

УДК 628.3-034

## ДИНАМІКА ВМІСТУ СВИНЦЮ І КОБАЛЬТУ В ОСАДІ СТІЧНИХ ВОД ЗА ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ ТА КОМПОСТУВАННЯ

*В. Лопушняк, к. с.-г. н.*

*Львівський національний аграрний університет*

*Г. Гришуляк, аспірант*

*Івано-Франківський коледж Львівського національного аграрного університету*

**Постановка проблеми.** Кількість міських стоків, а отже, осаду стічних вод щорічно зростає. На сьогодні лише у м. Івано-Франківську в мулових картах розміщено близько 250 тис. т осаду стічних вод (звіти очисних споруд) [1]. Водночас загострюється проблема, пов'язана з його економічно доцільною та екологічно безпечною утилізацією. В Україні перспективним способом утилізації осаду стічних вод є його використання як добрива. Проте вміст деяких важких металів в осаді стічних вод обмежує застосування останнього у сільськогосподарському виробництві.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Обсяги виробництва органічних добрив та їх застосування останніми роками різко знизилися, що призвело до від'ємного балансу гумусу в ґрунтах, погіршення їхньої родючості і зниження продуктивності землеробства [1]. Для стабілізації процесів гумусоутворення потрібно вносити щорічно понад 186 млн т органічних добрив [2]. Через відсутність розвиненої галузі тваринництва на сьогодні неможливо забезпечити землеробство необхідними обсягами традиційних органічних добрив. Це спонукає до пошуку нових видів удобрювальних ресурсів.

Осад стічних вод відзначається високим вмістом органічної речовини і поживних речовин, широким набором макро- і мікроелементів, а його внесення у ґрунт сприяє підвищенню вмісту гумусу, мінерального і нітратного азоту, рухомого фосфору, обмінного калію [3; 4]. Водночас одним із важливих критеріїв екологічної оцінки осаду стічних вод є вміст у ньому важких металів, що обмежує широке його використання як добрива у сільському господарстві [5; 6]. Враховуючи можливий негативний вплив важких металів, слід всесторонньо оцінити можливі наслідки внесення осаду стічних вод у ґрунт та визначити основні закономірності нагромадження поліютантів у ньому.

**Постановка завдання.** Мета нашого дослідження – визначити вміст свинцю і кобальту в осаді стічних вод за тривалого зберігання, а також вивчити динамічні зміни вмісту цих елементів під впливом компостування осаду стічних вод із нетоварною частиною врожаю сільськогосподарських культур.

**Виклад основного матеріалу.** Для встановлення закономірностей динаміки вмісту окремих важких металів в осаді стічних вод відбирали зразки з мулових карт різного терміну зберігання. Аналізи зразків проводили в лабораторії «Облдержродючість» м. Івано-Франківська, Науково-дослідній агрохімічній лабораторії кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії Львівського

національного аграрного університету та лабораторії Івано-Франківського коледжу ЛНАУ за загальноприйнятими методиками в агрохімії.

За вісім років зберігання в осаді стічних вод суттєво зростає концентрація важких металів, зокрема свинцю та кобальту відповідно на 4,01 і 1,43 мг/кг (табл. 1).

Ми відстежували тенденцію вмісту свинцю і кобальту в осаді стічних вод залежно від терміну його зберігання у мулових картах, описали динаміку цієї залежності рівнянням регресії та коефіцієнтом кореляції за допомогою методів математичної статистики [7].

Результати функцій визначали за статистичними характеристиками [8], взявши за середнє статистичне 2008 р. зберігання осаду стічних вод. Показники  $S^2$  вказують на розсіяння результатів відносно середнього. За отриманими даними,  $\gamma$  – коефіцієнт варіації – показує відхилення результатів від середнього значення у свинцю на 30,59 %, у кобальту дещо менший показник – 7,71 %.

За результатами розрахунку показників  $(N\omega^2)$  можна судити про наявність або відсутність нормального закону. Розрахункове значення критерію  $(N\omega^2)$  відрізняється між елементами свинцю і кобальту тільки на 0,04. Функції  $h$  і  $m$  – відповідно початкові та центральні моменти, допоміжні для визначення ступеня агрегації  $E$ . За ступенем агрегації можна вказувати розподіл результату на числовій прямій.

