

## ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА СТАНУ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ВОДОСХОВИЩ ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ

*Г.В. Лугова, Л.А. Устінова, О.М. Іванько, Л.І. Бідненко*

*Українська військово-медична академія МО України*

**Резюме.** В роботі представлена оцінка ступеня забрудненості донних відкладень в різних водних об'єктах дніпровського каскаду та проаналізовано рівень антропогенного навантаження на них за вмістом у донних відкладеннях важких металів та радіонуклідів.

**Ключові слова:** первинні ґрунти, вторинні ґрунти, рівень забруднення донних відкладень.

**Вступ.** Ситуація з водопостачанням військових об'єктів має тенденцію до погіршення на пострадянському просторі [1]. В науковій літературі є свідчення про необхідність враховувати потенційну небезпеку водного середовища для здоров'я людини при вирішенні питань контролю і прогнозу антропогенного впливу на водні екосистеми [2].

Басейн р. Дніпро можна віднести до екологічно небезпечних регіонів завдяки цілому ряду особливостей: його гідрогеологічному зв'язку із районом Чорнобильської катастрофи, великої кількості значних міст із розвинутою багатопрофільною промисловістю, інтенсивному розвитку сільського господарства у водозбірному басейні, значній кількості гідротехнічних споруджень та ін. [3]. Тому гігієнічна оцінка екологічного стану басейну набуває особливої актуальності [4-6].

Отже, формування донних відкладень у водосховищах – акумуляція речовин на дні, в тому числі й антропогенних забруднень – розглядається як процес санітарно-гігієнічного значення.

**Матеріали та методи дослідження.** Об'єктом дослідження було обрано стан донних ґрунтів водосховищ дніпровського каскаду. Предмет дослідження – звіт Українського наукового-дослідного інституту екологічних проблем (УНДІЕП) про науково-дослідну роботу “Регіональна оцінка впливу точкового та площадного забруднення на якість поверхневих та підземних вод басейну р. Дніпро”. Дослідження проводилося методом аналізу результатів натурних досліджень. Метою роботи було вивчення та гігієнічна оцінка стану забруднення донних відкладень водосховищ дніпровського каскаду.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Розрахунок об'ємів та запасів донних відкладень і оцінка темпів їх накопичення разом із акумульованими забруднюючими речовинами, потребує відбору чітких критеріїв класифікації.

Для дніпровських водосховищ була прийнята класифікація, в якій збережені основні принципи класифікації донних ґрунтів водосховищ – за

змістом пелітових часток та органічної речовини з урахуванням генезису, консистенції та інших ознак, але дещо змінена структура розподілення за типами у неорганічній підгрупі вторинних ґрунтів – донних відкладень, в яких виділені наступні типи: піски, замулені піски, мули піщанисті та глинисті. У групі первинних ґрунтів введені типи глинистої та суглинистої почви, які відносяться як піщані та супіщані, до основних типів ґрунто-ґрунтів (табл. 1).

Періодичні ґрунтові зйомки, що виконувались на дніпровських водосховищах з інтервалом у 5-7 років показали, що основні ареали залягання, в межах яких стійко формується той чи інший тип донних відкладень, стабілізуються вже через 7-10 років після заповнення водосховища, якщо режим його експлуатації не підлягає різким змінам. У сучасний період ґрунти, що затоплені водосховищами, практично повністю перекриті вторинними ґрунтами - донними відкладеннями, причому на значних площах дна сформувались мули. Найбільш широко вони розповсюджені в найменш проточному Каховському водосховищі, водообмін якого рівняє, в середньому, 2,8 разів на рік. В цілому по каскаду Дніпра замулені ділянки складають 65,6% площі дна, причому 43,7% займають глинисті мули, що найбільш активно акумулюють різні види забруднювачів.

Таблиця 1

### Класифікація донних ґрунтів дніпровських водосховищ

Група ґрунтів (донні відкладення)	Підгрупа ґрунтів	Тип ґрунту	Втрати у вазі при прокалюванні, %	Сума фракцій < 0,01 мм, %
Первинні	Неорганічні	Піщана почва	< 10	< 10
		Супіщана почва	10-30	10-30
		Суглиниста почва	10-30	30-50
		Глиниста почва	10-30	> 50
Трансформовані	Органічні	Торф	> 70	-
	Неорганічні	Оголені почви (ті, що розмиваються)	< 3	> 0
		Розбухлі почви	> 30	> 30
		Почви, що заболочуються ( замулюються)	> 10	> 0
Вторинні	Неорганічні	Пісок	< 3	< 5
		Замулений пісок	3-10	5-10
		Піщанистий мул	10-20	10-30
		Глинистий мул	20-40	> 30
	Органічні	Торф'янистий мул	40-70	> 30
		Відкладення з макрофітів	> 40	-

Примітка: значення показників наведені у % від абсолютно сухої маси.

