

Use of natural brine and minerals as non-root nutrition on agricultural crops

P. Pysarenko | M. Samoilik | O. Dychenko✉ | V. Lastovka | D. Husynskiy | V. Shpyrna | O. Zhilin

Article info

Citation: Pysarenko, P., Samoilik, M., Dychenko, O., Lastovka, V., Husynskiy, D., Shpyrna, V., & Zhilin, O. (2025). Use of natural brine and minerals as non-root nutrition on agricultural crops. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 50–54. doi: 10.31210/spi2025.28.01.09

Correspondence Author

O. Dychenko

E-mail:

ksejnadichenko84@ukr.net

Poltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Today, when drawing up zonal farming systems, special attention should be paid to the use of local raw materials in order to increase the effective fertility of the soil and biologize agriculture, in particular natural brines and minerals. The main purpose of this work is to determine the possibilities of using natural brines and minerals as foliar top dressing for crops. As a result of the conducted research, it was found that the use of mineralized aquifer water (AWW) for fertilizing winter wheat is effective both in the tuberization phase and in the earing phase. However, the use of AWW in the tuberization phase is more appropriate, because in this phase winter wheat spends the most energy on combating weeds that clog it, and therefore the herbicidal effect of AWW allows you to destroy wintering weeds, such as field talaban, common buckwheat and others, and the introduction of nutrients has a positive effect on plant productivity. In particular, when using different AWW norms in the tuberization phase, the maximum yield increase was 5.2 c/ha (16.6%), and when using it in the earing phase – 4.2 c/ha (13.5%). Mineralized aquifer water allows not only to create certain conditions for regulating the nutrient regime of the soil, due to the influx of both inorganic and organic chemistry elements, optimization of microbiological and enzymatic activity of the soil, but also to effectively control the contamination of winter wheat crops with weeds. According to the results of physicochemical analyses of the soil sample, it was found that when using mineralized aquifer water in the soil solution, the content of nitrates not only does not increase, but even decreases, although they are part of it. This can be explained by the fact that MPW stimulates the growth and development of not only plants, but also soil biota, which is a direct consumer of anions and cations. It is substantiated that mineralized formation water allows to obtain yield increases at an application rate of 500–1000 l/ha, both due to the influence of the organic and inorganic part (35.5 and 35.9 c/ha, respectively, which is 4.4–4.8 c/ha more than the control). An increase in yield when using bischofite is observed at an application rate of 100–300 l/ha (33.2 c/ha and 34.5 c/ha, which is 2.0–3.3 c/ha higher than the control). Although the use of mineralized formation water leads to a higher yield increase than bischofite, the application of bischofite solution corresponds to the technological capacity of the unit.

Keywords: foliar fertilization, natural brines, winter wheat, soil fertility, mineralized aquifer water.

Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур

П. В. Писаренко | М. С. Самойлік | О. Ю. Диченко | В. П. Ластовка | Д. В. Гусинський |
В. Г. Шпирна | О. С. Жилін

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

На сьогодні для підвищення ефективної родючості ґрунту досить актуальними питаннями є використання біологічних методів удобрення землеробства, зокрема пластової мінералізованої води (ПМВ) та бішофіту. Основною метою даної роботи є визначення можливостей використання бішофіту та пластової мінералізованої води на посівах сільськогосподарських культур для некореневого підживлення рослин. В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування пластової мінералізованої води для підживлення пшениці озимої є ефективним як у фазі колосіння, так і виходу в трубку. Але використання пластової мінералізованої води є доцільнішим у фазі виходу в трубку, адже в цій фазі пшениця озима найбільше витрачає енергії на протистояння бур'янам, які її засмічують, а тому гербіцидний ефект пластової води дозволяє знищити зимуючі бур'яни, такі як талабан польовий, грицики звичайні та інші, а також внесення елементів живлення позитивно впливає на продуктивність рослин. Зокрема, при використанні різних норм ПМВ у фазу виходу в трубку максимальна прибавка урожаю склала 5,2 ц/га (16,6%), а при використанні її у фазу колосіння – 4,2 ц/га (13,5%). Пластова мінералізована вода дозволяє зменшувати засміченість посівів пшениці озимої бур'янами, а також створити певні умови для регулювання поживного режиму ґрунту, оптимізації активності мікробіоти ґрунту. За результатами фізико-хімічних аналізів ґрунтової проби встановлено, що при використанні ПМВ в ґрунтовому розчині вміст нітратів не збільшується, а навпаки зменшується. Пояснюється це тим, що ПМВ стимулює розвиток також мікробіоти у ґрунті. Обґрунтовано, що ПМВ дозволяє отримати прибавки урожаю при нормі внесення 500–1000 л/га, як за рахунок впливу органічної так і неорганічної частини (35,4 та 35,8 ц/га відповідно, що вище контролю на 4,3–4,7 ц/га). Підвищення урожайності при використанні бішофіту спостерігається при використанні 100–300 л/га (33,2 та 34,5 ц/га, що на 2,0–3,3 ц/га вище контролю). Хоча використання і пластової мінералізованої води призводить до отримання вищої прибавки урожаю ніж бішофіт, але внесення розчину бішофіту відповідає технологічній спроможності агрегату.

