

УДК 551.502

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.15>

ФІЗИКО-ХІМІЧНА ОЦІНКА ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ВНАСЛІДОК МІЛІТАРНО-ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ

Мицик О.О. – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Гаврюшенко О.О. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Шевченко С.М. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Рудас В.О. – здобувач наукового ступеня доктора філософії
кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Грабко В.В. – здобувач наукового ступеня доктора філософії

кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

На сучасному етапі еволюції біосфери донний осад формується в умовах потепління, і тому особливий інтерес викликають райони з високими величинами сонячної радіації, температури як основних факторів продуктивності водоїм. Нажаль, в умовах мілітарно-техногенного впливу, водні екосистеми, так само як і ґрунтовий покрив зазнають змін у своєму фізико-хімічному стані, що вказує на актуальність обраного дослідження.

У статті наведено теоретичне обґрунтування та результати експериментальних досліджень з вивчення мілітарно-техногенного впливу на фізико-хімічні характеристики верхнього (0–30 см) шару донних осадів Каховського водосховища, з оцінкою рівня забруднення важкими металами.

Фізико-хімічними дослідженнями встановлено, що уміст гумусу по першій локації відбору проб донних відкладень становив 0,52 %; показник другої проби – 0,48 %. Уміст легкогідролізованих сполук коливався в межах від 13,54 до 14,05 мг/кг; нітратний азот змінювався з 3,08 до 3,17 мг/кг. Діапазон по рухомому фосфору складав від 20,37 до 21,83 мг/кг. Рівень реакції $pH_{водн}$ становив 8,78 та 8,91, що свідчить про сильнолужну реакцію середовища. Ємність катіонного обміну була в межах 33,83 і 32,65 ммоль/100 г. Уміст рухомої сірки становив від 15,41 до 17,22 мг/кг. Спостерігається високий уміст обмінного кальцію та магнію – 5290,04 й 4763,38 мг/кг. Мікроелементний склад відмічався наявністю сполук бору, заліза та мангану.

За умістом деяких важких металів, була відмічена наявність за валовим показником – мідь/яку (4,81 і 4,25 мг/кг) при гранично-допустимій концентрації 2,0 мг/кг. Показник по нікелю становив від 20,44 до 21,51 мг/кг за ГДК 50 мг/кг.

Фізико-хімічні властивості донних відкладень варіантів досліджень I-ї та II-ї локацій Каховського водосховища внаслідок мілітарного впливу дають змогу провести першочергову їх оцінку та навести результати едафічного аналізу стосовно умісту поживних речовин, політантів, наявності біофільних елементів.

Ключові слова: фізико-хімічні властивості, мілітарно-техногенний вплив, седименти, біофільні речовини.

Mytsyk O.O., Havriushenko O.O., Shevchenko S.M., Rudas V.O., Grabko V.V. Physico-chemical assessment of the bottom sediments of the Kakhovka Reservoir as a result of military-technogenic influence

At the current stage of the evolution of the biosphere, the bottom sediment is formed under conditions of warming, and therefore areas with high levels of solar radiation and temperature are of particular interest as the main factors of reservoir productivity. Unfortunately, in the conditions of military-technogenic influence, water ecosystems, as well as soil cover, undergo changes in their physical and chemical state, which indicates the relevance of the chosen research.

The article presents the theoretical justification and results of experimental studies on the learning of the military-technogenic impact on the physic and chemical characteristics of the upper (0–30 cm) layer of bottom sediments of the Kakhov reservoir, with an assessment of the level of contamination by heavy metals.

Physico-chemical revisions established that the humus content at the first location of bottom sediment sampling was 0.52%; the indicator of the second sample is 0.48%. The content of easily hydrolyzed compounds ranged from 13.54 to 14.05 mg/kg; nitrate nitrogen varied from 3.08 to 3.17 mg/kg. The range of mobile phosphorus was from 20.37 to 21.83 mg/kg. The pH reaction level was 8.78 and 8.91, which indicates a strongly alkaline reaction of the environment. The cation exchange capacity was between 33.83 and 32.65 mmol/100 g. The mobile sulfur content was from 15.41 to 17.22 mg/kg. A high content of exchangeable calcium and magnesium is observed – 5290.04 and 4763.38 mg/kg. The trace element composition was characterized by the presence of boron, iron and manganese compounds.

According to the content of some heavy metals, the presence of arsenic (4.81 and 4.25 mg/kg) at the maximum permissible concentration of 2.0 mg/kg was noted. The indicator for nickel was from 20.44 to 21.51 mg/kg at the MPC of 50 mg/kg.

