

12. Asim Kumar Roy Choudhury. (2014). Principles of Colour and Appearance Measurement. Object Appearance, *Colour Perception and Instrumental Measurement*, 1–52 [in English].
13. Zhou, B., Elazab, A. & Bort, J. et al. (2015). Low-cost assessment of wheat resistance to yellow rust through conventional RGB images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116, 20–29 [in English].
14. Vicente, R., Vergara-Díaz, O. & Kerfal, S. et al. (2018). Identification of traits associated with barley yield performance using contrasting nitrogen fertilizations and genotypes. *Plant Science. Available online*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.10.002> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 19.05.2020

УДК 631.461.631.8

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211531>

## ЕКОЛОГО-МІКРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НОВИХ БІОДОБРИВ НА ОСНОВІ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ОЧИСНИХ СПОРУД М. ОДЕСА

Н.В. Пиляк<sup>1</sup>, В.І. Крутякова<sup>1</sup>, В.Є. Дишлюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААНУ  
(смт Хлібодарське, Біляївський р-н, Одеська обл., Україна)

e-mail: [nceb2017@gmail.com](mailto:nceb2017@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5074-4011

e-mail: [valentyna.krutyakova@gmail.com](mailto:valentyna.krutyakova@gmail.com); ORCID: 0000-0002-6578-952X

<sup>2</sup> Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського» (м. Харків, Україна)

e-mail: [dyshlyuk\\_ve@ukr.net](mailto:dyshlyuk_ve@ukr.net); ORCID: 0000-0003-3499-3736

Представлено результати досліджень чисельності мікроорганізмів — представників різних еколого-трофічних груп у нових біодобривах на основі осадів стічних вод (далі — ОСВ) станцій біологічної очистки (СБО) «Північна» та «Південна» м. Одеса для з'ясування їх придатності за мікробіологічними показниками для використання як добрив у землеробстві. Встановлено, що в нових біодобривах на основі ОСВ СБО «Північна» та «Південна» м. Одеса активно розвиваються мікроорганізми-амоніфікатори і бактерії, які утилізують мінеральний азот. Разом із тим, у нових біодобривах відмічено посилений розвиток представників інших груп мікроорганізмів, таких як стрептоміцети та споріві мікроорганізми, які оптимізують мінеральне живлення рослин. Параметри коефіцієнта мінералізації—імобілізації (0,0009–0,01) свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини у всіх варіантах дослідів. Індекс оліготрофності (ІО) (показник забезпеченості нових біодобрив легкозасвоюваними поживними речовинами) вказує на високу їх забезпеченість елементами живлення (ІО = 0,0009–0,1). Це свідчить про те, що нові біодобрива на основі осадів стічних вод, придатні за мікробіологічними показниками для використання їх в землеробстві. За отриманими даними, які характеризують переваги нових добрив — активний розвиток мікроорганізмів різної специфічності дії, специфіки функціональної спрямованості мікробіоти можна прогнозувати, що застосування біодобрив на основі осадів стічних вод матиме позитивний вплив на функціонування агроценозів.

**Ключові слова:** агроценози, нетрадиційне органічне добриво, станції біологічної очистки, компостування, мікробне угруповання, сільськогосподарське виробництво.

### ВСТУП

Для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур необхідно створити сприятливі умови в ґрунті для росту

та розвитку рослин, що можливо при застосуванні органічних та мінеральних добрив. Органічні добрива покращують фізико-хімічні, хімічні та біологічні властивості ґрунту: підвищується вбирна здатність, буферність ґрунту, вміст гумусу, в результаті

чого поліпшується його структура, а також водно-повітряний та тепловий режими та ін. [1–7].