Ключові слова: некоренево підживлення, пшениця озима, родючість ґрунту, пластова мінералізована вода, бішофіт.

Бібліографічний опис для цитування: Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Ластовка В. П., Гусинський Д. В., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 50–54.

Вступ

На сьогодні для підвищення ефективної родючості ґрунту досить актуальними питаннями є використання біологічних методів удобрення, зокрема пластової мінералізованої води (ПМВ) та бішофіту. Попередні дослідження науковців дозволили встановити оптимальну дозу використання пластової мінералізованої води (ПМВ) для покращення якості органічних добрив [1–2]. Також проведені дослідження щодо використання ПМВ та бішофіту на посівах сільськогосподарських культур як основного добрива. Встановлено, що застосування пластової мінералізованої води є неефективним нормою до 900 л/га [3]. При використанні пластової води 1200 л/га урожайність пшениці озимої зростає на 27,5 % у порівнянні з контролем, при цьому зростання урожайності також зафіксовано при використанні 900 л/га (15,1 % у порівнянні з контролем). Використання ПМВ дозволило підвищити не тільки урожайність зерна пшениці озимої, але і його якість [3].

Також досліджувалися можливості щодо використання бішофіту як основного добрива на посівах різних сільськогосподарських культур [4]. При дослідженні впливу бішофіту на продуктивність пшениці озимої не виявлено чіткої тенденції до зростання продуктивності посівів.

Бішофіт є високомінералізованою речовиною з переважанням солей хлору, тому його ефективність особливо залежить від наявності опадів у осінньо-зимовий період, які створюють промивний режим ґрунту і вимивають надлишок хлору з верхнього шару ґрунту [5–6].

Таким чином, ґрунтуючись на попередні вітчизняні та зарубіжні дослідження, можна констатувати перспективність використання пластової мінералізованої води (ПМВ), як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур. Враховуючи, що використання ПМВ не суперечить технології ведення землеробства в контексті сталого функціонування агроєкосистем, використання даних препаратів є актуальним для подальшого наукового дослідження.

Мета дослідження

Мета роботи – визначення можливостей використання бішофіту та пластової мінералізованої води на посівах сільськогосподарських культур для некореневого підживлення рослин.

Матеріали і методи

Протягом 2018–2023 рр. проводилися польові дослідження на території Полтавської обл., Шишацького р-н, с. Баранівка (ПСП «Нива») щодо використання пластової мінералізованої води (ПМВ) та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур.

Пластова мінералізована вода – супутньо-пластова вода, що видобувається разом з нафтою. Сухий залишок знаходиться складає до 180 г/дм³, а гідролітична кислотність коливається на різних

родовищах від 5,30 до 7,50 [7–8]. В пластовій мінералізованій воді наявні зеатин та абсцизова кислота, що ефективно впливають на розвиток кореневої системи [3].

Полтавський бішофіт – у складі містить переважно магнію хлорид. Видобувається прозорий розчин бішофіту на Полтавщині з мінералізацією 380–470 г/л, при цьому рН складає 5,1–5,8 [7–9].

