

УДК 631.461:631.8

ЕКОЛОГО-МІКРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ОЧИСНИХ СПОРУД М. ОДЕСИ

В. Є. Дишлюк¹, Н. В. Пиляк², Л. Л. Лобан²

¹Національна академія аграрних наук України
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9; м. Київ, 01010, Україна; e-mail: dishlyuk@naas.gov.ua

²Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН
Маяцька дорога, 26; смт. Хлібодарське, Біляївський р-н, Одеська обл., 67667, Україна

Мета. Дослідити чисельність мікроорганізмів — представників різних еколого-трофічних груп у механічно зневоднених та природно знезаражених осадах стічних вод (ОСВ) станції біологічної очистки (СБО) «Північна» та «Південна» м. Одеси для з'ясування їх придатності за мікробіологічними показниками для використання як добрив у землеробстві.

Методи. Мікробіологічні, статистичні. **Результати.** Встановлено, що в ОСВ СБО «Південна» та «Північна» м. Одеси активно розвиваються бактерії, які засвоюють органічні та мінеральні сполуки азоту, фосфатмобілізувальні мікроорганізми, що пояснюється наявністю відповідних трофічних субстратів. За чисельністю амоніфікаторів, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні сполуки фосфору та бактерій, здатних до гідролізу ортофосфатів, спорових мікроорганізмів відходи поступають традиційному органічному добриву — гною. На основі отриманих даних, розрахунків коефіцієнтів мінералізації-імобілізації та індексу оліготрофності визначено функціональну спрямованість мікробіологічних процесів у досліджуваних субстратах. Параметри коефіцієнтів мінералізації-імобілізації (0,04–0,2) в ОСВ свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини. Індекс оліготрофності (показника забезпеченості субстратів легкозасвоюваними поживними речовинами) демонструє незначний вміст доступних для мікроорганізмів поживних речовин в ОСВ з СБО «Північна» ($IO = 1,0$) і високу забезпеченість елементами живлення ОСВ з СБО «Південна» ($IO = 0,1$). Загалом за мікробіологічними показниками досліджені ОСВ придатні для використання як удобрювальні субстрати в землеробстві. **Висновки.** За врахування отриманих даних та беручи до уваги результати попередніх досліджень щодо відповідності ОСВ санітарним нормам, можна вважати, що застосування ОСВ як добрив матиме позитивний вплив на функціонування агроценозів.

Ключові слова: осади стічних вод, еколого-трофічні групи мікроорганізмів, коефіцієнт мінералізації-імобілізації, оліготрофність, фосфатмобілізувальні мікроорганізми.

Вступ. У системі заходів для підвищення родючості ґрунтів і врожайності сільськогосподарських культур найважливіше місце відводиться органічним добривам. Це пов'язано з тим, що вони не тільки збагачують ґрунт усіма елементами живлення, а й поліпшують його властивості. Основне значення органічних добрив полягає в збагаченні ґрунту органічними сполуками, які здатні в процесі гуміфікації трансформуватися в гумус. За внесення добрив у ґрунт зростають запаси поживних речовин (макро- і мікроелементів), знижується кислотність, підви-

щується вміст увібраних основ, поглинальна здатність і буферність. Органічні добрива містять біологічно активні речовини, необхідні для росту та розвитку рослин і мікроорганізмів, які здійснюють постійний біосинтез і мінералізацію органічної речовини. Ґрунт збагачується мікроорганізмами, яким належить вирішальна роль у формуванні його родючості [1–2]. Проте у випадку застосування необґрунтованих агрозаходів (внесення підвищених доз промислових туків, застосування надмірних обробітків ґрунту, водних меліорацій тощо) можливі зміни в

складі угруповань мікроорганізмів, що може змінювати біологічні показники ґрунту у негативний бік [3]. Це зумовлює необхідність проведення відповідних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо, за станом розвитку мікроорганізмів і співвідношення їх чисельності та інших показників можна судити про еколого-біологічний стан ґрунту [4–6].

Важливими діагностичними показниками екологічної прийнятності органогенних відходів як добрив у сільському господарстві є еколого-мікробіологічні показники (чисельність мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп, специфіка функціональної спрямованості мікробіоти тощо), які дають можливість прогнозувати вплив добрив, у т. ч. й органогенних відходів на екологічний стан ґрунтів, розроблення за потреби упереджувальних заходів відповідно до екологічної ситуації та ін. Такий підхід до застосування вищезазначених еколого-мікробіологічних показників для оцінки якості органогенних відходів як добрив використано у дослідженнях низки авторів [7–9].

