можливої небезпеки застосування ОСВ як органічних добрив для фізико-хімічних властивостей ґрунтів, здоров'я людей та екологічного стану довкілля.

Як матеріал досліджень були використані ОСВ з мулових полів № 1 та № 2 очисних споруд господарчо-побутової каналізації (ОСГПК) м. Южно-українськ. Термін зберігання ОСВ – від 1 до 2 років

Дослідження хімічного складу ОСВ проводилося стандартними та стандартизованими методами та методиками, що використовуються для проведення агрохімічних, еколого-токсикологічних та радіологічних досліджень ґрунтів, добрив, продукції рослинництва [2].

**Результати дослідження.** Агрохімічні характеристики ОСВ. Результати вивчення вмісту основних елементів мінерального живлення рослин (Таблиці 1-2) показують, що за цими показниками ОСВ м. Южно-українськ, не відрізняються від типових осадів міських стічних вод, описаних у літературі [1; 3-6].

У порівнянні з гноєм, зразки ОСВ містять у 3 рази більше валового фосфору та в 5-7 разів менше валового калію. Вміст валового азоту – у межах, характерних для високоякісного гною. Таке співвідношення дуже сильно відрізняється від оптимального для ґрунтів північної зони Миколаївської області (1 : 0,8 : 0,4-0,5) і потребує обов'язкового контролю за калійним режимом ґрунтів, на яких будуть вноситись ОСВ.

Результати вивчення сольового складу водної витяжки показали, що ОСВ не містять значних кількостей токсичних солей та їх внесення у ґрунт не може призвести до засолення, осолонцювання та інших негативних впливів на його фізико-хімічні властивості. РН водної витяжки близька до нейтральної (6,8-7,2).

Таблиця 1

**Вміст валових форм елементів живлення в осадах стічних вод (на абсолютно суху масу)**

| Номер мулового поля | Термін зберігання ОСВ, роки | Масова доля, мг/кг |         |       | Масова доля органічної речовини, % |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|---------|-------|------------------------------------|
|                     |                             | Азоту              | Фосфору | Калію |                                    |
| 1                   | 1                           | 18000              | 42500   | 3600  | 51,35                              |
| 1                   | 2                           | 10750              | 29500   | 6050  | 32,6                               |
| 2                   | 1                           | 24750              | 38500   | 2950  | 61,55                              |

Таблиця 2

**Кислотність, вміст рухомих форм елементів живлення, органічного вуглецю в осадах стічних вод (на абсолютно суху масу)**

| Номер мулового поля | Термін зберігання ОСВ, роки | РН сольовий | Масова доля, мг/кг |         |       | Масова доля органічного вуглецю, % |
|---------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|---------|-------|------------------------------------|
|                     |                             |             | Азоту (нітратного) | Фосфору | Калію |                                    |
| 1                   | 1                           | 6,6         | 4037,5             | 7875    | 812,5 | 6,38                               |
| 1                   | 2                           | 6,8         | 1250               | 2725    | 812,5 | 6,37                               |
| 2                   | 1                           | 6,6         | 4525               | 7500    | 1000  | 6,98                               |

**Результати визначення вмістуважких металів.** Вміст важких металів (ВМ) у зразках ОСВ з ОС ГПК Южноукраїнська та їх співвідношення (Таблиці 3-4) значно відрізняються від вмісту та співвідношення ВМ у ґрунтах Миколаївського регіону. Найбільш значущою відмінністю є значне збагачення ОСВ біофільними мікроелементами (у першу чергу цинком). Відмінності, що спостерігаються, можуть бути наслідком біологічного концентрування елементів

у процесі біологічної очистки стічних вод. Спостерігається перевищення гранично допустимих (ГДК) та орієнтовно допустимих (ОДК) концентрацій для ґрунту за вмістом цинку (в усіх пробах як для валових, так і для рухомих форм), за вмістом нікелю (для рухомих форм) та кадмію (в одній пробі). Це обумовлює введення обов'язкового нормування внесення ОСВ у ґрунт за показником недопущення забруднення довкілля важкими металами.

