

## **ДИНАМІКА ВМІСТУ ЗАЛІЗА І МАНГАНУ В ОСАДІ СТІЧНИХ ВОД ЗА ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ ТА КОПОСТУВАННЯ**

**В. І. Лопушняк**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
Львівський національний аграрний університет

**Г. М. Грицуляк**, кандидат сільськогосподарських наук  
Івано-Франківський коледж Львівського національного аграрного  
університету

*Перспективним шляхом поповнення запасів органічної речовини у ґрунтах є застосування осаду стічних вод як добрива. Проте уміст деяких металів у ньому обмежує застосування в сільськогосподарському виробництві.*

*У статті визначено зміну вмісту заліза і мангану в осаді стічних вод, залежно від терміну його зберігання у мулових картах, описано динаміку цієї залежності рівняннями регресії. Найбільшим вмістом заліза і мангану відзначався компост, виготовлений на основі осаду стічних вод і тирси (3 : 1).*

**Ключові слова:** осад стічних вод, хімічний склад, добрива, мікроелементи.

**Постановка проблеми.** В Україні кількість міських стоків, а відтак й осаду стічних вод постійно зростає. Лише у м. Івано-Франківську на сьогодні в мулових картах розміщено близько 250 тис. т осаду стічних вод. Водночас загострюється проблема, пов'язана з його економічно доцільним і екологічно безпечним використанням. Перспективним шляхом утилізації осаду стічних вод є його застосування під сільськогосподарські культури як добрива. Проте уміст деяких важких металів обмежує його застосування в сільськогосподарському виробництві.

**Аналіз актуальних досліджень.** Обсяги виробництва органічних добрив і 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, 3]. Через відсутність розвиненої галузі тваринництва на сьогодні неможливо забезпечити землеробство необхідни-

ми обсягами традиційних органічних добрив. Це спонукає до пошуку нових видів удобрювальних ресурсів.

Осад стічних вод відзначається високим вмістом гумусових сполук, мінеральних форм азоту, рухомих сполук фосфору і обмінних калію, а його внесення у ґрунт сприяє підвищенню вмісту макро- і мікроелементів (Fe, Mn) [4, 5].

Манган та його сполуки беруть активну участь в окисно-відновних та обмінних процесах в ґрунтах. Він є важливим біогенним елементом, вкрай необхідним для нормальної життєдіяльності майже усіх біосистем. Концентрація різних форм мангану в ґрунті пов'язана з перебігом процесів споживання рослинами та мікроорганізмами, вимивання в суміжні середовища та забруднення «техногенними» сполуками мангану [6, 11].

Залізо – мікроелемент, який засвоюється рослинами у найбільшій кількості, тому його іноді відносять до макроелементів. Проте за фізіологічними функціями він належить до типових мікроелементів. Залізо відіграє провідну роль серед усіх металів, що є в рослинах. Це доводить те, що цей елемент міститься в тканинах рослин у більших кількостях, ніж інші метали. На засвоєння заліза рослинами впливає багато чинників, зокрема, кислотність ґрунту, концентрація деяких катіонів, які дуже сповільнюють процеси його поглинання, наприклад мідь. Інтенсивному засвоєнню заліза перешкоджає концентрація важких металів – Ni, Mo, Zn, Co тощо. Залізо бере участь у важливих фізіологічних процесах в рослинах [7].

Водночас, одним із важливих критеріїв екологічної оцінки осаду стічних вод як добрива є вміст у ньому хімічних елементів небезпечних для живого організму, що обмежує його широке використання як добрива у сільському господарстві [6, 7, 11]. Враховуючи доцільність застосування осаду стічних вод як добрива, важливо оцінити вміст у ньому металів, зокрема заліза та мангану, та всесторонньо оцінити основні закономірності нагромадження мікроелементів.

**Мета статті.** З цією метою було проведено дослідження з вивчення вмісту заліза і мангану в осаді стічних вод за тривалого зберігання, а також динамічні зміни вмісту цих елементів під впливом компостування осаду стічних вод із нетоварною

частиною врожаю сільськогосподарських культур та іншим органічним матеріалом.