У водосховищах Дніпра практично завершено процес формування ареалів залягання донних відкладень різних типів, що практично повністю перекрили первинні ґрунти. В результаті цього втратив своє значення “успадкований” фактор “вторинного” забруднення. У водосховищах широко розповсюджені (40-80% площі дна) тонко дисперсні мулові відкладення, які являються за своїм змістом та властивостями реакційно-активним субстратом. Відповідно, ці донні відкладення здатні не тільки акумулювати

такі забруднюючі речовини, як важкі метали, пестициди та радіонукліди, але й забезпечують умови для внутрішньо-структурної трансформації їх форм.

Основні види забруднюючих речовин у донних відкладеннях можуть бути охарактеризовані на основі комплексної екологічної класифікації якості поверхневих вод. В ній міститься оцінка якості вод за еколого-токсикологічними показниками, яка вміщує як неорганічні компоненти – переважно важкі метали, так і органічні: нафтопродукти, ПАР, пестициди. В зв'язку з аварією на Чорнобильській АЕС в окрему групу, вірогідно, слід виділити радіонукліди (табл. 2).

Перш за все встановлені найбільш високі концентрації у глинистих мулах, що підтверджує концепцію про зв'язок акумулюючої властивості з тонкодисперсною фракцією донних відкладень. Аналіз часток розміром менш 0,1 мм, які виділені ситовим методом, показав, що зміст у них марганцю, хрому та кобальту у 1,7-2,1 рази вище середнього у пробі, а заліза, нікелю та свинцю – більше у 1,4-1,5 разів. Цим і обумовлене зростання концентрацій важких металів від пісків до глинистих мулів, типове для всіх водосховищ каскаду Дніпра, як це показано для Каховського водосховища (табл. 3).

Відповідно, порівняльна оцінка сучасної забрудненості донних відкладень різних водосховищ каскаду виконана по глинистих мулах (табл. 4), з використанням літературних та архівних матеріалів. За наведеною таблицею достатньо чітко простежується перевищення над природними кларками по кадмію, свинцю та марганцю в мулах практично всіх водосховищ, а також підвищена концентрація всіх металів, що аналізуються, у мулах Дніпровського водосховища, яка обумовлена впливом антропогенного фактору – крупної промислової зони.

Так, при співставленні насиченості металами мулів в межах м. Запоріжжя з середнім їх змістом в мулах основної акваторії Каховського водосховища виявилось, що перші містять у 3,4-6,6 разів більше кобальту, свинцю та цинку, в 12 разів більше міді, в 23,5 рази більше нікелю, а перевищення кадмію досягає 42,4 рази. Така насиченість може бути пояснена лише надходженням металів з меж міста та промислової зони. Розрахунки дослідників показали, що насиченість мулів всіх водосховищ Дніпра кадмієм обумовлена антропогенним фактором, він також стимулює накопичення значної долі марганцю, але у Дніпровському та Каховському водосховищах антропогенний фактор активно приймає участь у насиченні мулів і іншими елементами.

**Площі залягання донних відкладень різних типів у дніпровських водосховищах у сучасний період**

Водосховище	Первинні ґрунти – заполнені ґрунти		Тип відкладень							
	км <sup>2</sup>	%	Піски		Піски замулені		Мули піщаністі		Мули глинисті	
	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%
Кі́ївське	31,4	3,4	352,1	38,2	75,7	8,2	132,8	14,4	330,1	35,8
Кані́вське	73,0	10,8	112,0	16,6	198,4	29,4	150,5	22,3	141,1	20,9
Кременчу́цьке	0,0	0,0	317,2	14,1	310,5	13,8	540,0	24,0	1082,2	48,1
Дніпро́дзержинське	0,0	0,0	95,8	16,9	246,1	43,4	114,0	20,1	111,1	19,6
Дніпро́вське	0,0	0,0	87,7	21,4	59,9	14,6	86,9	21,2	175,5	42,8
Каховське	54,0	2,5	193,5	9,0	187,0	8,7	507,3	23,6	1208,2	56,2
Усього в каскаді	158,4	2,3	1158,3	16,6	1077,6	15,5	1531,5	21,9	3048,2	43,7

Примітка: % розраховані від площі водосховищ (для каскаду – 6974 км<sup>2</sup>)

Таблица 3

**Середній зміст (мг/кг сухої маси) важких металів в різних типах донних відкладень Каховського водосховища**

Тип відкладень	Метали								
	Fe	Mn	Zn	Co	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr
Піски замулені	303	73,2	25,3	4,6	2,3	11,5	8,4	14,1	-
Мули піщаністі	18543	682,8	109,5	7,4	2,6	29,5	28,1	32,8	55,1
Мули глинисті	22257	1149,6	95,7	8,5	2,1	37,7	31,2	32,5	58,5