Таблиця 3

**Вміст валових форм важких металів у зразках ОСВ**

| Показники                 | Елемент      |             |           |             |            |             |              |
|---------------------------|--------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|--------------|
|                           | Мідь         | Цинк        | Кадмій    | Свинець     | Кобальт    | Хром        | Нікель       |
| Розмах варіації (min-max) | 51,97-114,86 | 361,8-512,9 | 1,47-1,92 | 28,52-36,45 | 4,13- 4,75 | 13,15-16,31 | 31,26- 35,73 |
| ОДК                       | 132          | 220         | 2         | 130         | не норм.   | не норм.    | 80           |

Таблиця 4

**Вміст рухомих форм (екстрагованих 1 М ААБ рН 4.8) важких металів у зразках ОСВ та його порівняння з ГДК для ґрунту**

| Показники                 | Елемент, мг/кг |              |          |         |          |            |            |
|---------------------------|----------------|--------------|----------|---------|----------|------------|------------|
|                           | Мідь           | Цинк         | Кадмій   | Свинець | Кобальт  | Хром       | Нікель     |
| Розмах варіації (min-max) | 1.1- 2.43      | 125.2- 155,3 | 0.2- 0.7 | 2.3-3.7 | 1.04-1.2 | 0.55- 0,61 | 9.63-10,62 |
| ГДК, мг/кг                | 3              | 23           | 0,5*     | 6       | 5        | 6          | 4          |

Результати визначення вмісту природних та штучних радіонуклідів у ОСВ та їх нормативна оцінка. Вміст природних радіонуклідів Th-232 та Ra-226 не перевищує питому активність для ґрунтів Миколаївської області (30-50 Бк/кг для Th- 238 та 15-40 Бк/кг для Ra-226), а вміст К-40 майже в 2 рази нижчий (400-600 Бк/кг).

Ефективна активність природних радіонуклідів, розрахована за формулою пункту 8.6.1. НРБУ [7] (для будівельних матеріалів та матеріальної сировини) складає: 143,5 Бк/кг, що менше за гранично допустимий рівень (370 Бк/кг).

Відповідно, обмежень за вмістом природних радіонуклідів на застосування ОСВ у виробничій діяльності не існує.

Вміст Cs-137 (15- -53 Бк/кг) у 20 – 60 разів менший за мінімальний рівень вилучення радіоактивних відходів 10000 Бк/кг (пункт 15.16 «Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України» [8]).

Деяке збільшення питомої активності Cs-137 у зразку 2 пояснюється ефектом концентрування під час зберігання і корелює зі зменшенням вмісту органічної речовини.

Загалом за виявлених під час досліджень рівнів питомої активності не можна очікувати будь якого

збільшення щільності забруднення ґрунтів сільсько-господарського призначення Cs-137.

За результатами проведених досліджень ОСВ можуть вважатися об'єктом, звільненим від регулюючого радіаційного контролю.

#### НОРМАТИВНА ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ ОСВ

Оцінка можливих рівнів азотного (нітратного) забруднення продукції та довкілля. Спостерігається перевищення ГДК для ґрунту за вмістом нітратного азоту (130 мг/кг) [9] в усіх зразках ОСВ (Таблиця 2.1.2). Кратність перевищення складає 7-27 разів. Це, а також висока доступність азоту в ОСВ (з загальної кількості азоту 22,4 % приходить на долю нітратного), обумовлює введення обов'язкового нормування внесення ОСВ у ґрунт за показником недопущення забруднення довкілля нітратами.

Нормативна оцінка вмісту важких металів в ОСВ. Розрахунки граничних норм внесення ОСВ у ґрунт за критерієм не перевищення ГДК показують (Табл. 5), що пріоритетним забруднювачем у такому випадку буде цинк, а максимальна доза внесення на одну земельну ділянку не може перевищувати 20-30 т/га у розрахунку на валові форми і 70-90 т/га у розрахунку на рухомі форми. Це значно обмежує ефективність застосування ОСВ як органічного добрива.

Таблиця 5

#### Гранично можливі норми внесення ОСВ у ґрунт із метою недопущення перевищень ГДК важких металів

| Показники                              | Елемент   |           |              |           |             |              |            |
|--|-----------|-----------|--------------|-----------|-------------|--------------|------------|
|  | Мідь      | Цинк      | Кадмій       | Свинець   | Кобальт     | Хром         | Нікель     |
| ГДК, г/тонну                           | 3         | 23        | 0,5          | 6         | 5           | 6            | 4          |
| Граничне надходження, г/га             | 10800     | 82800     | 1800         | 21600     | 18000       | 21600        | 14400      |
| Гранична межа внесення, т/га (min-max) | 4462-9818 | 69,5-86,3 | 15429-54 000 | 2911-4655 | 7552- 10684 | 17705- 19636 | 1016- 1121 |

**Основні екологічні ризики під час застосування ОСВ як добрива.** Результати досліджень хімічного складу ОСВ із мулових покладів ОС ГПК м. Южноукраїнськ дозволяють виділити дві основних групи екологічних ризиків, що можуть виникнути під час застосування їх як добрива.

Перша група – внаслідок неоптимального співвідношення основних елементів живлення у ОСВ (азот, фосфор, калій) та наявності високого відсотка мобільного нітратного азоту в їх складі можливе забруднення рослинницької продукції та довкілля мінеральними формами азоту, відоме як нітратне забруднення. Шляхи мінімізації цієї групи ризиків – зменшення доз внесення ОСВ у ґрунт та обмеження об'єктів, на яких вони можуть застосовуватись (у першу чергу, поля, ділянки для вирощування овочевої та баштанної продукції).