**Виклад основного матеріалу.** Для встановлення закономірностей динаміки вмісту окремих мікроелементів у осаді стічних вод ми відібрали зразки із мулових карт, у яких зберігається осад стічних вод на території станції аерації КП «Івано-Франківськводоекотехпром» впродовж різних років. Відібрані проби аналізували в лабораторії Івано-Франківської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів» за загальноприйнятими методиками: залізо – згідно ГОСТ 27395 – 87; манган – за ГОСТ 10145 – 88.

Результати досліджень показали, що за вісім років зберігання в осаді стічних вод суттєво зростає концентрація мікроелементів, зокрема заліза та мангану відповідно на 12,0 і 12,3 мг/кг (табл. 1).

Таблиця 1

**Вміст заліза та мангану в осаді стічних вод м. Івано-Франківська за різних термінів тривалості зберігання, мг/кг**

| Показник | Рік закладання осаду стічних вод у мулові карти |         |         |         |         |
|----------|---|---------|---------|---------|---------|
|          | 2004 р.   | 2006 р. | 2008 р. | 2010 р. | 2012 р. |
| Залізо   | 43,7  | 37,8    | 34,6    | 32,5    | 31,7    |
| Манган   | 17,2  | 10,0    | 7,0     | 5,0     | 4,9     |

Отримані дані вказують, що вміст заліза і мангану в кілька разів перевищують вміст гранично допустимих їх концентрацій у ґрунті.

Тенденцію вмісту заліза і мангану в осаді стічних вод залежно від терміну його зберігання у мулових картах можна описати за допомогою методів математичної статистики [10]. Порівняльний математичний аналіз цієї залежності вказує на суттєві зміни показників зміни вмісту заліза і мангану в осаді стічних вод (табл. 2).

Результати функцій вираховувалися за статистичними характеристиками [8], взявши за середнє статистичне 2008 рік зберігання осаду стічних вод. Показники  $S^2$  вказують розсіяння результатів відносно середнього. За отриманими даними,  $\gamma$  – коефіцієнт варіації показує відхилення результатів від середнього значення для заліза на 13,7%, у мангану дещо більший показник – 58,05%.

Таблиця 2

**Порівняльний математичний аналіз металів Fe та Mn в осаді стічних вод, який зберігається впродовж 2004 – 2012 років**

| Функція        | Fe, мг/кг | Mn, мг/кг | Функція                     | Fe, мг/кг | Mn, мг/кг |
|----------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|
| N              | 5         | 5         | m2                          | 19,0424   | 20,98     |
| $\bar{x}$      | 36,06     | 8,82      | m3                          | 64,018    | -661,1    |
| S <sup>2</sup> | 24,406    | 26,22     | m4                          | 789,8     | 3498,013  |
| S              | 4,94024   | 5,12      | As                          | 0,7704    | -6,88     |
| $\gamma$ , %   | 13,7      | 58,05     | Sas                         | 0,707     | 0,707     |
| E              | 0,6768    | 2,973     | 3Sas                        | 2,121     | 2,121     |
| h1             | 36,06     | 8,82      | Ex                          | -0,8219   | 4,947     |
| h2             | 1319,366  | 98,77     | Sex                         | 0,75      | 0,75      |
| h3             | 49013,692 | 1266,22   | 5Sex                        | 3,75      | 3,75      |
| h4             | 1849431,8 | 20224,756 | (N $\omega$ <sup>2</sup> )p | 1,566     | 1,702     |
| m1             | 0         | 0         | Коефіцієнт кореляції        | -0,9496   | -0,9140   |

За результатами розрахунку показників (N $\omega$ <sup>2</sup>) можна судити про наявність або відсутність нормального закону. Розрахункове значення критерію (N $\omega$ <sup>2</sup>) відрізняється між елементами заліза і мангану тільки на 0,035 цілих. 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.

Коефіцієнти асиметрії as і ексцесу ex – це характеристики, за якими можна оцінити наявність чи відсутність нормального закону розподілу.

Коефіцієнт кореляції 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.