Таблиця 4

Середній зміст (мг/кг сухої маси) важких металів в глинистих мулах водосховищ Дніпра та їх кларки у осадочних породах

Водосховище	Метали								
	Fe	Mn	Cr	Ni	Zn	Cu	Co	Pb	Cd
Київське	40000	991	-	-	69,2	35,9	8,2	27,8	0,8
Канівське	30500	1598	-	-	76,8	38,4	67,4	55,9	1,6
Кременчуцьке	21700	1100	-	-	60,0	31,6	21,4	43,2	1,8
Дніпродзержинське	34700	590	68,0	53,0	59,7	68,0	12,7	40,4	0,8
Дніпровське	44500	2750	131,6	64,0	251,2	70,8	16,8	105,6	3,6
Каховське	22257	1150	58,5	31,2	95,7	37,7	8,5	32,5	2,1
Кларки в осадочних породах	33300	670	100,0	95,0	80,0	57,0	20,0	20,0	0,3

Вивчення нафтопродуктів та пестицидів у донних відкладеннях дніпровських водосховищ розпочато лише в останні роки. На прикладі ділянки Дніпровського водосховища у м. Дніпропетровська можна зробити висновок, що зміст нафтопродуктів в мулах практично на 2 порядки перевищує їх кількість у воді, відповідно, 82,52 мг/кг та 0,96 мг/л. Подібно співвідношення встановлено для хлорорганічних пестицидів: 1,44 мкг/кг та 0,03 мкг/л. В пробах просліджується чітка диференціація компонентів: в мулах переважають ДДТ, в воді – ГХЦГ.

Після 1986 р. суттєвим компонентом комплексу забруднюючих речовин у дніпровських водосховищах стали радіонукліди, перш за все довгоживучі: цезій-137 та стронцій-90. При цьому, в донних відкладеннях акумулювався переважно перший ізотоп. Його запаси в донних відкладеннях кожного з водосховищ виявились залежними не тільки від ступеня замулення, але й від близькості до джерела – місця аварії. Особливо чітко це проявляється при розрахунках питомих показників радіонуклідного забруднення (табл. 5).

Характерною особливістю цього типу забруднення являється зміна в часі стратифікації в мулах. Так, наприклад, в мулах Київського водосховища в перший рік після аварії фіксувався чітко виражений шар завтовшки до 5-8 см, в якому зміст цезію-137 досягав  $10^4$ - $10^5$  Бк/кг або на 2 порядки вище, ніж у шарі, що підстилає. Але вже у 1988 р. товщина шару мулу з підвищеною концентрацією збільшилась до 12-15 см при одночасному зниженні вертикального градієнту. Цей процес продовжувався й в наступні роки, вказуючи на міграцію радіонуклідів, як шляхом трансседиментації, так і крізь внутрішньо шарову дифузію.

Таблиця 5

**Характеристика радіонуклідного забруднення (за цезієм-137) донних відкладень дніпровських водосховищ**

Водосховище	Запас		Середня концентрація	
	Ki	%	$10^{-9}$ Ки/кг	Бк/кг
Київське	2560	65,0	57,4	2126
Канівське	380	9,7	13,9	515
Кременчуцьке	500	12,7	2,0	74,1
Дніпродзержинське	125	3,2	5,9	218
Дніпровське	63	1,6	0,8	30,7
Каховське	310	7,8	1,3	48,1
Сума в каскаді	3938	100,0	-	-
Середня в каскаді	-	-	5,9	218

Процес мулонакопичення, описаний вище, забезпечує акумуляцію на дні забруднюючих речовин різного типу. Так в мулах дніпровських водосховищ, в середньому за рік, акумулюється 7-14 г/м<sup>2</sup> марганцю, 0,2-0,6 г/м<sup>2</sup> міді, стільки ж кобальту, 0,6-1,4 г/м<sup>2</sup> цинку та нікелю. Найбільш інтенсивно накопичуються важкі метали в мулах трьох нижніх водосховищ каскаду: Дніпродзержинському, Запорізькому та Каховському, які знаходяться під

місним антропогенним впливом. Аналогічний висновок був отриманий шляхом розрахунку фактору (коефіцієнту) збагачення мулів за рахунок антропогенної складової. Він характеризує перевищення концентрацій над фоновими. Встановлено, що сума коефіцієнтів збагачення по кадмію, кобальту, міді, марганцю, свинцю та цинку для Київського водосховища дорівнює 8,6, а для Дніпровського – 24,2, Каховського – 16,1, причому найвищі значення цих коефіцієнтів відповідають кадмію – 12,0, марганцю – 3,8, цинку – 2,7, свинцю – 2,6. Слід визнати, що виявлені показники обумовлені сумарною дією седиментації тонко дисперсних часток разом з асоційованими забруднювачами та сорбції мулами водорозчинних форм забруднюючих речовин.