В останні десятиліття виникла проблема оптимізації фосфорного живлення рослин через недостатнє застосування фосфорних мінеральних добрив та скорочення обсягів їх виробництва і зниження застосування органічних добрив в зв'язку із знищенням галузі тваринництва. Така ситуація спонукає до пошуку нових видів місцевих удобрювальних ресурсів та розроблення ефективних заходів підвищення в них доступності сполук фосфору для рослин. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми може бути біоконверсія органічних відходів (зокрема, осадів стічних вод (ОСВ) міських очисних споруд) і в результаті цього отримання доступної органічної сировини (нові біоорганічні добрива на основі ОСВ) за участю фосфатмобілізувальних мікроорганізмів [8–13]. Однак нині ще залишається не вивченим питання щодо мікробіологічної оцінки компостування осадів стічних вод із органічними наповнювачами в частині забезпечення керуваності процесів компостування та формування оптимальних умов для домінування інтродукованих мікроорганізмів. Вивчення агрохімічних і мікробіологічних особливостей цих процесів дасть змогу змінити підходи до компостування та створення нових біоорганічних добрив, які можуть мати різний функціональний напрям. Зокрема, можливе утворення компостів (нових біодобрив) із підвищеним вмістом у них розчинних сполук фосфору.

Також, для екологічної прийнятності біодобрив на основі органічних відходів, як добрив у сільському господарстві, важливими діагностичними показниками є наявність та чисельність мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп, специфіка функціональної спрямованості мікробіоти тощо, які дають змогу прогнозувати вплив даних добрив на екологічний стан ґрунтів, розроблення за потреби упереджувальних заходів відповідно до екологічної ситуації.

Мета досліджень — дослідити чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів та закономірності функціонування мікробіоценозів у біодобривах на основі осадів стічних вод станцій біологічної очистки (СБО) м. Одеса для встановлення доцільності застосування їх на добриво.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Як відомо, всі біохімічні процеси в ґрунтах, що зумовлюють родючість, залежать від розвитку та активності мікроорганізмів, які, своєю чергою, лімітує органічна речовина. Тому, питання забезпечення ґрунтів органічною речовиною є одним із найважливіших у землеробстві. Потужним чинником надходження органічної речовини в ґрунти є гній, але через відсутність розвиненої галузі тваринництва, виробництво гною поступово звелось нанівець, тому компости (біоорганічні добрива) на основі осадів стічних вод міських очисних споруд можуть бути альтернативою традиційним органічним добривам. Однак для вирішення цього питання потрібно, окрім відпрацювання технології компостування, також дослідження мікробіологічних аспектів компостування осадів стічних вод.

У дослідженнях, проведених нами раніше, встановлено, що ОСВ СБО м. Одеса характеризуються рядом позитивних агрономічних ознак: задовільними санітарно-мікробіологічними показниками, відсутністю фітотоксичності щодо вищих рослин і можуть бути використані для створення на їх основі компостів для застосування в сільському господарстві [13]. Інформація щодо мікробіологічного аналізу компостування осаду стічних вод ОСВ СБО «Південна» і «Північна» м. Одеса відсутня.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження слугували нові біоорганічні добрива на основі ОСВ за участю фосфатмобілізувальних мікроорганізмів та без їх участі. Лабораторний модельний дослід, присвячений відпрацю-