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

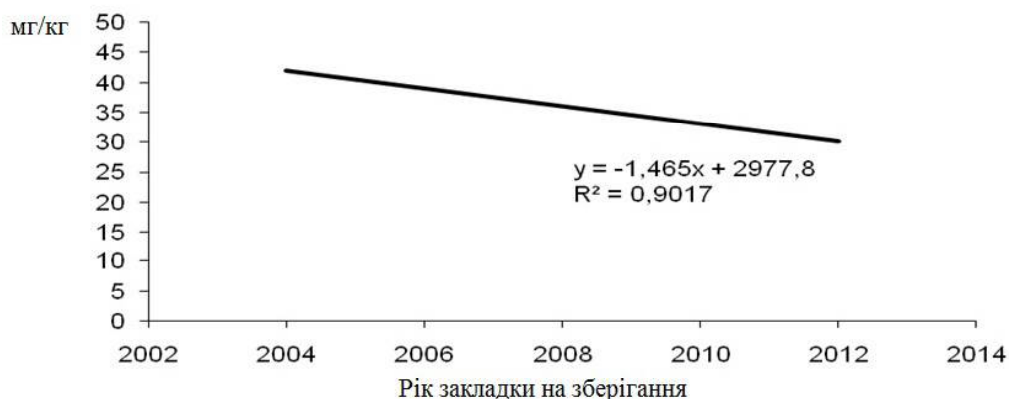


Рис. 1. Математична модель залежності вмісту заліза в осаді стічних вод від терміну зберігання в мулових картах

Рівняння регресії, представлене на рис. 2, вказує на залежність показника вмісту мангану в осаді стічних вод від терміну зберігання в мулових картах. Ця залежність також, як і попередня, була спадною.

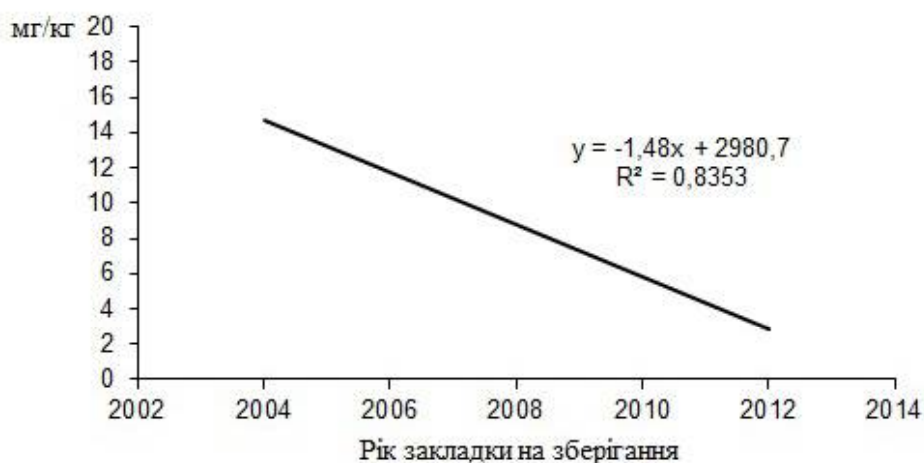


Рис. 2. Математична модель залежності вмісту мангану в осаді стічних вод від терміну зберігання в мулових картах.

У сучасних умовах ефективним способом підготовки осаду стічних вод до використання в якості добрив у сільському господарстві можна вважати зневоднення на мулових картах із наступним компостуванням з різними органічними наповнювачами [3]. Цей метод може бути широко застосованим внаслідок простоти технології і відносно незначних капітальних затрат.

У наших дослідженнях для використання осаду стічних вод як добрива під вербу енергетичну виготовляли компости на від-

критих площадках і зберігали у буртах на колекційно-дослідному полі Івано-Франківського коледжу ЛНАУ. Виготовляли 3 види компостів: компост № 1 ОСВ + тирса (3:1); компост № 2 ОСВ + солома (3:1); компост № 3 ОСВ + солома (3:1) + цементний пил.

Компостування різних видів органічних відходів має свої особливості, тому для контролю якості вихідних компонентів, процесу компостування і встановлення поживної цінності компостів було взято аналіз зразків компостних сумішей через 90 днів після закладки компостів.

З метою оцінки якісних змін вмісту мікроелементів у цих компостах, у відібраних зразках у 3-разовій повторності, серед інших мікроелементів і важких металів, визначали залізо і манган (табл. 3).

Хімічний склад компостів відзначався такими показниками (табл. 3).