The physico-chemical properties of the bottom sediments of the research variants of the 1st and 2nd locations of the Kakhovka Reservoir as a result of military influence make it possible to conduct a primary assessment of them and provide the results of the edaphic analysis regarding the content of nutrients, pollutants, and the presence of biophilic elements.

Key words: *physical and chemical properties, military-technogenic influence, sediments, biophilic substances.*

Постановка проблеми. Донні відкладення характеризують багатокомпонентні природні об'єкти, що відображають у своїй структурі та властивостях усю різноманітність внутрішньо-водоємних, басейнових та планетарних гідрофізичних та біогеохімічних процесів, що безпосередньо впливають на функціонування прісноводних екосистем через взаємодію між водою, седиментами та біотою. На сучасному етапі еволюції біосфери донний осад формується в умовах потепління, і тому особливий інтерес викликають райони з високими величинами сонячної радіації, температури як основних факторів продуктивності водойм. Нажаль, в умовах мілітарно-техногенного впливу, водні екосистеми, так само як і ґрунтовий покрив зазнають змін у своєму фізико-хімічному стані, що вказує на актуальність обраного дослідження [3, 7–8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Початкові дослідження донних відкладень річок та лиманів Причорномор'я були здійснені у 1895–1904 рр. на зламі ХІХ початку ХХ сторіччя, за результатами яких було виявлено про наявність піщаних осадів, прісноводних молюсків, мулів що утворилися у фазу поглиблення річкових долин при інгресії Чорного моря та його осолоненням завдяки поєднанню із Середземним морем у післяльодовиковий період. Це були перші напрацювання про плейстоценові алювіальні відкладення того часу [3–8].

У 1950-х роках в зв'язку з проектуванням гідротехнічної споруди та будівництвом Каховської ГЕС науковці-дослідники докорінно встановили наявність відкладень річкової системи Дніпра, представлених пісками, мулами, алевроитами осадових порід.

Протягом останніх десятиліть скидання забруднюючих речовин приведе до їх акумуляції у воді та донних відкладах. У свою чергу, накопичення токсичних сполук у водоймищах посилює екологічну небезпеку для гідробіонтів та людини. Ця актуальна проблема вже знайшла своє відображення у низці публікацій [3, 7–8]. Крім того, більшість дослідників розглядають водосховища як єдиний комплекс, що виступає у ролі накопичувача важких металів. Водночас водойми являють собою складні гетерогенні системи, що включають аквальні комплекси, які різняться за становищем на акваторії та фізико-географічним умовам.

Обговорення процесів акумуляції мілітарно-техногенних елементів у водосховищі з урахуванням диференціації водойми на окремі геосистеми є одним із методичних підходів, що дозволяють не лише оцінити роль аквального діапазону як акумулятору важких металів, а й прогнозувати характер їх наявності та накопичення у донному осаді. Такий прогноз може бути використаний для розробки системи природокористування, а також для утворення інформативного кейсу особливостей перерозподілу фізико-хімічних сполук у товщі гірських та донних відкладень [1–9].

Постановка завдання. Мета роботи – вивчити особливості фізико-хімічних властивостей та надати оцінку донним відкладенням Каховського водоймища внаслідок мілітарно-техногенного впливу.

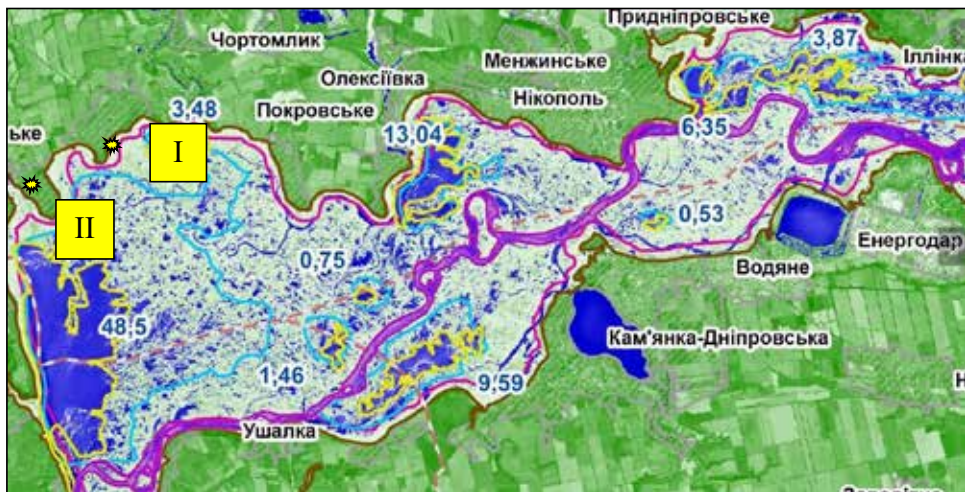


Рис. 1. Локації відбору проб донних відкладень (I варіант – с. Грушівка, II варіант – с. Мар'янське)

Об'єктом дослідження було обрано донні відкладення Каховського водосховища (Зеленодольська громада Криворізького району Дніпропетровської області, рис. 1–2) внаслідок мілітарно-техногенної руйнації греблі Каховської ГЕС. Кліматичні умови локації проведення дослідження відповідали зональним характеристикам регіону [7–8].