Таблиця 1  
Вміст свинцю та кобальту в осаді стічних вод м. Івано-Франківська за різних термінів зберігання, мг/кг

Показник	Рік закладання осаду стічних вод у мулові карти				
	2004 р.	2006 р.	2008 р.	2010 р.	2012 р.
Свинець	12,14	13,21	13,85	14,26	16,15
Кобальт	13,79	14,87	14,99	15,06	15,22

Коефіцієнти асиметрії  $as$  і ексцесу  $ex$  – це характеристики, за якими можна стверджувати про наявність чи відсутність нормального закону розподілу. Коефіцієнт кореляції  $r$  є показником зв'язку між коефіцієнтом критичності за похибки 0,05, тому якщо  $r > r_{кр}$ , при  $r_{кр} = 0,632$ , то отримані дані підпорядковуються нормальному закону розподілу (табл. 2).

Таблиця 2  
Порівняльний математичний аналіз вмісту важких металів Pb та Co в осаді стічних вод під час тривалого зберігання протягом 2004-2012 років

Функція	Pb, мг/кг	Co, мг/кг	Функція	Pb, мг/кг	Co, мг/кг
$N$	5	5	$m_2$	1,754	0,142
$\bar{x}$	13,922	14,791	$m_3$	-2685,66	2,72
$S^2$	18,141	1,32	$m_4$	-416,042	-59,322
$S$	4,2591	1,142	$As$	-1156,431	0,143
$\gamma, \%$	30,591	7,711	$Sas$	1,73	1,73

$E$	1,3029	0,881	$3Sas$	5,196	5,212
$h_1$	13,921	14,791	$Ex$	-135,31	2980,920
$h_2$	195,576	218,882	$Sex$	0,75	0,75
$h_3$	2782,357	3243,983	$5Sex$	3,75	3,75
$h_4$	39787,471	48129,192	$(N\omega^2)_p$	0,1078	0,1402
$m_1$	0	0	Коефіцієнт кореляції	0,9687	0,8446

Рівняння регресії (рис. 1) вказує на пряму залежність вмісту свинцю в осаді стічних вод від терміну зберігання в мулових картах. Ця залежність буде зростаючою.

Рівняння регресії, представлене на рис. 2, вказує на залежність вмісту кобальту в осаді стічних вод від терміну зберігання в мулових картах. Ця залежність також, як і попередня, є зростаючою. Вона підпорядковується нормальному закону розподілу, оскільки  $r = 0,8163 > r_{кр} = 0,632$  за похибки 0,05 або 0,770 за похибки 0,01.

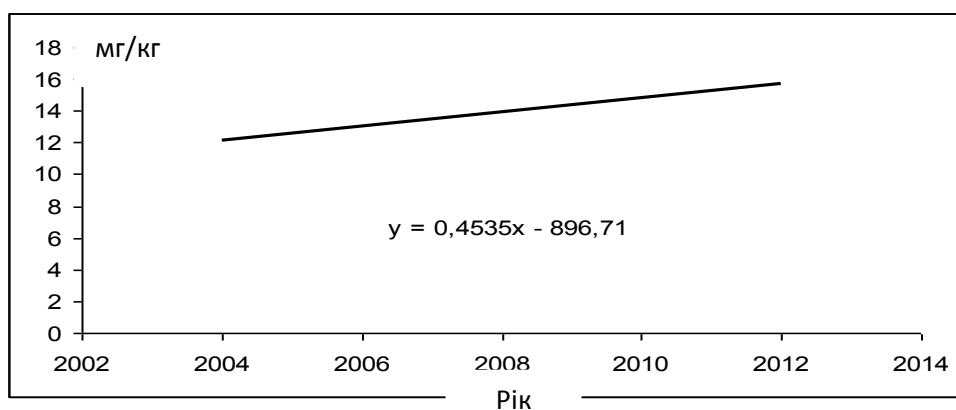


Рис. 1. Математична модель залежності вмісту свинцю в осаді стічних вод від терміну зберігання в мулових картах.