Основна концепція, на яку опирається вірогідність переходу забруднюючих речовин з донних відкладень в водні маси – “вторинне забруднення”, полягає у визнанні перших реакційно-активним субстратом.

Долю запасів важких металів та інших забруднюючих речовин розглядають як резерв міграції з донних відкладень у водні маси. Реалізація цього резерву може здійснюватись через дифузію та десорбцію, якщо активність гідродинамічних процесів в придонному шарі незначна, або одночасним (залповим) надходженням внаслідок вітро-хвильового скаламучення донних відкладень.

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що фактор дифузійно-десорбційний та фактор вітро-хвильового скаламучення рівнозначні у процесі міграції важких металів з донних відкладень у водні маси.

Більш консервативними виявились пестициди. Лабораторні дослідження впливу скаламучення (протягом 3-х годин) довели, що в дистильовану воду надходження пестицидів з мулів не відбулося. Можна вважати, що для цих забруднюючих речовин основним стимулятором міграції буде біохімічний фактор.

Міграція радіонуклідів носить вибірковий характер. Так, якщо 50-70% цезію-137 (в максимумі - 91%) мігрує у складі зважених часток, то стронцію-90 тільки 10% (в максимумі - 40%). Отже, різною буде і дія двох вищевказаних факторів на надходження цих ізотопів з донних відкладень: скаламучення – для цезію-137, дифузія та десорбція – для стронцію-90. Вивчення стратифікації цезію-137 в мулах Київського водосховища в перші 3 роки після аварії показало, що не можна виключити можливість дифузійної міграції цезію-137 з донних відкладень в водні маси. Про це свідчить зміщення межі забрудненого шару до поверхні розділу “дно-вода”. Однак питання про перевищення або відставання темпів дифузії та поховання забрудненого шару залишається відкритим та являється задачею подальших досліджень.

Отже, у надходженні забруднюючих речовин з донних відкладень у водні маси приблизно рівну питому активність проявляють вітро-хвильове скаламучення та дифузійно-десорбційний процес. Однак дія цих факторів розрізняється за просторовим та сезонним параметрами. Перший приурочений до зони піщанистих мулів та сезонного мулонакопичення, другий активізується на застійних ділянках з глинистими мулами.

Нейтралізація “вторинного” забруднення водних мас за рахунок надходження з донних відкладень може бути забезпечена, перш за все, припиненням дії антропогенних джерел. При цьому, суттєві запаси важких металів, радіонуклідів, пестицидів та інших забруднювачів через певний період часу будуть перекриті слабо забрудненим матеріалом та ізольовані від взаємодії з водними масами.

### **Висновки**

Таким чином, водні об’єкти басейну р. Дніпро зазнають потужного антропогенного навантаження. За ступенем насичення донних відкладень важкими металами, переважно з антропогенних джерел, провідне місце в каскаді Дніпра займають Дніпровське та Каховське водосховища, по радіонуклідам – Київське. Смість донних відкладень дніпровських водосховищ по акумуляції цих типів забруднюючих речовин ще не вичерпана. У порівнянні з осадовими породами в мулах дніпровських водосховищ спостерігаються суттєві перевищення змісту марганцю, цинку, свинцю та кадмію.

Відмінності щодо ступеня забрудненості донних відкладень в різних водних об’єктах дніпровського каскаду повинні бути враховані при здійсненні санітарно-епідеміологічного нагляду за водопостачанням в військових частинах, які дислоковані в басейні р. Дніпро.

### **Література**

1. Лобзин Ю.В., Огарков П.И., Мальниев В.В., Семена А.В. Экология и клинко-эпидемиологическая характеристика вирусных кишечных антропонозов в войсках // Воен. – мед. журн. - 2002. - №11. - С. 52-58.
2. Мамонтова Л.М., Авдеев В.В., Марков А.В. Мониторинг микробных сообществ водных экосистем // Гиг. и сан. – 2001. - №2. – С. 33-35.
3. Сподін Ю.М., Малащенко Є.О. Обґрунтування необхідності проекту «Розробка громадської програми екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води» // Акту. питання гігієни та екологічної безпеки України: наук.-практ. конф. : тез. допов. – К. – 2007. - Вип. 7 – С. 27-28.
4. Хижняк М. І. Еколого-гігієнічна оцінка техногенного забруднення підземних вод Дніпровського басейну в місцях дислокації великих військових з’єднань / М. І. Хижняк, Л. І. Бідненко, Г. В. Лугова // Проблемы военного здравоохранения и пути его реформирования : сб. науч. трудов Укр. воен.-мед. академии. – К., 1998. – С. 267-271.