Рис. 2. Загальний вигляд проб донних відкладів

Виклад основного матеріалу досліджень. Фізико-хімічні властивості донних відкладень варіантів досліджень I-ї та II-ї локацій Каховського водосховища внаслідок мілітарного впливу дають змогу провести першочергову їх оцінку та навести результати едафічного аналізу стосовно умісту поживних речовин, політантів, наявності біофільних елементів.

Таблиця 1

**Фізико-хімічні характеристики досліджуваних локацій донного осаду
(у перерахунку на 0–30 см)**

№ з/п	Назва показника, одиниці вимірювання		Варіанти досліджу:	
			I	II
1	Гумус, %		0,52±0,11	0,48±0,12
2	Уміст азотистих сполук, мг/кг	легкогідролізовані	14,05±3,03	13,54±2,88
3		нітратні	3,08±0,12	3,17±0,81
3		амонійні	2,02±0,61	2,07±0,52
4	Рухомий фосфор, мг/кг		21,83±4,54	20,37±4,33
5	Обмінний калій, мг/кг		177,06±26,02	182,12±25,03
6	Обмінний кальцій, мг/кг		5290,04±466,02	4763,38±357,81
7	Обмінний магній, мг/кг		757,07±89,13	677,23±77,64
8	Обмінний натрій, мг/кг		156,05±23,01	135,21±21,12
9	рН _{водн}		8,91±0,11	8,78±0,14
10	Ємність катіонного обміну, ммоль/100 г		33,83±1,22	32,65±1,18
11	Рухома S, мг/кг		15,41±3,32	17,22±2,86
12	Мікроелементи, мг/кг	B	1,41±0,40	1,36±0,35
13		Fe	2,02±0,61	1,95±0,54
14		Mn	15,71±3,32	14,56±2,86
15		Cu	0,24±0,09	0,22±0,08
16		Zn	0,24±0,09	0,23±0,07

Фізико-хімічними дослідженнями встановлено, що уміст гумусу по першій локації відбору проб донних відкладень становив 0,52 %; показник другої проби – 0,48 %. Уміст азотистих легкогідролізованих сполук коливався в межах від 13,54

до 14,05 мг/кг; нітратний азот змінювався з 3,08 до 3,17 мг/кг. Різниця по рухомому фосфору складала діапазон від 20,37 до 21,83 мг/кг.

Рівень реакції рН_{водн} становив 8,78 та 8,91, що свідчить про сильнолужну реакцію середовища. Ємність катіонного обміну була в межах 33,83 і 32,65 ммоль/100 г. Уміст рухомої сірки становив від 15,41 до 17,22 мг/кг. Спостерігається високий уміст обмінного кальцію та магнію – 5290,04 й 4763,38 мг/кг. Мікроелементний склад відмічався наявністю сполук бору, заліза та мангану.

Таблиця 2

Порівняльна оцінка дослідження умісту важких металів у донних зразках різної локації Каховського водосховища (у перерахунку на 0–30 см)

Назва показника, одиниці вимірювання		Варіанти досліду:			
		I	II	III*	IV*
		центральна частина		верхів'я	
		нижня частина			
Кадмій, мг/кг	валовий вміст	0,54±0,18	0,38±0,13	1,31±0,17	0,14±0,08
	норматив ГДК	3,0		70,0	
Миш'як, мг/кг	валовий вміст	4,81±1,22	4,25±1,17	2,83±0,92	4,24±1,54
	норматив ГДК	2,0		0,61	
Нікель, мг/кг	валовий вміст	21,51±4,31	20,44±3,74	9,08±2,13	10,81±2,67
	норматив ГДК	50,0		1500	
Ртуть, мг кг	валовий вміст	0,020±0,009	0,021±0,008	0,082±0,004	0,051±0,006
	норматив ГДК	2,1		10	
Свинець, мг/кг	валовий вміст	11,22±2,51	11,36±2,33	14,42±1,68	12,81±1,73
	норматив ГДК	32,0		400	
Хром, мг кг	валовий вміст	23,92±4,73	21,84±3,85	40,41±3,55	20,92±3,14
	норматив ГДК	100,0		0,29	

Джерело: за матеріалами дослідження Jindrich Petrlik, Nikola Jelinek et al, 2023 р. [8]

Попередніми дослідженнями встановлено, що валовий вміст важких металів доцільно використовувати для загальної характеристики стану ґрунтів і їхньої потенційної небезпечності [7].