Використовувалися стандартні методики обліку врожаю зернових культур, зокрема збирання у фазі повної стиглості зерна на дослідних ділянках в 3-х кратній повторності снопового зразка [10]. За методикою польового досліду [11] визначали структуру урожаю. У дослідах повторюваність була трьох-чотирикратною, при цьому рандомізоване розміщення ділянок. На початкових етапах наших досліджень площа ділянок складала 10–15 м². При установленні розміру ділянки враховували особливості агротехніки рослин ширину міжряддя, густоту стояння і інше.

Хімічні властивості ґрунту визначали стандартними методами у акредитованій лабораторії агроєкологічного моніторингу ПДАУ [12–21]. За допомогою кореляційного та регресійного аналізу проводили математичну обробку отриманих даних. При цьому достовірність отриманих значень експерименту визначали за допомогою *t*-критерію Стьюдента при значенні рівня значимості відповідно 0,05.

Результати та їх обговорення

У наших досліджах по визначенню впливу природних розсолів та мінералів на продуктивність сільськогосподарських культур як підживлення, технологія вирощування була загальноприйнята, але основного внесення мінеральних або органічних добрив не застосовували. Природні розсоли та мінерали вносили у різні фази розвитку за допомогою обприскувача ОП-2000.

Потрібно відзначити, що бішофіт та пластова мінералізована вода під час експерименту виявили ефективність майже однакову, хоча використання бішофіту досить залежало від зволоження. Після використання пластової мінералізованої води та бішофіту як засобу підживлення на посівах пшениці озимої мали місце опіки на листовій поверхні рослин, але все ж при застосуванні пластової води вони були менш значними у порівнянні з бішофітом. Зникали опіки листової поверхні після застосування бішофіту тільки коли рослини отримували оптимальний режим зволоження, а після пластової мінералізованої води – через три-чотири дні.

Застосування пластової мінералізованої води для підживлення пшениці озимої було ефективним як у фазі колосіння, так і виходу в трубку (*табл. 1*).

Але використання пластової мінералізованої води є доцільнішим у фазі виходу в трубку, адже в цій фазі пшениця озима найбільше витрачає енергії на протистояння бур'янам, які її засмічують, а тому гербіцидний ефект пластової води дозволяє знищити зимуючі бур'яни. По-друге, фаза виходу в трубку є критичною фазою, під час якої внесення елементів живлення позитивно впливає на продуктивність рослин.

Як видно з *таблиці 2*, використання ПМВ у різні фази росту пшениці озимої позитивно впливає на її урожайність. Так, при використанні різних

норм ПМВ у фазу виходу в трубку максимальна прибавка урожаю склала 5,2 ц /га (16,6 %), а при використанні її у фазу колосіння – 4,2 ц/га (13,5 %).

Таблиця 1

Вплив некореневого підживлення пластової мінералізованої води на урожайність пшениці озимої, ц/га

Внесення пластової мінералізованої води, л/га	Фенологічна фаза					
	вихід у трубку			колосіння		
	середня урожайність за 2018–2023 рр.	прибавка урожаю		середня урожайність за 2018–2023 рр.	прибавка урожаю	
		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	31,3	-	-	31,2	-	-
400	35,0	3,7	11,8	33,8	2,6	8,3
600	36,5	5,2	16,6	35,4	4,2	13,5
800	35,4	4,1	13,1	35,1	3,9	12,5
1000	32,4	1,1	3,5	34,1	2,9	9,3
НСР 0,05	2,1			2,4		

Таблиця 2

Вплив внесення як підживлення різних доз природних розсолів та мінералів на 2018–2023 рр.

варіант	Внесення ПМВ		варіант	Внесення бішофіту	
	урожайність, ц/га	+ до контролю, ц/га		урожайність, ц/га	+ до контролю, ц/га
Контроль (без внесення)	31,1	-	Контроль (без внесення)	31,2	-
ПМВ, 500 л/га	35,5	+ 4,4	Бішофіт, 50 л/га	32,8	+ 1,6
ПМВ, 1000 л/га	35,9	+ 4,8	Бішофіт, 100 л/га	33,2	+ 2,0
ПМВ, 1500 л/га	34,1	+ 3,0	Бішофіт, 300 л/га	34,5	+ 3,3
ПМВ, 2000 л/га	28,4	- 2,7	Бішофіт, 600 л/га	25,9	- 5,3
ПМВ, 3000 л/га	26,9	- 4,2	Бішофіт, 900 л/га	24,6	- 6,6
ПМВ, 4000 л/га	26,5	- 4,6	Бішофіт, 1200 л/га	24,3	- 6,9
НР 0,05	2,3		НР 0,05	2,5	