ванню елементів технології компостування ОСВ станцій біологічної очистки «Північна» та «Південна» м. Одеса (після 3-річного зберігання на мулових майданчиках) із наповнювачами (солома пшениці озимої та лушпиння насіння соняшнику) з метою отримання нових біодобрив, проводили в пластикових контейнерах, які містили по 5 кг ОСВ, 5 кг — органічного наповнювача та бактеріальної суспензії фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів — 10% від об'єму субстрату. В компостах досліджували чисельність мікроорганізмів — представників різних еколого-трофічних груп за умов бактеризації субстратів мікроорганізмами з фосфатмобілізуювальними властивостями, які було виділено із осадів стічних вод станцій біологічної очистки «Північна» та «Південна» м. Одеса. В компостах підтримували вологість субстратів на рівні 70% та перемішували субстрат один раз у два тижні. Зразки цих субстратів досліджували у відділі промислової мікробіології Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААНУ за загальноприйнятими мікробіологічними методами [14–16]. Застосовували метод посіву розведених суспензій у відповідних розбавленнях на селективні поживні середовища. Досліджували чисельність бактерій, що засвоюють мінеральні сполуки азоту і для стрептоміцетів — на крохмало-аміачному агарі (КАА) [15]; чисельність бактерій, що засвоюють органічні сполуки азоту, — на м'ясо-пептонному агарі (МПА) [15]; мікроскопічні гриби — на середовищі Сабуро [15]. Визначення чисельності спорових форм мікроорганізмів проводили на МПА + сусло-агар (СА) [15]; оліготрофів — на голодному агарі (ГА) [15]. Для визначення специфіки функціональної спрямованості мікробіоти встановлено параметри коефіцієнтів мінералізації–імобілізації азоту в субстратах (відношення кількості мікроорганізмів, які споживають мінеральний азот до кількості мікроорганізмів, що утилізують органічний азот) [16] та індексу оліготрофності (відношення кількості оліготрофів до кількості амоніфікаторів та нітрифікаторів) [16].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами мікробіологічних досліджень встановлено, що компостування осаду стічних вод СБО «Південна» за участі фосфатмобілізуювальних бактерій має істотний вплив на чисельність мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп. Інокулювання позитивно позначилося на чисельності окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у компостах. Так, за час досліджень зростала чисельність амоніфікуювальних мікроорганізмів (табл. 1), тоді як кількість бактерій, які засвоюють мінеральний азот (табл. 2), збільшувалася повільніше, що пояснюється наявністю в компостах на основі ОСВ із рослинними наповнювачами за участі фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів додаткової органічної речовини і невеликим вмістом мінеральних сполук азоту.

До складу мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, також відносяться стрептоміцети. Стрептоміцети складають важливу частину ґрунтових мікробіоценозів. Вони беруть участь у розкладанні рослинних і тваринних решток у ґрунті, а також в утворенні гумусу, його мінералізації. Як свідчать одержані результати, найвища чисельність стрептоміцетів наявна в біодобривах на основі осадів стічних вод СБО «Південна» (табл. 3). Отже, можна припустити, що при застосуванні цих біодобрив у сільському господарстві можливе поліпшення у ґрунті процесів гумусоутворення.

Дослідження чисельності спорових показали, що біодобрива на основі осадів стічних вод сприятливі для розвитку цієї групи мікроорганізмів, оскільки в їх складі є необхідні вуглецеві субстрати та зв'язані сполуки азоту. Найбільша кількість мікроорганізмів цієї групи — в ОСВ СБО «Південна» (табл. 4).

Визначення в компостах чисельності мікроскопічних грибів (під впливом інтродукованих мікроорганізмів та без них) демонструє, що впродовж 90 діб їхні показники істотно не відрізнялися за варіантами. Водночас слід відмітити тенденцію до незначного збільшення чисельності

Таблиця 1. Динаміка розвитку мікроорганізмів у субстратах, що засвоюють різні форми азоту та коефіцієнт мінералізації – іммобілізації трьох місяців компостування

Субстрати	Чисельність мікроорганізмів, які засвоюють сполуки азоту (млн КУО/г сухого субстрату)		Коефіцієнт мінералізації – іммобілізації
	Органічні	Мінеральні	
<b>СБО «Південна»</b>			
Перший місяць компостування			
ОСВ	342,0±1,2	0,82±1,2	0,002
ОСВ + солома	495, ±2,1	1,59±4,5	0,003
ОСВ + солома + штамп № 1	440,0±3,6	1,15±1,2	0,002
ОСВ + солома + штамп № 2	337,0±7,8	1,31±2,9	0,003
ОСВ + лушпиння	411,0±6,6	0,85±1,4	0,002
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	466,0±3,0	0,90±2,1	0,001
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	458, ±7,2	0,82±2,6	0,001
Другий місяць компостування			
ОСВ	837,0±7,5	0,82±1,6	0,0009
ОСВ + солома	1264±4,9	4,11±6,4	0,003
ОСВ + солома + штамп № 1	1800,0±5,5	3,36±6,2	0,001
ОСВ + солома + штамп № 2	1836,0±8,0	4,48±1,3	0,002
ОСВ + лушпиння	1414,0±4,9	2,00±6,3	0,001
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	1845,0±3,8	1,19±6,8	0,0006
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	1690,0±6,7	1,15±3,5	0,0006
Третій місяць компостування			
ОСВ	17,0±0,0	0,19±1,4	0,01
ОСВ + солома	37,0±2,6	1,45±1,5	0,04
ОСВ + солома + штамп № 1	64,0±4,1	2,00±2,2	0,03
ОСВ + солома + штамп № 2	93,0±6,6	2,41±1,8	0,02
ОСВ + лушпиння	16,0±2,0	0,47±2,0	0,03
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	42,0±2,3	1,23±6,9	0,02
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	25,0±3,2	1,22±1,2	0,05
<b>СБО «Північна»</b>			
Перший місяць компостування			
ОСВ	64,0±2,3	1,86±2,0	0,02
ОСВ + солома	98,0±4,3	3,11±1,9	0,03
ОСВ + солома + штамп № 1	187,0±5,9	2,09±6,1	0,01
ОСВ + солома + штамп № 2	261,0±3,7	3,06±2,0	0,01
ОСВ + лушпиння	64,0±2,3	2,33±1,1	0,03
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	241,0±5,3	2,79±7,8	0,01
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	233,0±1,5	2,62±6,1	0,01
Другий місяць компостування			
ОСВ	500,0±1,7	1,32±6,1	0,002
ОСВ + солома	1780,0±6,3	1,64±3,6	0,0009