Таблиця 3

**Вміст заліза і мангану в компостах, виготовлених на основі осаду стічних вод, проміле**

| Елемент | Компост 1 | Компост 2 | Компост 3 |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| Залізо  | 25,6      | 22,5      | 24,8      |
| Манган  | 98        | 94        | 95        |

Під час досліджень вміст заліза і мангану в компостах суттєво зменшився. Таким чином, компостування осаду стічних вод з органічними і мінеральними наповнювачами дає можливість 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 осаду стічних вод з додаванням тирси являли собою розсипчасту пухку масу, що не мала неприємного запаху, а в компості з використанням соломи простежувалися неповністю розкладені частки соломи.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Вміст заліза і мангану залежить від терміну зберігання осаду стічних вод. Від збільшення терміну зберігання їх вміст зростає. Таку залежність можна описати лінійною залежністю вмісту заліза

і мангану від терміну зберігання осаду стічних вод у мулових картах. Математична модель рівняння регресії підпорядковується нормальному закону розподілу.

За компостування осаду стічних вод з різними органічними матеріалами (тирсою і соломою) вміст заліза і мангану суттєво знижується, що дозволяє застосовувати компост без екологічних ризиків для навколишнього середовища.

За результатами досліджень, найбільшим вмістом заліза і мангану відзначався компост, виготовлений на основі осаду стічних вод і тирси (3 : 1), у якому вміст заліза і мангану становив понад 25 і 98 проміле відповідно.

Список використаних джерел:

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. Є. Мікроелементний склад та використання осаду стічних вод міських очисних сполук як органо-мінеральних добрив / В. Є. 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 : серія агрономія. – № 16. – 2012. – 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. – № 5. – 2012. – С. 46-48.
5. 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. Чмиленко Ф. О. Визначення рухливих форм мангану в ґрунтових витяжках з використанням ультразвуку на стадії пробо підготовки / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смітюк // Наук. Вісник Ужгород. Ун.-ту (сер. Хімія). – 2013. – №1 (29). – С. 34-39.
7. Евилевич А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилевич, М. А. Евилевич. – Л. : Стройиздат, 1988. – 248 с.
8. Марченко В. В. Виробництво і використання компостів при вирощуванні польових культур / В. В. Марченко, В. Г. Опалько // Агроном. – 2007. – № 4. – С. 124-127.
9. Ахназарова С. Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – М. : Высш. шк., 1978. – 320 с.
10. Сіренко О. Г. Моделі розподілу особин на пробних площах: 3. Статистичні характеристики. Кореляційний та регресійний аналізи / О. Г. Сіренко, О. В. Кузишин, Л. Я. Мідак // Вісник Прикарп. ун-ту ім. Василя Стефаника. Сер. Біологія. – Івано-Франківськ : Гостинець; Видавець Третяк І. Я., 2008. – Вип. XI. – С. 76-88.
11. Towers W. Sewage sludge recycling to agricultural land: the environmental scientist's perspective / W. Towers, P. Home. – Manag. : Water and Environ, 1997. – Vol. 11. – № 2. – P. 126-132

**В. И. Лопушняк, Г. М. Грицуляк. Динамика содержания железа и марганца в осадке сточных вод при длительном хранении и компостировании.**

Перспективным путем пополнения запасов органического вещества в почвах является применение осадка сточных вод как удобрения. Однако содержание некоторых металлов в нем ограничивает применение в сельскохозяйственном производстве. В статье определено изменение содержания железа и марганца в осадке сточных вод в зависимости от срока его хранения в иловых картах, описана динамика этой зависимости уравнениями регрессии. Наибольшим содержанием железа и марганца отмечался компост, изготовленный на основе осадка сточных вод и опилок (3 : 1).

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, химический состав, удобрения, микроэлементы.

**V. Lopushnyak, G. Hrytsulyak. Dynamics of iron and manganese content in sewage sludge for long term storage and composting.**

The results of studying the influence of adding nitrogen fertilizers and different seeding rates during seeding of plants of modern winter wheat sorts on the formation of harvest structure indexes and realization of seeding productivity potential are given. It is stated that the most rational for winter wheat of different sorts is dose  $N_{90}$  and rate of 5 million agricultural seeds/ha, which helps the effective improvement of harvest structure indexes. From the results of held research it was discovered that there is significant influence of weather conditions on expressing sort reaction of winter wheat plants in formation of the main elements of its productivity.

**Keywords:** winter wheat, sort, yield, nitrogen fertilizers, seeding rate.