Пластова мінералізована вода в різні роки дозволяє отримати прибавки урожаю при нормі внесення 500–1000 л/га, як за рахунок впливу органічної так і неорганічної частини (35,4 та 35,8 ц/га відповідно, що на 4,3–4,7 ц/га більше контролю). Щодо бішофіту, то підвищення урожайності спостерігається при використанні його при нормі витрати 100–300 л/га (33,2 та 34,5 ц/га, що на 2,0–3,3 ц/га вище контролю). Хоча використання пластової мінералізованої води призводить до отримання вищої прибавки урожаю

ніж бішофіт, але внесення розчину бішофіту відповідає технологічній спроможності агрегату.

Для екологічної оцінки стабільності ґрунтової системи при використанні пластової мінералізованої води важливо також оцінити хімічних показників ґрунту, тому що природні розсоли та мінерали в своєму складі крім різноманітних хімічних елементів містить також важкі метали та залишкові кількості нафтопродуктів (*табл. 3*).

Таблиця 3

Зміна деяких хімічних показників ґрунту при використанні пластової мінералізованої води як основного добрива (за 2018–2023 рр. усереднене)

Варіанти використання ПМВ	Проба ґрунту	рН ґрунтового розч.	Катіони / аніони, мг /кг		
			нітраги	хлор.	рух. сірка
1. Контроль	0-10	7,6	9,8	131	42,0
	10-20	7,4	15,5	131	38,2
	20-30	7,5	-	149	36,0
2. ПМВ, 300 л/га	0-10	6,8	9,8	131	42,0
	10-20	6,7	13,7	93	58,6
	20-30	6,8	-	112	58,6
3. ПМВ, 600 л/га	0-10	6,8	4,9	93	10,2
	10-20	6,6	13,7	93	32,8
	20-30	6,7	-	149	36,4
4. ПМВ, 900 л/га	0-10	6,4	8,7	149	40,2
	10-20	6,0	15,5	112	36,4
	20-30	6,4	-	149	48,0
5. ПМВ, 1200 л/га	0-10	6,4	8,7	149	42,8
	10-20	6,2	12,3	149	32,6
	20-30	6,1	-	149	30,8
6. ПМВ, 2400 л/га	0-10	6,2	8,7	149	58,6
	10-20	6,3	17,3	131	58,6
	20-30	6,4	-	131	61,6
7. ПМВ, 4800 л/га	0-10	5,2	19,5	224	64,6
	10-20	5,2	27,5	168	48,0
	20-30	5,4	-	168	36,4
8. N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	0-10	6,4	30,5	149	34,4
	10-20	6,2	15,5	131	46
	20-30	6,2	-	149	26,1

За результатами досліджень встановлено, що істотне підкислення ґрунту відбувається тільки при використанні дози ПМВ більше ніж 2400 л/га. Так при використанні максимальної дози ПМВ 4800 л/га рН ґрунтового розчину становила 5,2. При застосуванні ПМВ в ґрунтовому розчині вміст нітратів не збільшується, а навпаки зменшується. Пояснюється це тим, що ПМВ стимулює розвиток також мікробіоти у ґрунті.

Аналіз даних *таблиці 4* свідчить про те що,

Таблиця 4

Вміст нафтопродуктів і важких металів у ґрунті при використанні ПМВ як добрива основного (2018–2023 рр. усереднене)