Закінчення табл. 1

Субстрати	Чисельність мікроорганізмів, які засвоюють сполуки азоту (млн КУО/г сухого субстрату)		Коефіцієнт мінералізації–імобілізації
	Органічні	Мінеральні	
ОСВ + солома + штамп № 1	6350,0±6,8	2,42±4,7	0,0004
ОСВ + солома + штамп № 2	4810,0±2,9	3,25±7,9	0,0006
ОСВ + лушпиння	3000,0±2,0	2,38±3,7	0,0008
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	3400,0±5,8	3,86±5,5	0,001
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	3920,0±3,7	3,00±7,8	0,0007
Третій місяць компостування			
ОСВ	36,8±6,2	0,34±1,9	0,009
ОСВ + солома	98,6±1,9	0,64±5,0	0,006
ОСВ + солома + штамп № 1	134,8±7,9	1,67±6,8	0,01
ОСВ + солома + штамп № 2	112,7±5,9	1,23±6,3	0,01
ОСВ + лушпиння	85,5±1,5	0,73±5,6	0,008
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	102,0±3,5	0,83±2,9	0,008
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	105,9±7,3	1,03±6,3	0,009

Таблиця 2. Динаміка розвитку стрептоміцетів у субстратах трьох місяців компостування

Субстрати	Чисельність стрептоміцетів	
	СБО «Південна»	СБО «Північна»
	10 <sup>4</sup> КУО/г с. с.	10 <sup>4</sup> КУО/г с. с.
Перший місяць компостування		
ОСВ	3,0±1,1	7,0±0,3
ОСВ + солома	4,0±0,0	11,0±1,4
ОСВ + солома + штамп № 1	4,0±1,0	19,0±1,5
ОСВ + солома + штамп № 2	3,0±0,6	22,0±2,3
ОСВ + лушпиння	19,0±1,3	23,0±0,8
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	29,0±2,1	52,0±2,4
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	28,0±1,5	44,0±2,0
Другий місяць компостування		
ОСВ	21,0±0,7	13,0±1,0
ОСВ + солома	264,0±6,5	12,0±1,0
ОСВ + солома + штамп № 1	116,0±1,3	12,0±1,0
ОСВ + солома + штамп № 2	240,0±6,7	13,0±0,6
ОСВ + лушпиння	95,0±6,8	10,0±1,7
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	87,0±2,9	5,0±0,6
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	78,0±0,6	8,0±1,5

Субстрати	Чисельність стрептоміцетів	
	СБО «Південна»	СБО «Північна»
	10 <sup>4</sup> КУО/Г с. с.	10 <sup>4</sup> КУО/Г с. с.
Третій місяць компостування		
ОСВ	3,0±0,0	8,5±1,9
ОСВ + солома	16,0±1,0	10,7±1,5
ОСВ + солома + штамп № 1	19,0±3,9	17,0±0,0
ОСВ + солома + штамп № 2	12,0±2,3	11,3±2,4
ОСВ + лушпиння	16,0±0,6	14,7±1,5
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	38,0±1,3	11,3±1,5
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	33,0±1,0	15,8±3,4