Висвітлення результатів досліджень з оцінки безпеки для довкілля і якості осадів стічних вод (ОСВ) станцій біологічної очистки (СБО) «Північна» і «Південна» м. Одеси як добрива нами започатковано в попередній статті [10]. Встановлено, що дані ОСВ характеризуються низкою позитивних агрохімічних ознак, задовільними санітарно-бактеріологічними показниками, у них не встановлено фітотоксичності щодо рослин. Для остаточного обґрунтування доцільності застосування даних ОСВ у землеробстві і встановлення безпечності їх як добрив потрібні додаткові дослідження за комплексом мікробіологічних показників. Сучасна інформація з цих питань щодо ОСВ СБО «Північна» і «Південна» м. Одеси відсутня.

Мета досліджень. Вивчення чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів та спрямованості мікробіологічних процесів в ОСВ СБО «Північна» і «Південна» м. Одеси для отримання еколого-мікробіологічної оцінки ОСВ і встановлення доцільності застосування їх на добриво.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом дослідження слугували репрезентативні зразки ОСВ після 3-річного збері-

гання на мулових майданчиках станцій біологічної очистки «Північна» та «Південна» м. Одеси. У 2015–2016 рр. зразки ОСВ з вищезазначених станцій біологічної очистки досліджували у відділі промислової мікробіології Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН за загальноприйнятими в мікробіології методами [11–13]. Для вивчення чисельності окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів застосовували чашковий метод посіву із серійних розведень суспензії на елективні живильні середовища. Досліджували чисельність бактерій, що засвоюють мінеральні сполуки азоту, і стрептоміцетів на крохмало-аміачному агарі (КАА) [12], чисельність бактерій, що засвоюють органічні сполуки азоту, — на м'ясопептонному агарі (МПА) [12], фосфатмобілізувальних бактерій — на середовищі Муромцева при внесенні ортофосфату або гліцерофосфату [11; 13]. Визначення чисельності спорових форм мікроорганізмів проводили на МПА + сусло-агар (СА) [12]; оліготрофів — на голодному агарі (ГА) [12]. Для визначення специфіки функціональної спрямованості мікробіоти в ОСВ визначали параметри коефіцієнтів мінералізації-імобілізації азоту в субстратах (відношення кількості мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральний азот до кількості мікроорганізмів, що утилізують органічний азот) та індексу оліготрофності (відношення кількості оліготрофів до кількості амоніфікаторів та нітріфікаторів) [4]. Як позитивний контроль використовували показники, отримані при дослідженні ідентичних показників у гної ВРХ (традиційне органічне добриво).

Результати досліджень. За результатами досліджень визначено параметри чисельності представників різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів. Так, чисельність мікроорганізмів, які засвоюють переважно органічні сполуки азоту, є значною в гної ВРХ (782 млн КУО / г сух. субстрату) та ОСВ з СБО «Південна» (745 млн КУО / г сух. субстрату). ОСВ з СБО «Північна» характеризуються меншими показниками (в 3,7 рази), ніж у традиційному органічному добриві (209 млн КУО / г сух. субстрату). Це пояснюється вищим вмістом у гної ВРХ та ОСВ з СБО «Південна» органічної речовини (табл. 1).

Таблиця 1. Чисельність мікроорганізмів, які засвоюють різні форми азоту в органічних субстратах різного походження, млн КУО / г сухого субстрату

Субстрати	Мікроорганізми		Коефіцієнт мінералізації-імобілізації
	на МПА	на КАА	
ОСВ з СБО «Південна»	745,3 ± 3,2	28,5 ± 2,3	0,04
ОСВ з СБО «Північна»	209,1 ± 2,8	47,2 ± 2,2	0,20
Гній ВРХ	782,0 ± 3,5	64,8 ± 3,8	0,08

Досліджувані субстрати характеризуються низькою активністю мікроорганізмів, здатних асимілювати переважно мінеральний азот. В осадах стічних вод СБО «Північна» чисельність представників даної групи мікроорганізмів становить 47 млн КУО / г сух. субстрату, в ОСВ з СБО «Південна» — 28 млн КУО / г сух. субстрату. Найбільшу кількість цих мікроорганізмів виявлено в гної ВРХ (64 млн КУО / г сух. субстрату) (табл. 1).

До мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, належать також стрептоміцети. Ця група мікроорганізмів є важливою частиною ґрунтових мікробоценозів. Стрептоміцети розкладають рослинні і тваринні рештки у ґрунті, беруть участь як в утворенні гумусу, так і його мінералізації. Як свідчать одержані результати, найвищу чисельність стрептоміцетів виявлено в осадах стічних вод СБО «Північна» (68 млн КУО / г сух. субстрату) і СБО «Південна» (57 млн КУО / г сух. субстрату). Значно менша чисельність цих мікроорганізмів (31 млн КУО / г сух. субстрату) у гної ВРХ. Отже, можна припустити, що за застосування ОСВ на добрива за відповідних умов можливе поліпшення у ґрунті процесів гумусоутворення. У процесі визначення чисельності спорових мікроорганізмів встановлено, що ОСВ з СБО «Південна» і ОСВ з СБО «Північна» характеризуються значно меншими показниками вмісту мікроорганізмів даної еколого-трофічної групи (відповідно в 2,6 і 2,5 рази), ніж у традиційному органічному добриві (табл. 2).

У зразках ОСВ СБО «Південна» чисельність бактерій, здатних до мобілізації переважно орґанофосфатів, значно вища за кількість мікроорганізмів, які розчиняють мінеральні сполуки фосфору. Це можна пояснити наявністю в органічних сполуках ОСВ СБО «Південна» фосфатних груп, що

зумовлює розвиток мікробіоти, здатної до трансформації орґанофосфатів. В ОСВ СБО «Північна» та підстилковому гної ВРХ (варіант порівняння) спостерігається значна кількість представників обох досліджуваних груп фосфатмобілізаторів, що можна пояснити більшим вмістом у них як органічних, так і мінеральних сполук фосфору [10].

Таблиця 2. Чисельність стрептоміцетів та спорових мікроорганізмів в органічних субстратах різного походження, млн КУО / г сухого субстрату

Субстрати	Стрептоміцети	Спорові
ОСВ з СБО «Південна»	57,0 ± 3,0	139,6 ± 5,3
ОСВ з СБО «Північна»	68,7 ± 4,0	142,2 ± 5,6
Гній ВРХ	31,4 ± 2,8	356,5 ± 5,8

Таблиця 3. Чисельність фосфатмобілізуювальних бактерій в органічних субстратах різного походження, млн КУО / г сухого субстрату

Субстрати	Чисельність мікроорганізмів, що гідролізують орґанофосфати	Чисельність мікроорганізмів, що розчиняють мінеральні сполуки фосфору
ОСВ з СБО «Південна»	84,9 ± 6,5	23,2 ± 3,4
ОСВ з СБО «Північна»	91,3 ± 6,6	130,6 ± 5,8
Гній ВРХ	118,1 ± 4,9	146,8 ± 7,2

На основі отриманих даних та розрахунків коефіцієнтів мінералізації-імобілізації, а також індексу оліготрофності (табл. 4) нами визначено функціональну спрямованість мі-

кробіологічних процесів у досліджуваних субстратах. Параметри коефіцієнтів мінералізації-імобілізації (0,04–0,2) свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини у всіх варіантах досліду (табл. 1). Імобілізація азоту виникає внаслідок бурхливого розвитку мікроорганізмів, які засвоюють мінеральний азот і трансформують його в органічні сполуки цитоплазми. Стосовно індексу оліготрофності (показника забезпеченості ґрунту легкозасвоюваними поживними речовинами), то даний показник вказує на незначне зниження вмісту поживних речовин у ОСВ з СБО «Північна» (ІО = 1,0), решта субстратів характеризується високою забезпеченістю елементами живлення (ІО = 0,08–0,1) (табл. 4). Це свідчить, що застосування нетрадиційних органічних добрив не порушить функціональної структури мікробного ценозу ґрунту.

Таблиця 4. Чисельність оліготрофів та індекс оліготрофності в органічних субстратах різного походження

Субстрати	Чисельність оліготрофів, млн КУО / г сух. субстрату	Індекс оліготрофності (ІО)
ОСВ з СБО «Південна»	114,3 ± 0,6	0,10
ОСВ з СБО «Північна»	271,5 ± 0,3	1,00
Гній ВРХ	72,4 ± 0,9	0,08

Висновки. ОСВ СБО «Південна» та «Північна» м. Одеси сприяють розвитку мікроорганізмів, які засвоюють органічні та мінеральні сполуки азоту, стрептоміцетів, фосфатмобілізуювальних та спорових бактерій. Водночас за чисельністю амоніфікаторів, фосфатмобілізуювальних та спорових мікроорганізмів ці відходи поступаються традиційному органічному добриву. В процесі визначення функціональної спрямованості мікробіологічних процесів досліджувані субстрати характеризуються високою забезпеченістю елементами живлення, параметри коефіцієнтів мінералізації-імобілізації свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини. Аналізуючи отримані дані та беручи до уваги результати наших попередніх досліджень щодо відповід-

