

В.О. Фесюк, С.Г. Панькевич

## **ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА ЛУЦЬКА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ**

Досліджено можливість використання осадів стічних вод в якості органічного добрива. Здійснено екологічну оцінку впливу забруднюючих речовин (важких металів), що містяться в осадах, на забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь. Запропоновано шляхи зменшення їхнього екологічного впливу.

### **Стан проблеми та аналіз публікацій**

Основними продуктами біохімічних процесів, що відбуваються на очисних спорудах, є гази і зброджена рідка фаза – осади стічних вод (ОСВ). Використання їх не лише економічно вигідно, адже отримуються вони попутно і не вимагають фінансових інвестицій для свого виробництва, але й екологічно необхідно. Якщо їх не використовувати, то вони забруднюватимуть навколишнє середовище (гази–повітря, а ОСВ – ґрунти, ґрунтові і підземні води в районі Брищенського полігону захоронення твердих побутових відходів) [1, 2, 5].

У середньому при бродінні 1 м<sup>3</sup> осаду можна отримати 10-18 м<sup>3</sup> біогазу. За теплотворною здатністю 1 м<sup>3</sup> газу відповідає 0,83 кг коксу, 0,785 л бензину чи 0,763 л дизельного палива. Крім того, з 1 м<sup>3</sup> газу можна отримати 1,61 кВт·год енергії [4]. На жаль, на Луцьких міських комунальних очисних спорудах (МКОС) метан, який входить до складу газів, навіть не використовується як паливний газ при виробництві електроенергії для самої очисної станції. Це пояснюється неробочим станом метантенків. Хоча перспективи виробництва і використання біогазу як органічного палива досить хороші. За рік на МКОС утворюється 363650 м<sup>3</sup> осадів стічних вод. При їх переробці можна отримати 4000000-7085000 м<sup>3</sup> газу, а при спалюванні газу – 11408 кВт·год енергії (1,78 млн. грн. або 304,3 тис. доларів США) або еквівалент, що виділяється при спалюванні 9468 т коксу, 8955 тис. л бензину чи 8704 тис. л дизельного палива. Цієї енергії вистачить для забезпечення виробничих,

побутових потреб очисних споруд, що дозволить підприємству “Луцькводоканал” вивільнити значні фінансові ресурси для модернізації основних виробничих фондів, які на сьогодні зношені на 45-70%. Особливо актуальним даний напрямок є у світлі Національної стратегії поводження з твердими побутовими відходами в Україні та “проблеми - 2005”. Окрім того, потрібно бути об’єктивним і дослідити зворотний аспект використання ОСВ як органічних добрив. Чи забруднюючі речовини, які в них містяться, не призведуть до забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь?

Дослідженню цієї проблеми присвячені роботи В.К.Хільчевського, В.Н.Савицького, К.О.Чоботька (1997), В.А.Касатікова (1990), Г.П.Зарубіна, І.А.Овчинкіна (1978) та інші. Стосовно міста Луцька найбільш детально питання екологічного впливу водокористування розглянуті авторами у [4].

Специфіка нашої роботи полягає в урахуванні сучасного стану функціонування очисних споруд (зношення, деградація активного мулу, зміна хімічного складу стічних вод у порівнянні із проектними нормативами) і розробці реальних прикладних шляхів та заходів для вирішення гострих екологічних проблем.

**Основною метою** статті є аналіз технологічного процесу очистки стічних вод, утворення осадів, вмісту у них поживних і забруднюючих речовин; дослідження можливості й ефективності застосування ОСВ як органічних добрив; оцінка екологічної безпеки застосування ОСВ.

### **Отримані результати**

Наявність в осадах стічних вод необхідних для рослин елементів живлення дає можливість використовувати їх як органічне добриво. Удобрювальна цінність ОСВ в значній мірі визначається не тільки вмістом у них азоту, фосфору й калію, але й необхідних для рослин мікроелементів – бору, молібдену, марганцю, цинку, магнію, йоду, міді, заліза, сірки і т.д. [1, 5].