Таблиця 3. Динаміка розвитку спорових мікроорганізмів у субстратах трьох місяців компостування

Субстрати	Чисельність спорових мікроорганізмів	
	СБО «Південна»	СБО «Північна»
	10 <sup>4</sup> КУО/Г с. с.	10 <sup>4</sup> КУО/Г с. с.
Перший місяць компостування		
ОСВ	529,0±2,9	33,0±1,5
ОСВ + солома	729,0±6,9	207,0±1,7
ОСВ + солома + штамп № 1	809,0±3,1	456,0±6,4
ОСВ + солома + штамп № 2	673,0±6,4	337,0±6,5
ОСВ + лушпиння	699,0±3,9	194,0±5,8
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	739,0±4,3	560,0±5,6
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	833,0±7,2	575,0±6,9
Другий місяць компостування		
ОСВ	377,0±2,6	4,0±0,6
ОСВ + солома	686,0±7,8	25,0±4,7
ОСВ + солома + штамп № 1	826,0±6,3	51,0±2,3
ОСВ + солома + штамп № 2	854,0±1,4	64,0±3,7
ОСВ + лушпиння	714,0±7,9	23,0±1,0
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	671,0±8,0	102,0±2,5
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	681,0±8,1	84,0±0,6
Третій місяць компостування		
ОСВ	16,0±0,6	10,2±3,9

Субстрати	Чисельність спорових мікроорганізмів	
	СБО «Південна»	СБО «Північна»
	10 <sup>4</sup> КУО/г с. с.	10 <sup>4</sup> КУО/г с. с.
ОСВ + солома	17,0±0,0	168,8±6,3
ОСВ + солома + штамп № 1	68,0±2,2	325,2±6,4
ОСВ + солома + штамп № 2	73,0±2,9	420,6±6,7
ОСВ + лушпиння	21,0±0,6	253,3±5,3
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	27,0±2,0	362,6±6,8
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	26,0±1,0	328,6±8,8

Таблиця 4. Динаміка розвитку мікроміцетів у субстратах трьох місяців компостування

Субстрати	Чисельність мікроміцетів	
	СБО «Південна»	СБО «Північна»
	10 <sup>3</sup> КУО/г с. с.	10 <sup>3</sup> КУО/г с. с.
Перший місяць компостування		
ОСВ	11,0±1,0	10,0±2,4
ОСВ + солома	9,0±1,2	13,0±2,4
ОСВ + солома + штамп № 1	15,0±1,0	32,0±1,1
ОСВ + солома + штамп № 2	13,0±1,0	30,0±2,0
ОСВ + лушпиння	7,0±0,0	10,0±1,1
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	13,0±1,5	13,0±2,4
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	11,0±1,4	14,0±1,1
Другий місяць компостування		
ОСВ	2,0±0,0	13,0±1,0
ОСВ + солома	3,0±0,6	12,0±1,0
ОСВ + солома + штамп № 1	8,0±0,6	12,0±1,3
ОСВ + солома + штамп № 2	11,0±1,3	13,0±0,7
ОСВ + лушпиння	10,0±0,0	11,0±2,0
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	8,0±1,6	5,0±0,7
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	12,0±1,3	8,0±1,5
Третій місяць компостування		
ОСВ	2,0±0,0	3,9±0,5
ОСВ + солома	4,0±1,0	10,7±1,1
ОСВ + солома + штамп № 1	8,0±0,0	8,5±1,7
ОСВ + солома + штамп № 2	4,0±0,6	8,5±0,9
ОСВ + лушпиння	5,0±0,0	5,6±0,5
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	9,0±1,0	11,3±2,3
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	6,0±0,6	10,7±1,1

мікроміцетів у добривах на основі ОСВ СБО «Північна» за умов інокулювання селекціонованими фосфатмобілізувальними бактеріями (табл. 5).