ності ОСВ санітарним нормам [10], можна вважати, що застосування ОСВ як добрив матиме позитивний вплив на функціонування агроценозів.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Господаренко Г. М. Агрохімія. К. : СІК ГРУП Україна. 2018. 560 с.
2. Заварзин Г. А. Лекции по природоведческой микробиологии. М. : Наука, 2003. 347 с.
3. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / Патики В. П., Тихонович І. А., Філіп'єв І. Д. та ін.; за ред. В. П. Патики. К. : Урожай, 1993. 176 с.
4. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. В., Валагурова О. В., Козирицька В. Є., Пономаренко С. П. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К. : Обереги, 2001. 240 с.
5. Симочко Л. Ю., Симочко В. В., Бігарій І. Й. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агробіоценозів при застосуванні різних агрозаходів. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2010. № 28. С. 47–51.
6. Шерстобоева Е. В., Чабанюк Я. В., Федак Л. І. Биоиндикация экологического состояния почв. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. Вип. 7. С. 48–56.
7. Тертична О. В., Герман В. В., Марченко О. О., Яценко С. В., Мінералов О. Н. Використання мікробіологічних показників для оцінки ґрунту, стічної води та відходів птахівничого комплексу. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2009. Вип. 9. С. 142–146.
8. Тертична О. В., Герман В. В., Яценко С. В., Мінералов О. Н. Мікробіологічна оцінка ґрунту, стічної води та відходів у зоні розташування птахівничого комплексу. *XII з'їзд тов. мікробіологів України (Ужгород, 25–30 травня 2009 р.)* : тези доп. Ужгород, 2009. С. 136.
9. Дишлюк В. Є. Мікробіологічна характеристика осадів стічних вод м. Києва та оцінка екологічної придатності їх для використання в землеробстві. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2016. Вип. 23. С. 10–16.
10. Дишлюк В. Є., Пиляк Н. В., Лобан Л. Л. Агроекологічна характеристика та оцінка придатності осадів стічних вод очисних споруд м. Одеси на добриво. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2017. Вип. 26. С. 55–62.
11. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін.; за ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2010. 464 с.
12. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Перверзева Г. И. Практикум по микробиологии. Москва: Колос, 1979. 215 с.

Отримано 12.09.2018

UDC 631.461:631.8

ECOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF SEWAGE SLUDGE OF WASTE TREATMENT PLANTS IN THE CITY OF ODESA

V. Ye. Dyshliuk¹, N. V. Pyliak², L. L. Loban²

¹National Academy of Agrarian Science of Ukraine, Kyiv
e-mail: dishlyuk@naas.gov.ua

²Engineering and Technology Institute “Biotekhnika”, NAAS, Khllybodarske urban-type settlement

Objective. Investigate the number of microorganisms – representatives of various ecological trophic groups in mechanically dewatered and naturally disinfected sewage sludge (SS) of the biological sewage treatment plants (BSTP) “Pivnichna” and “Pivdenna” of the City of Odesa to determine their suitability for microbiological parameters for use as fertilizers in agriculture.

Methods. Microbiological, statistical. **Results.** It was established that SS of BSTP “Pivdenna” and “Pivnichna” in the City of Odesa, bacteria that consume organic and mineral nitrogen compounds, phosphate-mobilizing microorganisms, are actively developing, due to the presence of the corresponding trophic substrates. By the number of ammonifiers, microorganisms that consume mineral compounds of phosphorus and bacteria capable of hydrolyzing the organophosphates, spore microorganisms, the waste is inferior to traditional organic manure — animal manure. The functional orientation of microbiological processes in the studied substrates is determined on the basis of the obtained data, calculations of the mineralization-immobilization factors and the oligotrophic index. The parameters of the mineralization-immobilization factors (0.04–0.2) in the SS indicate the predominance of synthesis processes over the destruction of organic matter. The oligotrophic index (an indicator of the supply of substrates with easily digestible nutrients) shows insignificant content of nutrients available for microorganisms in SS from BSTP “Pivnichna” (OI = 1.0) and a high level of supply with nutrients of SS from BSTP “Pivdenna” (OI = 0.1). In general, according to microbiological parameters, investigated SS are suitable for use as fertilizing substrates in agriculture. **Conclusion.** Taking into account the obtained data and taking into account the results of previous studies on the compliance of SS with sanitary regulations, it can be considered that the use of SS as fertilizers will have a positive effect on the functioning of agroecosystems.