Заміна чи доповнення органічних добрив збродженим осадом є дуже корисним. Осад, порівняно з гноєм, містить більшу кількість фосфору й кальцію. Азот і фосфор в осаді знаходиться в рухомій формі, яка активно засвоюється рослинами. Дослідження, виконані на очисних спорудах міст Дніпропетровська, Запоріжжя, Нетішина, підтверджують можливість такого застосування (В.К.Хільчевський, В.Н.Савицький, К.О.Чоботько та

інші, 1997 рік). Але при цьому необхідна спеціальна підготовка осадів стічних вод з метою запобігання внесенню разом з ними значних кількостей патогенних мікробів, солей важких металів, а також чіткий контроль за їх вмістом на удобрюваних ділянках.

Оброблений з метою знезараження осад повинен зберігатись на спеціальних майданчиках з твердим покриттям у штабелях висотою 1,5-2 м і масою до 500 т. Осад, який використовується для удобрення, повинен містити: органічної речовини не менше 4,0%, азоту – 1,0%, фосфору – 0,6%, калію – 0,1%, зольність і вологість – не більше 6,0% на суху речовину.

Внесення ОСВ і компостів повинно проводитись за нормами, визначеними з урахуванням вмісту в них важких металів, але не частіше одного разу за ротацію 4-6-пільної сівозміни. Застосовувати ОСВ і компости можна лише на рівних ділянках, які не піддаються водній ерозії, із рівнем ґрунтових вод не вище 40 см. На меліорованих землях уздовж магістральних каналів потрібно залишати захисні смуги шириною не менше 30 м.

Для запобігання надходження токсичних речовин у рослини слід дотримуватись обмежень за частотою внесення, нормами та іншими умовами застосування ОСВ як безпосередньо добрива, так і у вигляді компостів. При цьому потрібно враховувати агротехнічні особливості тих культур, які формують врожай у листках або стеблах (силосні, овочеві культури і т.д.), де можливе найбільше нагромадження солей важких металів.

В основі регламентації вмісту важких металів в ОСВ лежать граничні допустимі концентрації металів у ґрунті. Максимальна разова норма внесення ОСВ визначається розрахунковим методом, виходячи з можливого надходження в ґрунт шкідливих домішок, які в них є. Принцип розрахунку полягає в тому, що після внесення ОСВ сумарний уміст елемента в ґрунті з врахуванням фонового вмісту в орному шарі не повинен перевищувати ГДК:

$$C_{\phi} + C_{\delta} \leq C_{ГДК}, \quad (1)$$

де  $C_{\phi}$  – фоновий вміст елементів в орному шарі ґрунту, мг/кг;  $C_{\delta}$  – додаткове надходження елемента в орний шар разом із ОСВ, мг/кг;  $C_{ГДК}$  – гранично допустима концентрація елемента в ґрунті, мг/кг.

Величина допустимого надходження в ґрунт того або іншого важкого металу  $P_{\text{доп.}}$  визначається за формулою:

$$P_{\text{доп.}} = (C_{\text{ГДК}} - C_{\text{ф}}) \cdot 3000, \quad (2)$$

де 3000 – вага орного шару ґрунту, т/га (у перерахунку на суху речовину).

В залежності від характеристики ґрунту величина допустимого внесення шкідливих домішок  $P_{\text{доп.}}$  зменшується множенням на понижуючий коефіцієнт  $K$ , який визначається за формулою:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який враховує вміст гумусу в ґрунті: якщо вміст гумусу < 1%, то  $K_1 = 0,6$ ; якщо вміст гумусу 1,1 - 2%, то  $K_1 = 0,8$ ; якщо вміст гумусу 2,1-3%, то  $K_1 = 0,9$ ; якщо вміст гумусу > 3%, то понижуючий коефіцієнт не вводиться;  $K_2$  – коефіцієнт, який враховує механічний склад ґрунту. Для піщаних і супіщаних ґрунтів він становить 0,7, для легко- і середньосуглинистих – 0,9;  $K_3$  – коефіцієнт, який враховує ступінь кислотності ґрунту. При рН ґрунту < 6,5 він становить 0,4, при рН 6,5 - 7 – 0,8, при рН 7,0 - 7,5 – 1.