Чисельність оліготрофної мікрофлори була незначною (табл. 5), що вказує на достатню кількість поживних речовин, які необхідні для життєдіяльності мікробіоценозу, оскільки оліготрофна мікрофлора

інтенсивно розвивається в збіднених субстратах, що зумовлено їх трофічною специфічністю та відсутністю конкуренції.

На основі отриманих даних за допомогою коефіцієнтів мінералізації–іммобілізації, а також індексу оліготрофності було визначено функціональну спрямованість мікробіологічних процесів у досліджуванних субстратах. Параметри коефіцієнта мі-

Таблиця 5. Чисельність оліготрофів та індекс оліготрофності (ІО) в субстратах трьох місяців компостування

Субстрати	Чисельність оліготрофів та індекс оліготрофності (ІО)			
	СБО «Південна»		СБО «Північна»	
	млн КУО/г с. с.	ІО	млн КУО/г с. с.	ІО
Перший місяць компостування				
ОСВ	3,5±1,6	0,01	2,3±2,0	0,03
ОСВ + солома	3,4±1,3	0,006	1,2±1,3	0,01
ОСВ + солома + штамп № 1	4,3±2,0	0,009	3,7±1,3	0,01
ОСВ + солома + штамп № 2	4,4±2,3	0,01	3,0±1,0	0,01
ОСВ + лушпиння	4,6±1,7	0,01	1,1±1,8	0,02
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	5,8±4,0	0,01	1,5±2,1	0,006
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	5,1±4,4	0,01	1,5±1,3	0,006
Другий місяць компостування				
ОСВ	1,4±1,0	0,001	2,6±3,9	0,005
ОСВ + солома	5,7±6,1	0,004	3,6±2,9	0,002
ОСВ + солома + штамп № 1	7,3±4,3	0,004	8,8±3,3	0,001
ОСВ + солома + штамп № 2	8,0±2,3	0,004	7,6±6,7	0,001
ОСВ + лушпиння	0,9±2,3	0,0006	2,8±1,6	0,0009
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	1,6±1,6	0,0008	3,8±1,8	0,001
ОСВ + лушпиння+ штамп № 2	1,3±0,6	0,0007	6,9±6,0	0,001
Третій місяць компостування				
ОСВ	1,7±1,1	0,09	2,8±2,3	0,07
ОСВ + солома	1,7±0,0	0,04	3,0±1,3	0,03
ОСВ + солома + штамп № 1	6,8±2,0	0,1	7,3±3,1	0,05
ОСВ + солома + штамп № 2	7,4±3,1	0,07	7,5±3,2	0,06
ОСВ + лушпиння	2,1±0,6	0,1	3,5±1,1	0,04
ОСВ + лушпиння + штамп № 1	2,6±2,3	0,06	4,2±2,0	0,04
ОСВ + лушпиння + штамп № 2	2,5±1,0	0,09	5,0±1,1	0,04



нералізації–імобілізації (0,0009–0,004) свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини у всіх варіантах досліджу (див. табл. 1). Імобілізація азоту виникає внаслідок бурхливого розвитку мікроорганізмів, які споживають азот і переводять його в білок цитоплазми. Біологічно закріплений азот не втрачається з ґрунту. Після відмирання мікроорганізмів білкові речовини мінералізуються і перетворюються в аміак. Стосовно індексу оліготрофності (показника забезпеченості нових біодобрив легкозасвоюваними поживними речовинами), то цей показник вказує на високу забезпеченість їх елементами живлення (ІО = 0,0009–0,07) (див. табл. 5). Це свідчить про те, що використання нових біодобрив на основі осадів стічних вод не порушить функціональну структуру мікробного ценозу ґрунту, мікроорганізми не будуть споживати поживні речовини із запасів ґрунтового гумусу, а це, своєю чергою, призведе до збільшення родючості ґрунту та врожайності сільськогосподарських культур.