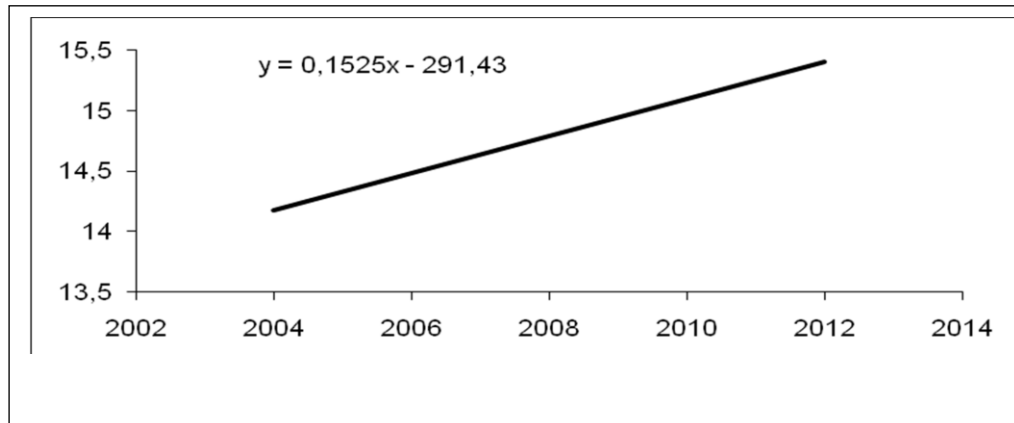


Рис. 2. Математична модель залежності вмісту кобальту в осаді стічних вод від терміну зберігання в мулових картах.

У сучасних умовах дієвим способом зниження вмісту важких металів в осаді стічних вод та його підготовки до використання як добрива можна вважати зневоднення на мулових картах із наступним компостуванням з різними органічними наповнювачами [2]. Цей метод може бути широко застосованим внаслідок простоти технології і відносно незначних ресурсних затрат.

Для визначення впливу компостування на вміст свинцю і кобальту у компості закладали компостні купи. Компости виготовляли на відкритих майданчиках і зберігали у буртах на колекційно-дослідному полі Івано-Франківського коледжу ЛНАУ.

Досліджували п'ять видів компостів: компост № 1 ОСВ + тирса (3:1) – 60 т/га; компост № 2 ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га; компост № 3 ОСВ + солома (3:1) – 40 т/га; компост № 4 ОСВ + солома (3:1) – 60 т/га; компост № 5 ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 % – 40 т/га. Компостування різних видів органічних відходів має свої особливості, тому для контролю якості вихідних компонентів, процесу компостування і встановлення поживної цінності компостів відібрано зразки компостних сумішей через 90 днів після закладання компостів.

У них з триразової повторності визначали вміст найбільш небезпечних важких металів, зокрема кобальту і свинцю. Хімічний склад компостів відзначався такими показниками (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст свинцю і кобальту в компостах,  
виготовлених на основі осаду стічних вод, мг/кг

Елемент	Компост 1	Компост 2	Компост 3	Компост 4	Компост 5
Свинець	13,5	11,6	12,8	13,1	12,8
Кобальт	14,1	13,2	13,7	13,9	13,8

Під час досліджень вміст важких металів у компостах суттєво зменшився і не перевищував гранично допустимі концентрації для Pb – 30,0 мг/кг і для Co – 50,0 мг/кг. Таким чином можна розрахувати, через скільки років вміст важких металів перевищуватиме гранично допустимі норми за внесення у ґрунт. Вміст

свинцю після триразового внесення (у нормі ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га) буде критичним. Якщо брати компости з більшим вмістом осаду стічних вод, то його внесення досягатиме гранично допустимих концентрацій вже після другого разу. Вміст кобальту перевищуватиме гранично допустимі норми вже після другого разу внесення компосту у нормі ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га.

Отже, компостування осаду стічних вод з органічними і мінеральними наповнювачами дає змогу отримати в результаті добрива високої якості. Біохімічні процеси розкладу і трансформації органічної речовини спостерігали в усіх закладених буртах. Після закінчення процесу компостування отримані компости на основі осадів стічних вод із додаванням тирси становили собою розсипчасту пухку масу, що не мала неприємного запаху, а в компості з використанням соломи спостерігали не повністю розкладені частки соломи.

**Висновки.** Після обробки експериментальних даних отримали лінійну залежність вмісту важких металів, а саме кобальту і свинцю, від терміну зберігання осаду стічних вод у мулових картах. Математична модель рівняння регресії підпорядковується нормальному закону розподілу.

Компости на основі осаду стічних вод відзначаються істотно меншим вмістом важких металів. За результатами досліджень, найменшим вмістом свинцю і кобальту відзначався компост під номером № 2 ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га. Отже, осад стічних вод, компостований таким чином, найдоцільніше використовувати як добриво. Виготовлення компостів є найбільш екологічно безпечним та економічно вигідним методом утилізації осаду стічних вод.