Середня щорічна доза внесення ОСВ у ґрунт  $P_{\text{сер.}}$  розраховується за формулою:

$$P_{\text{сер.}} = \frac{P_{\text{заг}}}{T \cdot C_{\text{ОСВ}}}, \quad (4)$$

де  $T$  – максимальний загальний строк внесення ОСВ на одну і ту ж ділянку (10-50 років);  $C_{\text{ОСВ}}$  – концентрація важкого металу в ОСВ (кг/т сухої речовини).

Максимальна разова доза внесення ОСВ у ґрунт  $P_{\text{мах}}$  при частоті внесення один раз на 4-6 років становить  $4 P_{\text{сер.}}$  -  $6 P_{\text{сер.}}$  (т/га в рік сухої речовини).

Таблиця 1

Вміст важких металів в ОСВ МКОС і ґрунтах КСП “Надія” Луцького району Волинської області (за матеріалами підприємства “Облдержродючість”)

Категорія	Вміст важких металів, мг/кг сухої речовини									
	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	Co	Fe	Ni	Mn	Hg
Ґрунт	24,0	0,42	13,44	48,0	7,10	6,40	80,80	5,70	17,00	0,04
ОСВ	365,0	6,3	484,0	561,0	93,60	81,4	1262,0	13,0	273,0	0,55
ГДК	30,0	1,00	55,00	115,0	100,0	5,0*	3500,0	85,0	1500,0	2,10
Фон	12,0	0,20	15,10	31,30	386,0	2,40	42,00	12,1	254,0	0,01

\* – ГДК приведена не за валовим вмістом, а за вмістом рухомих форм

Осади стічних вод, що утворюються на Луцьких МКОС використовується як органічне добриво місцевими колективними сільськогосподарськими підприємствами, зокрема, в селах: Милуші, Прилуцьке, Ліпляни, Небіжка, Маяки, Жидичин, Зміїнець. Результати впливу ОСВ на екологічний стан ґрунтів показано в таблиці 1.

На основі аналізу даних табл. 1 можна виділити 3 аспекти екологічної безпеки використання ОСВ:

I. За співвідношенням категорій вмісту важких металів у ґрунті, ОСВ і граничнодопустимих концентрацій (за ймовірністю перевищення ГДК):

1. Концентрація важких металів в ґрунті і ОСВ менше ГДК: Cr (вміст в ОСВ в 13,2 рази більший, ніж в ґрунті), Fe (в 15 разів), Ni (в 2,3 рази), Mn (в 16,1 рази), Hg (в 13,8 рази).

2. Концентрація важких металів в ґрунті нижче ГДК, а в ОСВ – вище: Pb (вміст в ОСВ в 15,2 рази більший, ніж в ґрунті), Cd (в 15 разів), Zn (в 11,7 разів).

3. Концентрація важких металів і в ґрунті і в ОСВ вище ГДК: Cu (в 3,6 рази), Co (в 12,7 рази).

Для першої групи важких металів застосування ОСВ в якості органічного добрива не загрожує екологічному стану ґрунтів. Для другої групи – загрожує, і за рахунок значного розриву між ГДК і вмістом металу в ОСВ в близькій перспективі застосування ОСВ спричинить забруднення ґрунтів цими металами вище ГДК. Для третьої групи даний процес вже відбувся і вже не лише ОСВ, але і ґрунти забруднені міддю і кобальтом вище ГДК.

II. За співвідношенням категорій вмісту важких металів в ґрунтах фонових ландшафтів, де ОСВ не застосовувались, і в ОСВ за потенціалом небезпеки забруднення:

1. Група металів із невисоким потенціалом небезпеки забруднення (перевищення концентрації металу в ОСВ над концентрацією в ґрунтах фонових ділянок в 2 рази і менше): Ni (1,1 рази), Mn (1,1 рази), Cr (0,24 рази).

2. Група металів із високим потенціалом небезпеки (перевищення концентрації металу в ОСВ над концентрацією в ґрунтах фонових ділянок в 2-30 разів: Fe (28,9 рази), Zn (17,9 разів).

3. Група металів із дуже високим потенціалом небезпеки

забруднення (перевищення концентрації металу в ОСВ над концентрацією в ґрунтах фонових ділянок в 30 і більше разів): Pb, Cd, Cu, Co, Hg.