Key words: sewage sludge, ecological trophic groups of microorganisms, mineralization-immobilization factor, oligotrophy, phosphate-mobilizing microorganisms.

REFERENCES

1. Gospodarenko, G. M. (2018). *Agrokhimija* [Agrochemistry]. Kyiv: SIK GRUP Ukraïna [in Ukrainian].

2. Zavarzin, G. A. (2003). *Leksii po prirodovedcheskoy mikrobiologii* [Lectures on natural microbiology]. Moskva: Nauka [in Ukrainian].

3. Patyka, V. P. (Ed.). (1993). *Mikroorganizmy i al'ternatyvne zemlerobstvo* [Microorganisms and alternative agriculture]. Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].

4. Andrejuk, K. I., Iutyn's'ka, G. O., Antypchuk, A. V., Valagurova, O. V., Kozyryc'ka, V. Je.,

& Ponomarenko, S. P. (2001). *Funkcionuvannja mikrobnih cenziv g'runtu v umovah antropogennogo navantazhennja* [Operation of microbial soil cenosis in conditions of anthropogenic loading]. Kyiv: Oberegy [in Ukrainian].

5. Symochko, L. Ju., Symochko, V. V., & Bigarij, I. J. (2010). *Sprjamovanist' mikrobiologichnyh procesiv u g'runti agrobiocenziv pry zastosuvanni riznyh agrozahodiv* [Direction of microbiological processes in the soil of agrobiocenoses in the application of various agro measures]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seria Biologia*, 28, 47–51 [in Ukrainian].

6. Sherstoboeva, E. V., Chabanjuk, Ya. V., & Fedak, L. I. (2008). Bioindikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya pochv [Bioindication of soil ecological consistence]. *Silskogospodarska mikrobiologia — Agricultural Microbiology*, 7, 48–56 [in Ukrainian].
7. Tertichna, O. V., German, V. V., Marchenko, O. O., Yaschenko, S. V., & Mineralov, O. A. (2009). Vykorystannya mikrobiologichnyh pokaznykiv dlja ocinky g'runtu, stichnoi' vody ta vidhodiv ptahivnychogo kompleksu [Using of microbiological indicies for estimation of the state of soil, sewages and wastes of poultry farming complex]. *Silskogospodarska mikrobiologia — Agricultural Microbiology*, 9, 147–150 [in Ukrainian].
8. Tertichna, O. V., German, V. V., Jashhenko, S. V., & Mineralov, O. N. (2009, May). Mikrobiologichna ocinka g'runtu, stichnoi' vody ta vidhodiv u zoni roztashuvannya ptahivnychogo kompleksu [Microbiological assessment of soil, sewage and waste in the poultry complex location zone]. *Proceeding of the XII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine* (pp. 136), Uzhgorod [in Ukrainian].
9. Dyshliuk, V. Y. (2016). Mikrobiologichna harakterystyka osadiv stichnyh vod m. Kyjeva ta ocinka ekologichnoi' prydatnosti i'h dlja vykorystannya v zemlerobstvi [Microbiological characteristics of sewage sludge of municipal wastewater treatment plants and assessment of their environmental fitness for use in farming]. *Silskogospodarska mikrobiologia — Agricultural Microbiology*, 23, 10–16 [in Ukrainian].
10. Dyshliuk, V. Y., Pyliak, N. V., & Loban, L. L. (2017). Agroekologichna harakterystyka ta ocinka prydatnosti osadiv stichnyh vod ochysnyh sporud m. Odesy na dobryvo [Agroecological characteristics and evaluation of eligibility of sewage sludge from treatment facilities of the city of Odesa for fertilization]. *Silskogospodarska mikrobiologia — Agricultural Microbiology*, 26, 55–62 [in Ukrainian].
11. Volkogon, V. V. (Ed.). (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiologiya: monografiya* [Experimental soil microbiology: monograph]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
12. Tepper, E. Z., & Shil'nikova, V. K. (1979). *Praktikum po mikrobiologii* [Microbiology Manual]. Moskva: Kolos [in Russian].
13. *Metodicheskie ukazaniya po vydeleniyu mikroorganizmov, rastvoryayushchikh trudnodostupnye mineral'nye i organicheskie soedineniya fosfora* [Guidelines for the isolation of microorganisms that dissolve hard-to-reach mineral and organic phosphorus compounds]. Leningrad: VNIISKhM. 1981.

Received 12.09.2018