Дослід використання ПМВ	Проба ґрунту	Нафто-продукти	Важкі метали, мг/кг				
			ртуть	мідь	свинець	цинк	кадмій
1. Контроль	0-10	330	0,091	0,6	2	28	-
	10-20	265	0,026	0,7	2	30	-
	20-30	-	-	0,6	2	16	-
2. ПМВ, 300 л/га	0-10	175	-	0,7	3	17	-
	10-20	150	0,072	0,9	6	19	-
	20-30	-	-	0,6	7	18	-
3. ПМВ, 600 л/га	0-10	195	0,065	0,7	3	22	-
	10-20	175	0,078	0,6	4	15	-
	20-30	-	-	0,7	5	15	-
4. ПМВ, 900 л/га	0-10	200	0,065	1,0	4	22	-
	10-20	125	0,039	0,6	6	15	-
	20-30	-	-	0,6	4	15	-
5. ПМВ, 1200 л/га	0-10	200	0,052	0,7	4	14	-
	10-20	210	-	0,6	5	15	-
	20-30	-	-	0,7	5	14	-
6. ПМВ, 2400 л/га	0-10	200	0,052	0,7	6	16	-
	10-20	185	0,065	0,9	9	19	-
	20-30	-	-	0,9	8	19	-
7. ПМВ, 4800 л/га	0-10	320	0,046	0,8	7	24	-
	10-20	255	0,072	1,0	9	27	-
	20-30	-	-	0,9	7	31	-
8. N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	0-10	340	0,090	0,8	6	23	-
	10-20	70	0,093	0,9	7	26	-
	20-30	-	-	0,9	7	27	-

Висновки

Встановлено, що використання пластової мінералізованої води для підживлення рослин, значно відрізняється від добрив, адже дозволяє зменшувати засміченість посівів пшениці озимої бур'янами, а також створити певні умови для регулювання поживного режиму ґрунту, оптимізації активності мікробіоти ґрунту. За результатами фізико-хімічних аналізів ґрунтової проби встановлено, що при використанні ПМВ в ґрунтовому розчині вміст нітратів не збільшується, а навпаки зменшується. Пояснюється це тим, що ПМВ стимулює розвиток також мікробіоти у ґрунті.

Встановлено, що застосування ПМВ для підживлення пшениці озимої є ефективним як у фазі колосіння, так і виходу в трубку. Але використання пластової мінералізованої води є доцільнішим у фазі виходу в трубку, адже в цій фазі пшениця озима найбільше витрачає енергії на протистояння бур'янам, які її засмічують, а тому гербіцидний ефект пластової води дозволяє знищити зимуючі бур'яни (талабан польовий, грицики та інше), а також внесення елементів живлення позитивно впливає на

використання ПМВ в дозах 300–2400 л /га не викликало накопичень у ґрунті важких металів та нафтопродуктів. Вміст нафтопродуктів у верхньому шарі ґрунту через оптимізації життєдіяльність мікробіоти знижувалася. Таким чином, природні розсоли та мінерали завдяки своєму унікальному природному хімічному складу є досить перспективним органіко-мінеральним добривами для сільськогосподарських зернових і технічних просяних культур.

продуктивність рослин. Зокрема, при використанні різних норм ПМВ у фазу виходу в трубку максимальна прибавка урожаю склала 5,2 ц/га (16,6%), а при використанні її у фазу колосіння – 4,2 ц/га (13,5 %).

Обґрунтовано, що ПМВ дозволяє отримати прибавку урожаю при нормі внесення 500–1000 л/га, як за рахунок впливу органічної так і неорганічної частини (35,4 та 35,8 ц/га відповідно, що вище контролю на 4,3–4,7 ц/га). Підвищення урожайності при використанні бішофіту спостерігається при використанні 100–300 л/га (33,2 та 34,5 ц/га, що на 2,0–3,3 ц/га вище контролю). Хоча використання її пластової мінералізованої води призводить до отримання вищої прибавки урожаю ніж бішофіт, але внесення розчину бішофіту відповідає технологічній спроможності агрегату.



Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Pysarenko, P., Samoilik, M., Dychenko, O., Taranenko, A., Galytska, M., & Nimets, O. (2022). Agro-ecological peculiarities of natural brines and minerals' impact on soil microorganisms. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 157–164. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.19>
2. Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., Dychenko, O. Y., Sereda, M. S., & Poghosyan, A. A. (2021). Medical, biological and toxicological assessment of using bio-preparations in arable farming. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 187–195. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.23>
3. Khodakivska, O. V. (2011). Ekolohizatsiia silskohospodarskykh zemel: suchasnyi vymir ta perspektyvy rozvytku. *Ekonomika APK*, 10, 23–30. [in Ukrainian]
4. Tarasova, V. V. (2011). Ekolohichnist ahrovyrobnytstva v Ukraini. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 1 (1 (28)), 189–196. [in Ukrainian]
5. Pisarenko, P., Samoilik, M., Taranenko, A., & Tsova, Y. (2022). Improvement of technology of obtaining high quality of organic fertilizers with the use of associated layer water and probiotics. *Agriculture and Forestry*, 1, 192–203. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-1-14>
6. Pysarenko, P. V. (2003). Naukove obgruntuvannia vykorystannia pryrodnykh rozsoliv i mineraliv v ahroekosystemakh. *Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
7. Pysarenko, P., Samoilik, M., Galytska, M., Tsova, Y., & Kalinichenko, A. (2022). Ecotoxicological assessment of mineralized stratum water as an environmentally friendly substitute for agrochemicals. *Agronomy Research*, 20 (4), 785–792. <https://doi.org/10.15159/AR.22.045>
8. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika, T. O. (2019). Soil fertility formation under organic farming. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 85–91. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.11>
9. Reva, M. A. (2016). Suptno-plastova voda v Skhidnomu naftohazonosnomu rehioni Ukrainy yak dzherelo nebezpeky abo tsinnyi resurs. *Visnyk KNU imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 1, 81–85. [in Ukrainian]
10. Bars, Ye. A. (1991). *Orhanichna hidroheokhimiia naftohazonosnykh baseiniv*. Kyiv: Nadra [in Ukrainian]
11. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., & Butylo, A. P. (2013). *Zemlerobstvo: navchalnyi pidruchnyk*. Kyiv: Lazuryt-Polihraf [in Ukrainian]
12. DSTU ISO 10390:2021. *Yakist gruntu. Vyznachennia rN*. Chynnyi vid 2021-05-01. (2021). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=97744 [in Ukrainian]
13. DSTU 8347:2015 *Yakist gruntu. Vyznachennia rukhomoj sirky v modyfikatsii NNTs IHA imeni O. N. Sokolovskoho*. Chynnyi vid 2003-07-01. (2017). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62892 [in Ukrainian]
14. DSTU ISO/TS 14256-1:2005. *Yakist gruntu. Vyznachennia nitratu, nitrytu i amoniiu v gruntakh polovoivo lohosti ekstrahuvanniam rozchynom khloridu kaliu. Chastyna 1. Ruchnyi metod (ISO/TS 14256-1:2003, IDT)*. Chynnyi vid 2006-10-01. (2005). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53548 [in Ukrainian]
15. DSTU 7908:2015. *Yakist gruntu. Vyznachennia khloryd-iona u vodnii vytiachtsi*. Chynnyi vid 2016-07-01. (2015). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62772 [in Ukrainian]
16. ISO 11504:2017. *Soil quality – Assessment of impact from soil contaminated with petroleum hydrocarbons*. (2015). Retrieved from: <https://www.iso.org/ru/standard/64939.html>
17. DSTU 7832:2015. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk svyntsiu v odnonormalnii solianokyslii vytiachtsi metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2016-07-01. (2015). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62714 [in Ukrainian]
18. DSTU 4770.3:2007. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk kadmiu v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytiachtsi z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2009-04-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58852 [in Ukrainian]
19. DSTU 4770.6:2007. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk midi v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytiachtsi z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2009-01-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58930 [in Ukrainian]
20. DSTU 4770.2:2007. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk tsynku v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytiachtsi z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2009-01-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58850 [in Ukrainian]
21. DSTU ISO 16772:2005 *Yakist gruntu. Vyznachennia rtuti v gruntovykh ekstraktakh tsarskoju vodkoju metodom atomnoi spektrometrii kholodnoi pary abo atomnofluorescentnoi spektrometrii kholodnoi pary*. Chynnyi vid 2008-01-01. Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52443 [in Ukrainian]

ORCID

- P. Pysarenko  <https://orcid.org/0000-0002-4915-265X>
M. Samoilik  <https://orcid.org/0000-0003-2410-865X>
O. Dychenko  <https://orcid.org/0000-0003-0113-9998>



2025 Pysarenko P. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.