Хоч осади стічних вод використовуються для удобрення сільськогосподарських угідь порівняно не довго, але концентрація міді й кобальту в ґрунтах уже перевищує ГДК. Це ж саме можна прогнозувати на найближчу перспективу для свинцю й кадмію, а особливо для ртуті.

III. За співвідношенням вмісту важких металів у ґрунті сільськогосподарських угідь, на яких використовувались ОСВ, ґрунті фонових ділянок, де ОСВ ніколи не застосовувались (за ступенем відносного забруднення):

1. Метали, що містяться в ґрунтах сільськогосподарських угідь в концентрації меншій, ніж у ґрунтах фонових ділянок: Mn (концентрація в ґрунтах сільськогосподарських угідь становить 7%), Cr (18%) і Ni (47%).

2. Метали, концентрації яких в ґрунтах сільськогосподарських угідь перевищують фонові показники не більше, ніж у 2 рази: Zn (в 1,5 рази) і Fe (1,9 рази).

3. Метали, концентрації яких в ґрунтах сільськогосподарських угідь суттєво перевищують фонові показники ( $> 2$  разів): Pb (2,06 рази), Cd (2,1 рази), Cu (8,9 разів), Co (2,7 рази), Hg (в 4 рази).

Забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь металами третьої групи можна оцінити як таке, що вже відбулось. За цими показниками ґрунти, де використовувались ОСВ, суттєво забрудненіші, ніж ґрунти фонових ділянок.

Підсумовуючи, наведемо коефіцієнти кореляції, обчислені за даними табл.1: між вмістом важких металів в ґрунтах с/г угідь і ОСВ  $r = 0,91$  і між вмістом в ґрунтах с/г угідь і фонових ділянок  $r = 0,04$ . Отже, між хімічним складом ґрунтів і ОСВ існує зв'язок вищої щільності, ніж між складом змінених ґрунтів і природних за вмістом важких металів.

### **Висновки**

1. Оптимізацію роботи ОС м. Луцька рекомендується здійснювати за наступними напрямками: 1 - біотестування адекватного складу активного мулу; 2 - контроль за роботою локальних очисних споруд підприємств з метою недопущення скидів важких металів і їх сполук.

2. Економічна ефективність роботи очисних споруд суттєво підвищиться за умови введення в експлуатацію метантенків, вловлювання

біогазу, подальшого його спалювання або переробки з метою отримання електричної або теплової енергії.

3. Екологічна безпека використання ОСВ у якості добрив суттєво підвищиться за умови:

- недопущення скидів у міський каналізаційний колектор важких металів та їх солей;

- удосконалення технології очистки в напрямку повнішого вловлювання металів, факт забруднення якими сільськогосподарських угідь вже встановлений (Cu, Co, Pb, Cd);

- категоричного дотримання технології внесення ОСВ (термінів, об'ємів, врахування специфіки сільськогосподарських культур, їх поглинальної здатності до відповідних металів).

\* \*

*Исследованы возможности использования осадков сточных вод в качестве органического удобрения. Проведена экологическая оценка влияния загрязняющих веществ (тяжелых металлов), содержащихся в осадках на загрязнение почв сельскохозяйственных угодий. Предложены пути уменьшения их экологического влияния.*

\* \*

1. Канатиков В.А. Утилизация осадков сточных вод и бытовых отходов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1990. – № 10. – С. 23-25.
2. Кухарь В.П., Зайцев Н.Д., Сухоруков Г.А. Экотехнология. Оптимизация технологии производства и природопользования. – К.: Наук. думка, 1989. – 264 с.
3. Мольчак Я.А., Хвесик М.А. Экологизация водопользования в условиях реформирования экономики Украины. – Луцк: Вежа, 1995. – 460 с.
4. Мольчак Я.О., Фесюк В.О., Картава О.Ф. Луцк: сучасний екологічний стан та проблеми. – Луцк: РВВ ЛДТУ, 2003. – 488 с.
5. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. – К.: ВЦ “Київ. ун-т”, 1999 – 319 с.

*Луцький державний технічний університет*