## ВИСНОВКИ

Отже, біодобрива на основі осадів стічних вод станцій біологічної очистки «Південна» та «Північна» м. Одеса за участю мікроорганізмів із фосфатмобілізуючими властивостями, прийнятні для розвитку мікроорганізмів, які споживають органічні та мінеральні сполуки азоту, стрептоміцетів та споривих мікроорганізмів. Індекс оліготрофності (ІО) (показник забезпеченості нових біодобрив легкозасвоюваними поживними речовинами), вказує на високу їх забезпеченість елементами живлення (ІО = 0,0009–0,07), параметри коефіцієнта мінералізації–імобілізації свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини. Можна прогнозувати, що при застосуванні добрив на основі ОСВ можливе сприяння процесам гумусоутворення, що, своєю чергою, забезпечить підвищення родючості ґрунту та врожайності сільськогосподарських культур. Спираючись на отримані результати, наступні дослідження доцільно спрямувати на визначення ефективності застосування біодобрив на основі осадів стічних вод у сільському господарстві.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ковалев Н.Г. Современные проблемы производства и использования органических удобрений. *Вестник ВНИИ МЖ*. 2013. № 2(10). С. 82–101.
2. Скрильник Є., Гетманенко В., Кутова А., Товстий Ю. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом курячого посліду і компостів на його основі. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98. № 4. С. 21–27.
3. Скрильник Є., Кутова А., Гетманенко В., Цигічко Г. Отримання органічного добрива з відновлюваної рослинної сировини. *Вісник аграрної науки*. 2019. Т. 97. № 8. С. 5–10.
4. Мартиненко В.М. Врожайність культур і родючість чорнозему типового за різного удобрення та обробітку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво: міжвідомчий тематичний збірник*. 2015. № 58(1). С. 163–173.
5. Бульо В.С., Сорочинський В.В. Вплив гною, сидератів і соломи на гумусний стан ґрунту і відтворення його родючості. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2000. Вип. 42. С. 14–18.
6. Сорочинський В.В., Бульо В.С. Вплив тривалого застосування сидератів і соломи на деякі параметри родючості ґрунту та кореляційні зв'язки між ними. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2001. Вип. 43. С. 204–209.
7. Бомба М.Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 9–18.
8. Чегринець Г.Я. Наукове обґрунтування гігієнічної регламентації застосування в сільськогосподарському виробництві органо-мінеральних добрив на основі осадів стічних вод: автореф. дис... на отримання наук. ступеня докт. мед. наук. Київ, 1993. 40 с.
9. Евилевич А.С., Евилевич М.А. Утилизация осадков сточных вод. Ленинград: Стройиздат, 1988. 248 с.
10. Nikovskaya G.N., Kalinichenko K.V. Biotechnology of utilization of municipal wastewater sediments. *Biotechnologia Acta*. 2014. Vol. 7. P. 21–32.
11. Lucrezia Lamastra, Nicoleta Alina Susiu, Marco Tressian. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants, contents and potential use as fertilizer. *Chemical and Biological Technologies in Agroculture*. 2018. № 5(1). P. 1–6.
12. Гаврилюк В.А., Бортник А.М., Августинович М.Б. Ефективність використання осаду стічних вод як добрив на дерново-підзолистих ґрунтах. *Агро-екологічний журнал*. 2018. № 1. С. 65–71.
13. Дишлюк В.Є., Пилик 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.
14. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / за ред. В.В. Волкогона. Чернігів, 2010. С. 308–382.
15. Теппер Е.З., Шильникова В., Переверзева Г.И. Практикум по мікробіології. Москва: Колос, 1979. 215 с.
16. Андреюк К.І. та ін. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. Київ: Обереги, 2001. 240 с.

## REFERENCES

- Kovalev, N.G. (2013). Sovremennyye problemy proizvodstva i ispol'zovaniya ogranicheskikh udobrenij [Modern problems of production and use of organic fertilizers]. *Vestnik VNIIMZH – Journal of VNIIMZH*, 2, 82–101 [in Russian].
- Skril'nik, E., Getmanenko, V., Kutova, A. & Tovstij, Y.U. (2020). Balans gumusu v chornozemi opidzolenomu vazhkosuglinkovomu pid vplivom kuryachogo poslidu i kompostiv na jogo osnovi [Humus balance in chernozem podzolized on important loam under the influence of chicken manure and composts based on it]. *Visnyk agrarnoyi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 98 (4), 21–27 [in Ukrainian].
- Skril'nik, E., Kutova, A., Getmanenko, V. & Cigichko, G. (2019). Otrimannya organichnogo dobryva z vidnovlyuvanoi roslinnoi sirovini [Obtaining organic fertilizer for renewable plant materials]. *Visnyk agrarnoyi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 97 (8), 5–10 [in Ukrainian].
- Martinenko, V.M. (2015). Vrozhajnist' kul'tur i rodyuchist' chornozemu tipovogo za riznogo udobrennya ta obrobittu [Productivity of crops and fertility of top-grade chernozem for various fertilizers and processing]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik – Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*, 58(1), 163–173 [in Ukrainian].
- Bul'о, V.S. & Sorochins'kij, V.V. (2000). Vpliv gnoyu, siderativ i solomi na gumusnij stan rruntu i vidtvorennya jogo rodyuchosti [The effect of manure, green manure and straw on the humus state of the soil and the reproduction of their fertility]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik – Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*, 42, 14–18 [in Ukrainian].
- Sorochins'kij, V.V. & Bul'о, V.S. (2001). Vpliv trivalogo zastosuvannya siderativ i solomi na deyaki parametri rodyuchosti rruntu ta korelyacijni зв'язki mizh nimi [The effect of prolonged use of green manure and straw on some parameters of soil fertility and correlation between them]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik – Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*, 43, 204–209 [in Ukrainian].
- Bomba, M.YA. (2016). Biologichne zemlerobstvo: stan ta perspektivi rozvitku [Biological farming: state and development prospects]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik – Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*, 59, 9–18 [in Ukrainian].
- Chegrinec', G.YA. (1993). Naukove obruntuvannya gigienichnoi reglamentacii zastosuvannya v sil's'kogospodars'komu virobnictvi organo-mineral'nih dobryv na osnovi osadiv stichnih vod [Scientific substantiation of hygienic regulation of the use in agricultural production of organo-mineral fertilizers based on sewage sludge]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
- Evillech, A.S. & Evilevich, M.A. (1988). Utilizaciya osadiv stichnih vod [Sewage Sewage Disposal]. Leningrad: Strojizdat [in Ukrainian].
- Nikovskaya, G.N. & Kalinichenko, K.V. (2014). Biotechnology of utilization of municipal wastewater seadiments. *Biotechnologia Acta*, 7, 21–32 [in English].
- Lucrezia Lamastra, Nicoleta Alina Susiu, Marco Tresian (2018). Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants, contents and potential use as fertilizer. *Chemical and Biological Technologies in Agroculture*, 5(1), 1–6 [in English].
- Gavrilyuk, V.A., Bortnik, A.M. & Avgustinovich, M.B. (2018). Efektivnist' vikoristannya osadu stichnih vod yak dobryv na dernovo-pidzolistih rruntah [Efficiency of using sewage sludge as fertilizers on sod-podzolic soils]. *Agroekologichnij zhurnal – Agroecological journal*, 1, 65–71 [in Ukrainian].
- Dishlyuk, V.Ye., Pilyak, N.V. & Loban, L.L. (2018). Agroekologichna charakteristika ta ocinka pri-datnosti osadiv stichnih vod ochisnih sporud m Odesi na dobryvo. [Agroecological characteristic and assessment of suitability of sewage sludge from Odessa wastewater treatment plants for fertilizer]. *Sil's'kogospodars'ka mikrobiologiya – Agricultural Microbiology*, 26, 55–62 [in Ukrainian].
- Volkogon, V.V. (Ed.), Nadkernichna, O.V. & Tokmakova, L.M. (2010). *Eksperymental'na rruntova mikrobiologiya [Experimental Soil Microbiology]*. Chernihiv [in Ukrainian].
- Tepper, E.Z., SHil'nikova, V.K., Pereverzeva, G.I. (1979). *Praktikum po mikrobiologii [Microbiology Workshop]*. Moskva: Kolos [in Russian].
- Andreyuk, K.I. et al. (2001). *Funkcionuvannya mikrobnih cenoziv hruntu v umovah antropogennoho navantazhennya [The functioning of microbial cenoses of the soil under anthropogenic load]*. Kyiv: Oberegi [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 02.05.2020