Наші дані показують на перевищення валового умісту миш'яку (4,81 і 4,25 мг/кг) при гранично-допустимій концентрації 2,0 мг/кг. Показник по нікелю становив від 20,44 до 21,51 мг/кг за ГДК 50 мг/кг. Варто припустити, що високий вміст вище згаданих речовин пов'язаний також із видобутком марганцевої руди відкритим способом (Чкаловський кар'єр № 2 ПГЗК), поблизу берегів р. Солоня, що є лівою притокою р. Базавлук. Солоня живиться переважно за рахунок атмосферних опадів, які стікаючи по відпрацьованій руді насичується солями. Базавлук впадає до Каховського водосховища поблизу населених пунктів Набережне та Грушівка. Вода річки Базавлука в місці впадання могла насичувати водосховище додатковими мінеральними речовинами. На рис. 3 ми можемо бачити систему водойм до яких впадає р. Базавлук, яка знаходиться неподалік місця відбору проб донних відкладів [1–2, 6, 9].



Рис. 3. Система водойм, що утворилася після руйнування Каховської ГЕС

Як відомо важкі метали утворюють міцні зв'язки з органічними сполуками, що осідають на донній поверхні. Враховуючи гідрологічні особливості зруйнованого Каховського водосховища – воно було озерного типу з практично відсутньою течією відбувалося постійне накопичення розчинених супутніх порід, що утворюються внаслідок активного видобутку марганцевої руди та неналежного зберігання відпрацьованих породних відвалів.

На нашу думку, саме такий розподіл важких металів в донному осаді пов'язаний із специфікою гранулометричного складу, наявністю ізоморфних домішок у структурах глинистих мінералів і стійких осадів малорозчинних солей (див. табл. 2).

Одержані результати узгоджуються з висновками Jindrich Petrlik, Nikola Jelinek, and others [8], які в повній мірі відображують геохімічні особливості утвореного мілітарно-техногенного донного ландшафту.

Висновки та пропозиції. В сучасних надскладних умовах техногенно-мілітарного впливу дослідження концентрації мікро, макроелементів, важких металів супроводжуються особливостями строкатості накопичення, так і їх перерозподілу в ґрунтовій (донній) товщі. Тому доцільним повинно бути запровадження періодичного моніторингу визначення рівня інтенсивності забруднення й контролю за вмістом валових та рухомих форм хімічних речовин, поллютантів, важких металів, тощо.

Отже, первісні результати фізико-хімічних властивостей донних відкладень Каховського водосховища дають можливість запровадити на державному рівні превентивний контроль та якісну систему моніторингу за мілітарно-техногенним впливом на навколишнє природне середовище в умовах Степового Придніпров'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gavryushenko O., Kharytonov M., Babenko M. Bioenergetic assessment of sweet sorghum grown on reclaimed lands. *Bulletin of Engineering*. 2019. P. 89–92.

2. Харитонов М. М., Бабенко М. Г., Мицик О. О., Гаврюшенко О. О., Пашова В. Т., Мартинова Н. В. Фізико-хімічне та біологічне тестування фітомеліорованих гірничих порід Покровського стаціонару рекультивації земель. *Агрологія*. 2018. 1(3). С. 300–305.
3. Napich H., Onoprienko D. Ecology and economics of irrigation in the south of Ukraine following destruction of the Kakhov reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81 (1). P. 301–314.
4. Яцук І. П., Балюк С. А. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ. 2-е вид., допов. Київ. 2019. 108 с.
5. Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин. Постанова КМУ від 15 грудня 2021 р. № 1325. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>.
6. Mytsyk O., Havryushenko O., Tsyliuryk O., Shevchenko S., Hulenko O., Shevchenko M., Derevenets-Shevchenko K. Reclamation of derelict mine land by simply growing crops. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81(1), P. 230–238.
7. Науковці Академії вивчають ложе Каховського водосховища <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=10888>.
8. Petrlík J., Jelínek N., Černochová M., Skalský M., Polák M., Angurets O., Kushch M. First research of the contamination on of the sediments from Kakhovka reservoir. *Brief evaluation of chemical analyses of sediments from Dnipro River and soil samples from Zaporizhzhia region, Ukraine*. 2023. 69 p.
9. Гаврюшенко О. О. Обґрунтування динаміки вмісту калію різних конструкцій техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. *Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. 1(3). С. 49–52.