Друга група – можливе забруднення продукції та довкілля важкими металами, підвищені концентрації яких у ОСВ є наслідком біологічного концентрування. Пріоритетним забруднювачем виступає цинк – біо-фільний елемент, який стає забруднювачем лише у підвищених концентраціях. Дози внесення ОСВ у ґрунт, розраховані за критерієм неперевищення ГДК по цинку, суттєво знижують ефективність застосування ОСВ як добрива.

#### Висновки

1. ОСВ з мулових покладів ОС ГПК м. Южноукраїнськ містять азот у концентраціях на рівні високоякісного гною. Але у порівнянні з гноєм, вони збагачені фосфором і дуже збіднені калієм.

2. Співвідношення «АЗОТ : ФОСФОР: КАЛІЙ» у ОСВ сильно відрізняється від оптимального для Миколаївської області і потребує обов'язкового контролю за калійним режимом ґрунтів, на яких будуть систематично вноситись ОСВ.

3. ОСВ не містять значних кількостей токсичних солей та їх внесення у ґрунт не може призвести до засолення, осолонцювання та інших негативних впливів на його фізико-хімічні властивості.

4. За вмістом радіонуклідів осади стічних вод м. Южноукраїнськ можуть вважатися об'єктом, звільненим від регулюючого радіаційного контролю.

5. Спостерігається перевищення ГДК для ґрунту за вмістом нітратного азоту в усіх зразках ОСВ. Кратність перевищення складає 7-27 разів. Такі кількості легкодоступного азоту можуть спричинити нітратне забруднення рослинницької продукції та природних вод.

6. Дослідження виявили перевищення ГДК та ОДК для ґрунтів з цинку, нікелю та кадмію.

7. Розрахунки граничних норм внесення ОСВ у ґрунт за критерієм не перевищення ГДК показують, що пріоритетним забруднювачем у такому випадку буде цинк, а максимальна доза внесення на одну земельну ділянку не може перевищувати 20-30 т/га у розрахунку на валові форми і 70-90 т/га у розрахунку

на рухомі форми. Це значно обмежує ефективність застосування ОСВ як органічного добрива.

Як свідчать літературні дані [1; 4-6], найбільш оптимальним шляхом комплексної мінімізації як першої, так і другої групи екологічних ризиків у такому випадку є компостування ОСВ з органічними наповнювачами або ґрунтом.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки та рекомендації з біотехнологічних методів переробки та використання органічних відходів міст [текст] / За заг. ред. Мельничука Д. О. та Городнього М. М. – К.: ТОВ «Алефа», 2003. – 111 с.
2. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. [Текст]. / За редакцією члена-кореспондента УААН С. М. Рижука та інших. – К., 2003. – 63 с.
3. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: [монографія] / В. П. Патики, Н. А. Макаренко, Л. І. Моклярчук та ін.; За ред. В. П. Патики. – К.: Основа, 2005. – 300 с.
4. Шевчук В. А. Біотехнологія одержання орґано-мінеральних добрив із вторинної сировини [Текст] / В. А. Шевчук, К. О. Чеботько, Разгуляєва В. А. – К., 2001. – 204 с.
5. Чеботько К. О. Технологія одержання та застосування орґано-мінеральних добрив на основі осадів стічних вод: рекомендації. [Текст] / [К. О. Чеботько, І. П. Масло., В. А. Ярошук та ін.] – К., 2000. – 25 с.
6. Органические удобрения / А. А. Бацула, Э. Г. Дегодюк, В. И. Гамалей и др.; ред. А. А. Бацулы. [2-е изд., перераб. и доп.]. – К.: Урожай, 1988. – 184 с. (Лит. для каб. агронома).
7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи. – Київ, 2007. – 121 с.
8. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Затв. Наказом МОЗ України № 54 від 20.02.2005. – К., 2005. – 116 с.
9. Ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91), утв. 27.12.1994 № 13 ГН 2.7.020-94.

**Рецензенти:** Мещанінов О. П., д.пед.н., професор;  
Зюзін В. О., д.мед.н., професор.

© Дмитрієва Л. А.,  
Протченко Н. М.,  
Троїцький М. О., 2012

*Дата надходження статті до редколегії 01.04.2012 р.*

**ДМИТРИЄВА Л. А.** – провідний токсиколог Державної установи «Миколаївський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції».

**ПРОТЧЕНКО Н. М.** – провідний радіолог Державної установи «Миколаївський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції».

**ТРОЇЦЬКИЙ М. О.** – завідувач лабораторії екологічної безпеки земель та якості продукції Державної установи «Миколаївський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції».