ЗМІНА ОСНОВНИХ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗА ВНЕСЕННЯ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД ПІД ТОПІНАМБУР

В. І. ЛОПУШНЯК, доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.0000-0001-9596-8169

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Г. М. ГРИЦУЛЯК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.0000-0003-2463-4772

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
lopushniak@i.ua, gritsulyaka@ukr.net

Анотація. Дослідженнями встановлено, що внесення під топінамбур осаду стічних вод та компостів, виготовлених на його основі, суттєво впливає на зміну агрохімічних показників дерново-середньо-підзолистого ґрунту, сприяючи підвищенню вмісту лужногідролізованих сполук азоту на 2,2–13,4 мг/кг ґрунту у порівнянні з контролем та зумовлюючи величину його значень на рівні 51,2–56,5 мг/кг ґрунту у верхньому (0–20 см) і 27,9–31,6 мг/кг ґрунту – у нижньому (20–40 см) шарі ґрунту. Уміст амонійних сполук азоту у варіантах із внесенням добрив коливався в незначному діапазоні значень (16–21 мг/кг ґрунту) і зростав під впливом підвищення доз добрив. Водночас зі зміною вмісту нітратного азоту це сприяло збільшенню вмісту мінеральних сполук азоту в ґрунті в межах 18,5–23,4 мг/кг ґрунту в орному (0–20 см) й 19,8–21,9 мг/кг ґрунту – в підорному (20–40 см) шарах, що на 1,7–2,2 мг/кг ґрунту переважало показники контрольного варіанта. Найвищі показники мінеральних сполук азоту зафіксовано у варіанті, де вносили найвищу дозу осаду стічних вод – 40 т/га й мінеральні добрива ($N_{10}P_{14}K_{58}$). Попри широкий діапазон значень показників умісту азоту лужногідролізованих сполук і мінеральних азотистих сполук, їхнє співвідношення залишалося стабільним і становило 2,3–2,6 у верхньому і 1,3–1,5 у нижньому (20–40 см) шарі ґрунту, а також знижувалося з підвищенням дози внесення добрив. Тобто, цей показник несуттєво змінювався залежно від дози застосування добрив.

Уміст рухомих сполук фосфору у варіантах зі застосуванням добрив коливався у діапазоні значень (77,5–98,5 мг/кг ґрунту) і зростав під впливом внесення осаду стічних вод та компостів на його основі, що на 14,6–35,6 мг/кг ґрунту переважало показники контролю. Найвищі показники рухомих сполук фосфору зафіксовано у варіанті, де вносили ОСВ – 40 т/га і $N_{10}P_{14}K_{58}$. Внесення осаду стічних вод у дозі 20–40 т/га сприяло підвищенню вмісту обмінних сполук калію на рівні 89,3–97,2 мг/кг ґрунту у верхньому (0–20 см) і 83,1–93,4 мг/кг ґрунту – у нижньому (20–40 см) шарі, що більше, ніж на 42,1 мг/кг ґрунту переважало показники контрольного варіанта. Дещо меншою мірою зростав уміст обмінних сполук калію за внесення компостів на основі осаду стічних вод і соломи.

Результати кореляційно-регресійного аналізу вказують, що коефіцієнт концентрації фосфору в ґрунті найбільшою мірою залежить від вмісту його рухомих сполук із коефіцієнтом детермінації $R_2 = 0,70$. Коефіцієнт концентрації калію тісно ($R_2 = 0,91$) корелює з вмістом його обмінних сполук у ґрунті.

Ключові слова: ґрунт, фракція, азот, фосфор, калій, коефіцієнт концентрації, кореляційно-регресійний аналіз

Актуальність.

В Україні зростає зацікавленість до вирощування сільськогосподарських культур на енергетичні цілі, під які відводять площі переважно малопродуктивних деградованих ґрунтів поза сівозмінами. Відзначаючись високою біологічною продуктивністю, такі культури добре реагують на внесення добрив, зокрема органічних, які не тільки забезпечують покращання поживного режиму ґрунту, а і сприяють реалізації його біопродуктивних та екологічних функцій. За гострого дефіциту традиційних видів органічних добрив у землеробстві України виникає потреба в пошуку альтернативних джерел поповнення органічної сировини для внесення як добрива під біоенергетичні культури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Осад стічних вод (ОСВ), що накопичується в надлишкових обсягах в Україні, може бути використаний як добриво за умови дотримання вимог екологічної безпеки такого використання і прийнятної вмісту в ньому важких металів та інших забруднюючих речовин (Hrytsuliak & Lopushniak, 2017, Hetmanenko, 2016, Kholodna, 2016, Berdnikov et al., 2019, Yang et al., 2015, Rossini et al., 2019). Застосування ОСВ під біоенергетичні культури має

значні перспективи й дає можливість частково розв'язувати проблему використання накопичених його великих запасів у комунальному господарстві, а також сприяє забезпеченню рослин необхідними макро- та мікроелементами. Саме осад стічних вод містять значну кількість необхідних поживних речовин для повноцінного росту та розвитку рослин (Onyshchuk et al., 2004, Chebotko, 2000, Hetmanenko & Skrylnyk, 2017, Lamastra, 2018). Тому цей сировинний ресурс потрібно розглядати як важливу ланку енерго- та ресурсоощадних екологічно безпечних біологізованих технологій вирощування культур, зокрема, енергетичних. Перспективним напрямом використання є також виготовлення компостів на основі ОСВ та інших органічних матеріалів, зокрема, соломи злакових культур тощо. Застосування таких компостів посилює гумусоутворювальну здатність ґрунту завдяки надходженню додаткових органічних речовин та інтенсифікації розвитку корисної мікрофлори, що сприяє поліпшенню режиму мінерального живлення рослин, який забезпечує підвищену біопродуктивність агрофітоценозів (Hospodarenko, 2015, Dubovyi et al., 2018, Onyshchuk, 2004, Ruf, 2019).

Перспективним методом утилізації ОСВ є застосування їх як добрива за умови відповідності нормативним вимогам щодо вмісту забруднюючих речовин, що сприяє розв'язанню

одразу кількох проблем: забезпечення надходження органічної речовини й елементів живлення до ґрунту та зниження інтенсивності його нагромадження в мулових картах комунальних господарств (Madzhd et al., 2017, Yakymenko, 2001, Krutyakova, 2020).

Мета досліджень – встановлення зміни агрохімічних показників дерново-підзолистого ґрунту за внесення різних доз добрив на основі ОСВ під топінамбур.

Матеріали і методи дослідження.

Дослідження щодо вивчення ефективності внесення осаду стічних вод під одну з найперспективніших біоенергетичних культур – топінамбур проводили в умовах польового досліді на дерново-підзолистих ґрунтах Івано-Франківської області (Lopushniak & Hrytsuliak, 2017).

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-середньо-підзолистий. Чітко виражений перерозподіл за профілем колоїдної фракції елювіального та ілювіального горизонтів. Гумусово-елювіальний (HE) горизонт до 18 – 25 см, темнувато-сірий, грудкувато-пилюватий, пухкий, з присипкою SiO_2 . Елювіальний горизонт (E) до 45 см жовтувато-білуватий. Ілювіальний (I) горизонт відзначається вираженим чергуванням прошарків білуватого піску зі щільними червоно-бурими прошарками суглинку до 8 см. Досліджуваний ґрунт відзначався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в орному (0–20 см) шарі – 2,0 %, рН сольове – 4,8, гідролітична кислотність – 3,1 ммоль/100 г ґрунту. Уміст лужногідролізованих сполук азоту становив 47 мг/кг ґрунту, рухомих сполук фосфору – 64, обмінного калію – 42 мг/кг ґрунту (Lopushniak & Hrytsuliak, 2017).

Схема досліді складалася з таких варіантів: 1 – контроль (без добрив); 2 – $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$; 3 – $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$; 4 – ОСВ 20 т/га + $\text{N}_{50}\text{P}_{52}\text{K}_{74}$; 5 – ОСВ 30 т/га + $\text{N}_{30}\text{P}_{33}\text{K}_{66}$; 6 – ОСВ 40 т/га + $\text{N}_{10}\text{P}_{14}\text{K}_{58}$; 7 – компост (ОСВ + солома в співвідношенні (3 : 1) 20 т/га + $\text{N}_{50}\text{P}_{16}\text{K}_{67}$; 8 – компост (ОСВ + солома в співвідношенні (3 : 1)) 30 т/га + $\text{N}_{30}\text{K}_{55}$. У варіантах досліді 3 – 8 вносили ОСВ і компости з компенсаційною дозою мінеральних добрив із розрахунку на загальну кількість внесених елементів живлення $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$.

У дослідженнях використовували ОСВ, який відзначався такими показниками: вологість – 76 %, рН – 8,1, вміст зольних елементів, азоту, фосфору й калію становив відповідно 5,0 %, 4,0, 3,8 і 1,6 % (у перерахунку на абсолютну суху речовину). Компости з ОСВ і соломою зернових культур у співвідношенні 3 : 1 відзначалися таким хімічним складом: вміст органічної речовини – 78 %, pH_{HCl} – 7,2, азот лужногідролізованих сполук – 200,3 мг/кг компосту, фосфору рухомих сполук – 371,2, калію обмінних сполук – 115,4 мг/кг компосту. Визначення хімічного складу нетрадиційних видів органічних добрив визначали в лабораторії аналітичного забезпечення агрохімічних досліджень Івано-Франківської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України «Держґрунтохорона» за загальноприйнятими методиками (Yakišt gruntu¹, 2008, Yakišt gruntu², 2008, Yakišt gruntu, 2006).

Загальна площа дослідної ділянки – 63 м², облікова – 35,0 м².

Для оцінки азотного фонду ґрунту за внесення ОСВ визначали вміст різних сполук азоту в ґрунті. Для визначення особливостей трансформації сполук фосфору та калію в ґрунті визначали коефіцієнти концентрації їхніх сполук за відношенням вмісту кожного елемен-

та у варіантах досліду до його вмісту на фоновій території (варіант 1). Величина коефіцієнтів концентрації свідчить про інтенсивність процесів вилугування в ґрунті (Madzhd et al., 2016).

За період проведення експериментальних досліджень упродовж 2016 – 2020 рр. визначали в досліджуваному ґрунті вміст загального азоту в модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського; ДСТУ 4729 : 2007. Визначення нітратного й амонійного азоту в модифікації ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» (Yakist gruntu1, 2008, Yakist gruntu2, 2008, Kholodna, 2016). Визначання рухомих сполук фосфору й калію за методом Кірса-нова в модифікації ННЦ ІГА ДСТУ 4405 : 2005 (Yakist gruntu, 2006).

Результати дослідження.

Дослідженнями встановлено, що застосування добрив суттєво впливало на формування азотного фонду дерново-середньо-підзолистого ґрунту (табл. 1).

Зокрема, застосування мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню вмісту азоту лужногідролізованих сполук на 5 мг/кг ґрунту у верхньому (0 – 20 см) та на 2 мг/кг – у нижньому (20 – 40 см) шарі, що становило відповідно 48,2 і 27,8 мг/кг ґрунту (Lopushniak & Hrytsuliak, 2017, Hrytsuliak & Lopushniak, 2017). Збільшення дози внесення азоту з мінеральними добривами сприяло підвищенню вмісту в ґрунті азоту лужногідролізованих сполук. Внесення ОСВ у дозі 20–40 т/га з відповідною балансовою дозою мінеральних добрив зумовлювало зростання лужногідролізованих сполук азоту на 8,1–13,3 мг/кг у верхньому (0–20 см) шарі ґрунту й на 28–31 мг/кг – у нижньому (20–40 см). Дещо нижчі

показники зростання вмісту лужногідролізованих сполук азоту забезпечило внесення компостів на основі осаду стічних вод і соломи, у верхньому шарі вміст лужногідролізованих сполук азоту становив 52,0–52,9 у верхньому шарі ґрунту і 28,6–30,1 мг/кг ґрунту – у нижньому, що достовірно переважало показники контрольного варіанта.

Уміст амонійних сполук азоту у варіантах із внесенням добрив коливався в незначному діапазоні значень (16–21 мг/кг ґрунту) і зростав під впливом підвищення доз добрив. Водночас зі зміною показників умісту азоту нітратних сполук це сприяло формуванню вмісту мінеральних сполук азоту в ґрунті в межах 18,5–23,4 мг/кг ґрунту в орному (0–20 см) шарі і 19,8–21,9 мг/кг ґрунту – у підорному (20–40 см) шарі. Найвищі показники вмісту мінеральних сполук азоту зафіксовано у варіанті 6, де вносили найвищу дозу осаду стічних вод – 40 т/га і відповідну кількість мінеральних добрив ($N_{10}P_{14}K_{58}$). Внесення компостів з ОСВ (варіанти 7 і 8) забезпечували вміст мінеральних сполук азоту в межах 21,5–22,1 мг/кг ґрунту.

Треба зазначити, що попри широкий діапазон значень вмісту азоту лужногідролізованих сполук і мінеральних сполук, їхнє співвідношення становило 2,3–2,6 у верхньому шарі і 1,3–1,5 у нижньому (20–40 см) і знижувалося з підвищенням дози добрив. Отже, співвідношення вмісту лужногідролізованих сполук азоту до вмісту азоту мінеральних сполук можна вважати порівняно стабільним показником характеристики ґрунту, який несуттєво змінюється залежно від застосування добрив.

Застосування ОСВ та компостів на його основі зумовило суттєве підвищення вмісту рухомих сполук фосфору та обмінних сполук калію

1. Уміст сполук азоту різних фракцій у шарі 0–40 см дерново-підзолистого ґрунту за внесення осаду стічних вод та компостів під топінамбур, середнє за 2016 – 2019 рр.

Варіант	Шар ґрун- ту, см	Уміст різних фракцій азоту в ґрунті			
		Амоній- ний	Нітрат- ний	Мінераль- ний	Лужно- гідролізо- ваний
		N _{NH4} ⁺	N _{NO3} ⁻	N _{NH4} ⁺ + N _{NO3} ⁻	
		мг/кг ґрунту			
1. Без добрив (контроль)	0–20	15	1,68	16,78	43,12
	20–40	16	1,60	17,60	25,78
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0–20	16	2,51	18,51	48,18
	20–40	18	1,84	19,84	27,83
3. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	18	2,75	20,75	49,34
	20–40	18	2,31	20,31	28,41
4. ОСВ – 20 т/га + N ₅₀ P ₅₂ K ₇₄	0–20	19	2,54	21,54	51,20
	20–40	19	2,12	20,12	27,91
5. ОСВ – 30 т/га + N ₃₀ P ₃₃ K ₆₆	0–20	20	2,29	22,29	52,41
	20–40	19	2,72	21,72	29,04
6. ОСВ – 40 т/га + N ₁₀ P ₁₄ K ₅₈	0–20	21	2,41	23,41	56,49
	20–40	19	2,96	21,96	31,62
7. Компост (ОСВ + солома (3 : 1)) – 20 т/га + N ₅₀ P ₁₆ K ₆₇	0–20	19	1,94	20,94	52,04
	20–40	19	1,62	20,62	28,56
8. Компост (ОСВ + солома (3 : 1)) – 30 т/га + N ₃₀ K ₅₅	0–20	19	2,03	22,07	52,91
	20–40	19	2,56	21,56	30,12
НІР 0,5, мг/кг ґрунту	0–20	1,02	0,1	1,3	4,6
	20–40	1,01	0,1	1,1	2,2

в дерново-підзолистому ґрунті. Таке підвищення спостерігали за всіма варіантами дослідів за профілем ґрунту до глибини 60 см. Глибше 60 см різниця за варіантами дослідів була менш вираженою, а стосовно фосфору – майже непомітною (в межах похибки).

Найвищі значення вмісту фосфору q калію були зафіксовані у варіантах із внесенням свіжого осаду стічних вод і становили 98,5 і 97,2 мг/кг ґрунту відповідно рухомих сполук фосфору й обмінного калію у верхньому (0–20 см) шарі ґрунту (варіант із найвищою

дозою внесення осаду стічних вод – варіант 6). У підорному шарі (20–40 см) шарі різниця також була достовірною за варіантами дослідів порівняно з контролем, однак показники вмісту рухомих сполук фосфору змінювалися меншою мірою, ніж показники обмінних сполук калію. За внесення добрив у дозі $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ коефіцієнт концентрації сполук фосфору становив 1,01–1,17 в орному шарі ґрунту (0–20 см), а по профілю ґрунту до глибини 60 см зростав і змінювався в межах 1,17–1,30 (20–40 см) (див. табл. 2).

2. Вплив унесення осаду стічних вод та компостів на його основі на вміст рухомих сполук фосфору та обмінних сполук калію в дерново-середньо-підзолистому ґрунті, середнє за 2016 – 2019 рр.

Варіант	Шар ґрунт, см	Уміст		Коефіцієнт концентрації сполук	
		рухомих сполук фосфору	обмінних сполук калію	Р	К
		мг/кг ґрунту			
1. Без добрив (контроль)	0–20	62,9	41,2	-	-
	20–40	70,3	40,9	-	-
	40–60	49,7	37,5	-	-
	60–80	30,6	32,2	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	0–20	77,5	53,9	1,01	1,30
	20–40	82,2	50,9	1,17	1,24
	40–60	53,8	43,6	1,08	1,16
	60–80	30,7	36,7	1,00	1,14
3. $N_{90}P_{90}K_{90}$	0–20	90,4	83,4	1,17	2,02
	20–40	91,7	75,3	1,30	1,84
	40–60	60,3	53,8	1,21	1,43
	60–80	32,7	35,9	1,07	1,11
4. ОСВ – 20 т/га + N50P52K74	0–20	91,2	89,3	1,18	2,17
	20–40	92,4	83,1	1,31	2,03
	40–60	70,2	56,9	1,41	1,52
	60–80	33,7	38,5	1,01	1,20
5. ОСВ – 30 т/га + N30P33K66	0–20	93,5	91,8	1,21	2,23
	20–40	88,2	88,2	1,25	2,16
	40–60	78,5	55,2	1,58	1,47
	60–80	34,2	37,6	1,18	1,17
6. ОСВ – 40 т/га + N10P14K58	0–20	98,5	97,2	1,28	2,36
	20–40	93,7	93,4	1,33	2,28
	40–60	82,5	60,3	1,66	1,61
	60–80	33,5	38,3	1,09	1,19
7. Компост (ОСВ + солома (3 : 1)) – 20 т/га + $N_{50}P_{16}K_{67}$	0–20	91,2	87,5	1,18	2,12
	20–40	88,4	84,4	1,26	2,06
	40–60	79,2	57,8	1,59	1,54
	60–80	33,7	39,3	1,10	1,22
8. Компост (ОСВ + солома (3 : 1)) – 30 т/га + $N_{30}K_{55}$	0–20	94,2	93,2	1,22	2,26
	20–40	90,5	88,9	1,29	2,17
	40–60	82,7	59,2	1,66	1,58
	60–80	34,6	39,1	1,13	1,21
НР _{0,5} мг/кг ґрунту	0–20	14,8	14,4	0,21	0,27
	20–40	10,1	12,1	0,03	0,05
	40–60	6,7	8,3	0,01	0,01
	60–80	3,5	4,6	0,01	0,01

Рис. 1. Кореляційна залежність коефіцієнта концентрації фосфору (а) й калію (б) від умісту їхніх сполук у дерново-підзолистому ґрунті.

Найвищі показники коефіцієнтів концентрації сполук фосфору й калію були зафіксовані у варіантах з унесенням свіжого ОСВ, а саме варіант 6 (ОСВ – 40 т/га + $N_{10}P_{14}K_{58}$) і становили 1,28 і 2,36 мг/кг ґрунту відповідно у верхньому (0–20 см) шарі ґрунту. У підорному шарі (20–40 см) шарі коефіцієнт концентрації сполук фосфору й калію становив відповідно 1,33 і 2,28.

Застосування компостів на основі ОСВ (варіанти 7 і 8) забезпечувало значення коефіцієнтів концентрації сполук фосфору й калію в межах 1,10–1,66 та відповідно 1,21 – 2,26. Найнижчі показники коефіцієнтів концентрації сполук фосфору й калію спостерігали по профілю ґрунту на глибині 60–80 см, завдяки зменшенню вмісту сполук фосфору й калію.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що коефіцієнт концентрації фосфору (рис. 1) залежить найбільше від умісту рухомих сполук у ґрунті з коефіцієнтами детермінації $R^2 = 0,70$, та

кореляції $r = 0,73$. Рівняння множинної регресії може мати такий вигляд:

$$y = -0,1107 + 0,0126 * x,$$

де x – уміст рухомих сполук фосфору в ґрунті, мг/кг ґрунту;

y – коефіцієнт концентрації фосфору.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що коефіцієнт концентрації калію залежить найбільше від вмісту його обмінних сполук у ґрунті з коефіцієнтами детермінації та кореляції $R^2 = 0,91$, $r = 0,95$. Рівняння множинної регресії може мати такий вигляд:

$$y = -1,3341 + 0,0391 * x,$$

де, x – вміст обмінних сполук калію в ґрунті, мг/кг ґрунту;

y – коефіцієнт концентрації калію.

Висновки і перспективи.

1. Застосування осаду стічних вод у дозах 20–40 т/га з відповідною балансовою дозою мінеральних добрив із розрахунку $N_{90}P_{90}K_{90}$ зумовлює суттєве підвищення вмісту основних

елементів мінерального живлення в дерново-середньо-підзолистому ґрунті, зокрема, вмісту азоту лужногідролізованих сполук на рівні 51,2–56,5 мг/кг ґрунту у верхньому (0–20 см) шарі і 27,9 – 31,6 – у нижньому (20–40 см) шарі, що відповідно на 16–24 % і 8–18 % переважало показники контрольного варіанта в середньому за три роки досліджень.

2. Уміст рухомих сполук фосфору та обмінного калію у варіантах із внесенням осаду стічних вод у верхньому 0–20 шарі ґрунту коливається в діапазоні значень 77,5–98,5 мг/кг ґрунту та 89,3–97,2 мг/кг ґрунту і зростає під впливом зростаючих доз внесення осаду стічних вод та компостів на його основі. Найвищі їхні показники зафіксовані у варіанті, де вносили ОСВ – 40 т/га і $N_{10}P_{14}K_{58}$ (варіант 6), що переважало показники контрольного варіанта відповідно фосфору й калію на 35,4 і 55,9 мг/кг ґрунту.

Така доза внесення добрив зумовлює найвищі показники коефіцієнта концентрації сполук фосфору й калію відповідно на рівні 1,28 та 2,36 в шарі 0–20 см дерново-середньо-підзолистого ґрунту. Результати кореляційно-регресійного аналізу вказують, що залежність коефіцієнта концентрації фосфору в ґрунті від умісту його рухомих сполук визначається коефіцієнтами детермінації $R^2 = 0,70$, та кореляції $r = 0,73$, а коефіцієнт концентрації калію в ґрунті залежить найбільше від вмісту обмінних сполук калію з коефіцієнтами детермінації та кореляції відповідно $R^2 = 0,91$, $r = 0,95$.

Отже, у подальших дослідженнях важливо визначити тренди в стабілізації агрохімічних показників дерново-середньо-підзолистого ґрунту за умов багаторазового внесення

добрив під топінамбур у беззмінній культурі, а також екологічний вплив застосування таких видів добрив на ґрунтове середовище та умови росту й розвитку вирощуваної культури.

References

1. Berdnikov O.M., Potapenko L.V., Datsko L.V., Datsko M.O. (2019). Vplyv system udobrennia na zapasy spolk azotu v derno-vo-pidzolystrykh gruntakh. Visnyk ahrarnoi nauky. 6 (795). 21–26. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-03>
2. Dubovyi, V. I.; Tabakaieva, M. H.; Shyshov, B. O (2018). Vykorystannia kompostiv iz osadu stichnykh vod pry vyroshchuvani silskohospodarskykh kultur yak okremoho vydu orhanichnykh dobryv. Institutional Repository of Polissia National University. Naukovo-innovatsiyni institut ekonomiky i ahrobiznesu. 316–318. <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9310>.
3. Hetmanenko V. A., Skrylnyk Ye. V. (2017). Naukovo-orhanizatsiini ta normatyvno-pravovi aspekty utylizatsii osadiv komunalnykh stichnykh vod (na prykladi yevropeiskoho dosvidu). Visnyk ahrarnoi nauky. 2. 43–49.
4. Hetmanenko V. (2016) Efektyvnist dii kompostiv na osnovi osadiv stichnykh vod na orhanichnu rechovynu chornozemu opidzolenoho. Visnyk ahrarnoi nauky. P. 71 – 73. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201601-15>
5. Hospodarenko H. M. (2015). Systema zas-tosuvannia dobryv. K.: IAE. 332
6. Hrytsuliak H. M., Lopushniak V. I. (2017). Osad stichnykh vod u systemi udobrennia verby enerhetychnoi: monohrafiia. Lviv: Prostir M. 180.
7. Kholodna, A.S. (2016). Soil factors of floodplain soils that limit growth of energy crops. Gruntoznavstvo, Vol. 17., 43–49. DOI:10.15421/041612
8. Krutyakova V. I., Pilyak N. V., Dishlyuk V. E., Nikipelova O. M. (2020). Yefektivnist zasto-

- suvannya biodobriv na osnovi osadu stichnikh vod ochisnikh sporud m. Odesa. Visnik agrarnoi nauki Prichornomor'ya. 3. 72–78. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
9. Lamastra L, Susiu Nicoleta Alina, Tresian M. (2018). Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants, contents and potential use as fertilizer. Chemical and Biological Technologies in Agroculture. 5(1). P. 1–6. <https://doi.org/10.1186/s40538-018-0122-3>
10. Lopushniak V., Hrytsuliak H. (2017). Biotoksychnyi stan derno-vo-pidzolistoho gruntu pid vplyvom unesennia dobryv na osnovi osadu stichnykh vod Ahronomiia (21). 189–193.
11. Madzhd S. M., Bovsunovskiy Ye. O., Tohachynska O. V. (2016). Naukovi metody kontroliu yakosti hruntiv yak indykatora ekolohichnoi nebezpeky na tekhnohenno navantazhenykh terytoriakh. Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho. Vypusk 2 (97). Chastyna 1.115–121.
12. Onyshchuk D. M. ta in. (2004). Novi ta maloposhyreni kormovi kultury Ukrainy: navch. posib Lviv: Ukr. tekhnolohii, 118 s.
13. Tekhnolohiia oderzhannia ta zastosuvannia orhano-mineralnykh dobryv na osnovi osadu stichnykh vod: rekomendatsii (2000). za red. K. O. Chebotko. Kyiv: Feniks, 53 s.
14. Rossini F., Provenzano M., Kuzmanović L., Ruggeri R. (2019). Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): A Versatile and Sustainable Crop for Renewable Energy Production in Europe. Agronomy, 9 (9), 528. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090528>
15. Ruf T., Audu V., Holzhauser K., Emmerling C. (2019). Bioenergy from Periodically Waterlogged Cropland in Europe: A First Assessment of the Potential of Five Perennial Energy Crops to Provide Biomass and Their Interactions with Soil. Agronomy. 9. 374. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070374>
16. Yakymenko V. N. (2001). Yzmenenye soderzhaniya form kaliya v hranulometrycheskykh fraktsiyakh nekotorykh avtomorfnykh pochv v ahrotsenoze / V. N. Yakymenko. Ahrokhymia. 6. 11 – 16. DOI: 10.31857/S0002188120040122
17. Yakist gruntu1. Vyznachennia zahalnoho azotu v modyfikatsii NNTs IHA im. O. N. Sokolovskoho : DSTU 4726:2007. [Chynnyi vid 2008–01–01]. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. 14 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy).
18. Yakist gruntu2. Vyznachennia nitratnoho i amoniinoho azotu v modyfikatsii NNTs IHA im. O. N. Sokolovskoho : DSTU 4729:2007. [Chynnyi vid 2008–01–01]. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. 14 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy).
19. Yakist gruntu. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu i kaliu za metodom Kirsanova v modyfikatsii NNTs IHA : DSTU 4405:2005. [Chynnyi vid 2006–07–01]. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. III, 7 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy).
20. Yang L, He Q.S., Corscadden K. & Udenigwe C.C. 2015. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. Biotechnology Report 5:77–88. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2014.12.004>

V. I. Lopushniak, H. M. Hrytsuliak (2021). THE CHANGE OF THE MAIN AGROCHEMICAL INDICATORS OF THE SOD-PODZOLIC SOIL FOR THE SUBMISSION OF THE MUNICIPAL WASTERWATER UNDER THE ARTICHOKE. PLANT AND SOIL SCIENCE, 12(3): 66–75. <https://doi.org/10.31548/agr2021.03.066>

Abstract. The studies have shown that the introduction of sewage sludge and compost made on its basis, significantly affects the change in the agrochemical parameters of the sod-medium-podzolic soil, increasing the content of the alkaline hydrolysed nitrogen compounds by 2.2 – 13.4 mg/kg of the soil compared to with control and determining the size of its values at

the level of 51.2 – 56.5 mg/kg of the soil in the upper (0 – 20 cm) and 27.9 – 31.6 mg/kg – in the lower (20 – 40 cm) soil layer. The content of the ammonium nitrogen compounds in the variants with the fertilizer application fluctuated in a small range of the values (16 – 21 mg/kg of soil) and increases under the influence of increasing fertilizer doses. Together with the change in the content of the nitrate nitrogen, this contributed to an increase in the content of the mineral nitrogen compounds in the soil in the range of 18.5 – 23.4 mg/kg of the soil in arable (0 – 20 cm) and 19.8 – 21.9 mg/kg of the soil – in subsoil (20 – 40 cm) layers, which by 1.7 – 2.2 mg/kg of the soil exceeded the control variant. The highest indicators of the mineral nitrogen compounds were recorded in the variant where the highest dose of the sewage sludge was applied – 40 t/ha and mineral fertilizers ($N_{10}P_{14}K_{58}$).

Despite the wide range of the nitrogen content values of the alkaline hydrolysed compounds and mineral nitrogen compounds, their ratio remained stable and was 2.3 – 2.6 in the upper and 1.3 – 1.5 in the lower (20 – 40 cm) soil layer, and also decreased with the increasing dose of the fertilizer. That is, this indicator did not change significantly depending on the fertilizer application rate.

The content of the mobile phosphorus compounds in the variants with the use of the fertilizers fluctuated in the range of the values (77.5 – 98.5 mg/kg of the soil) and increased under the influence of the introduction of the sewage sludge and compost based on it, which is 14.6 – 35.6 mg/kg of the soil was dominated by the control indicators. The highest rates of the mobile phosphorus compounds were recorded in the variant where the sewage sludge were applied – 40 t/ha and $N10P14K58$. The introduction of the sewage sludge at a rate of 20 – 40 t/ha contributed to an increase in the content of the potassium metabolites at the level of 89.3 – 97.2 mg/kg of the soil in the upper (0 – 20 cm) and 83.1 – 93.4 mg/kg – in the lower (20 – 40 cm) layer, which exceeded the indicators of the control variant by more than 42.1 mg/kg of the soil. The content of the potassium metabolic compounds increased somewhat less with the introduction of the composts based on the sewage sludge and straw.

The results of the correlation-regression analysis indicate that the phosphorus concentration coefficient in the soil largely depends on the content of its mobile compounds and is marked by the coefficient of the determination $R_2 = 0.70$. The potassium concentration coefficient is closely ($R_2 = 0.91$) correlated with the content of its metabolic compounds in the soil.

Keywords: soil, fraction, nitrogen, phosphorus, potassium, concentration coefficient, correlation-regression analysis.