#### **Бібліографічний список**

1. Балюк С.А. Управління ґрунтово-земельними ресурсами – державну підтримку / С.А.Балюк, В.В.Медведєв, М.М.Мірошніченко // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 4. – С. 10-12.
2. Дишлюк В.С. Мікроелементний склад та використання осаду стічних вод міських очисних сполук як органо-мінеральних добрив / В.С.Дишлюк // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – К. : Аграрна наука, 2000. – № 1-2. – С. 61-62.
3. Лопушняк В. Екологічні аспекти застосування осаду стічних вод під вербу енергетичну на дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття / В.Лопушняк, Г.Грицуляк // Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. – 2012. – №16. – С. 19-25.
4. Якимова Т.С. Химический состав осадков городских сточных вод и их влияние на плодородие светло-серой лесной почвы / Т.С.Якимова, Л.Н.Михайлов // Агрехимический вестник. – 2012. – №5. – С. 46-48.
6. Михайлов Л. Н. Научные основы применения осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Л.Н.Михайлов, И.В.Путажкин, М.П.Марковская. – Самара : Кн. изд-во, 1998. – 160 с.
6. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод / А.З.Евилевич, М.А.Евилевич. – Л. : Стройиздат, 1988. – 248 с.
7. Сіренко О.Г. Моделі розподілу особин на пробних площах: Статистичні характеристики. Кореляційний та регресійний аналізи / О.Г.Сіренко, О.В.Кузишин, Л.Я.Мідак // Вісник Прикарпат. ун-ту ім. Василя Стефаника : біологія. – Івано-Франківськ, 2008. – Вип. 11. – С. 76-88.

8. Марченко В.В. Виробництво і використання компостів при вирощуванні польових культур / В.В.Марченко, В.Г.Опалько // Агроном. – 2007. – № 4. – С. 124-127.

**Лопушняк В., Грицуляк Г. Динаміка вмісту свинцю і кобальту в осаді стічних вод за тривалого зберігання та компостування**

Осад стічних вод відзначається високим вмістом органічної речовини і поживних речовин, широким набором макро- і мікроелементів, а його внесення у ґрунт сприяє підвищенню вмісту гумусу, мінерального і нітратного азоту, рухомого фосфору, обмінного калію.

Водночас одним із важливих критеріїв екологічної оцінки осаду стічних вод як добрива є вміст у ньому важких металів, що обмежує широке використання осаду стічних вод як добрива у сільському господарстві. Враховуючи можливий негативний вплив важких металів, слід всесторонньо оцінити можливі наслідки внесення осаду стічних вод у ґрунт та визначити основні закономірності нагромадження поллютантів у ньому.

**Ключові слова:** осад стічних вод, добрива, важкі метали, статистичні показники.

**Lopushnyak V., Hrytsulyak G. Dynamics of content of heavy metals in sod podsolic soil under the act of fertilizer of willow power by sediment of flow waters**

Sewage sludge is characterized by a high content of organic matter and nutrients, a wide range of macro-and micronutrients, and its introduction into the soil promotes humus content, mineral and nitrate nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium. However, one of the important criteria for environmental assessment of sewage sludge as fertilizer is the content of heavy metals, which limits the widespread use of sewage sludge as fertilizer in agriculture. Given the potential negative impacts on soil heavy metals should comprehensively assess the possible effects of sewage sludge into the soil and to identify the main patterns of accumulation of pollutants in it.

**Key words:** sewage sludge, sediment of effluents, fertilizer, heavy metals, statistical indexes.

**Лопушняк В., Грицуляк Г. Динамика содержания свинца и кобальта в осадке сточных вод при длительном хранении и компостировании**

Осадок сточных вод характеризуется высоким содержанием органического вещества и питательных веществ, широким спектром макро- и микроэлементов, а его внесение в почву способствует повышению содержания гумуса, минерального и нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия. В то же время одним из важных критериев экологической оценки осадка сточных вод в качестве удобрений является содержание тяжелых металлов, что ограничивает широкое использование осадка сточных вод в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Учитывая потенциальные негативные воздействия тяжелых металлов на почву, целесообразно всесторонне оценить возможные последствия внесения осадка сточных вод в почву и определить основные закономерности накопления загрязняющих веществ в нем.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, удобрения, тяжелые металлы, статистические показатели.