

УДК 504.4.054

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.15>

ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ВОД ВОДОСХОВИЩА ЯЛПУГ У М. БОЛГРАД ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

Романчук М.Є. – к. геогр. н., доцент,
orcid.org/0000-0002-1741-7262

Тишкевич М. І. – студентка II курсу магістратури
orcid.org/0009-0007-0543-5424

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
mromanчук67@gmail.com, fgvfhbujn@gmail.com

Водосховище Ялпуг є складовою системи Придунайських озер і використовується для іригаційних, питних, рибогосподарських потреб тощо. До 60–70-х років воно мало статус озера та підтримувало природний водообмін з озером Кугурлуй. Після спорудження у 70-х роках дамб і шлюзових споруд усі Придунайські озера були перетворені на наливні водосховища з регульованим гідрологічним режимом. Нині водосховище Ялпуг–Кугурлуй поповнюється водними ресурсами річки Дунай через канали «105-й кілометр», Репіда та Скунда.

Нами було проведено оцінку якості вод водосховища Ялпуг в районі м.Болград, яке знаходиться на півдні Одеської області, за 2020–2023 роки для іригаційних, питних та рибогосподарських цілей.

Для визначення придатності води для зрошення були використані: класифікація С.Я. Бездніної (1984), за якою аналізувалося відсоткове співвідношення іонів натрію до суми катіонів у порівнянні з мінералізацією; методика Келлі і Лібіха, по якій розраховувалось співвідношення натрію до суми кальцію та магнію, а також магнію до суми кальцію та магнію; методика А.М. Можейка і Т.К. Воротника – характеризує співвідношення суми натрію та калію до суми кальцію, магнію, натрію та калію у порівнянні з коефіцієнтом K ; методика «Відсоток розчинного натрію» (SSP), яка визначає співвідношення натрію та калію до сумарної концентрації катіонів; методика адсорбційного співвідношення (SAR), яка базується на співвідношенні іонів Na^+ до іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} .

Встановлено, що вода водосховища по всім методикам, окрім SAR відповідає нормам лише у 2022 році, тоді як в інші роки для покращення якості вона потребує розбавлення прісною водою та застосування інших методів попередньої обробки. За показником SAR вода Ялпуга має низький ризик осолонцювання ґрунтів протягом усього періоду дослідження.

Оцінку якості вод для господарсько-питних потреб здійснювали відповідно до вимог ДСТУ 4808:2007 на основі середніх та найгірших показників. За методикою джерела централізованого питного водопостачання оцінюються за 80 показниками, згрупованими у сім груп. У даному дослідженні розглянуто 15 показників із двох груп, тому оцінка якості вод в м.Болград являється орієнтовною: II група – загально-санітарні показники хімічного складу води: сухий залишок (мінералізація), сульфати, хлориди, магній, твердість загальна, водневий показник (pH), азот

амонійний, азот нітритний, азот нітратний, окисність біохроматна (*ХСК*), розчинений кисень, біохімічне споживання кисню за п'ять діб (*БСК₅*); VII група – токсикологічні показники хімічного складу води: залізо загальне, нафтопродукти (*НП*), синтетичні поверхнево-активні речовини (*СПАР*).

У середньому за період 2020-2023 рр. визначено, що у водосховищі Ялпуг за середніми значеннями якості води «добра», чиста з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості. За найгіршими показниками якості води у водосховищі характеризується як «задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої. Оцінка води за показником фізіологічної повноцінності (СанПіН 2.2.4-171-10) показала, що найбільші перевищення діапазону нормативних значень спостерігаються за вмістом натрію та сухого залишку.

Для оцінки води водосховища, призначеної для рибогосподарських потреб, у роботі використано методику порівняння фактичних даних із нормативними значеннями, згрупованими за лімітуючою ознакою шкідливості (*ЛОШ*) – санітарно-гігієнічною, токсикологічною та рибогосподарською.

Було з'ясовано, що за весь період спостережень максимальне перевищення показників токсикологічної групи *ЛОШ* спостерігалось у 2020 році – у 4,13 разів, а санітарно-токсикологічної групи *ЛОШ* – у 2021 році – у 8,48 разів. Через обмеженість даних рибогосподарську *ЛОШ* було визначено лише за показником нафтопродуктів, який знаходиться в межах нормативу.

Ключові слова: іригація, питна вода, рибогосподарські потреби, органолептичні показники, токсичні речовини, загально-санітарні показники.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Вода водосховища Ялпуг є важливим ресурсом і використовується для різних потреб, як у м. Болград, так і прилеглих населених пунктах. Вона відіграє ключову роль у забезпеченні міста Болград питною водою, виступаючи основним джерелом водопостачання.

Водосховище використовується для промислового лову риби. Майже щороку Ялпуг зариблюється такими видами риб, як товстолоб, короп та білий амур, що підкреслює важливість контролю якості води для рибогосподарських цілей.

Проблема раціонального водокористування на зрошувальних системах особливо актуальна для півдня України, зокрема для Одеської області, де часто спостерігаються посушливі періоди, високі температури та недостатня кількість опадів.

З вище переліченого випливає, що необхідно здійснювати комплексну оцінку якості води, проводити постійний моніторинг та планувати ефективні водогосподарські заходи для забезпечення раціонального використання води водосховища Ялпуг для різних типів водокористування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Водосховище Ялпуг є об'єктом постійної уваги науковців, які здійснюють комплексні дослідження його вод для оцінки якості та придатності до різних видів використання [1с.156-193]

Деякі автори характеризували фізико-хімічні властивості води для питних потреб відповідно до вимог ДСТУ 4808:2007, СанПіН 4630-88 та *ІЗВ* [2 с. 89-93; 3; 4].

Якість вод Ялпуга має велике значення для зрошення, тому у роботах [5 с. 69-76; 6; 7; 8] приділяється велика увага цьому питанню.

Водосховище являється об'єктом промислового лову риби. У зв'язку з цим у деяких наукових працях приводяться дослідження води для рибогосподарського призначення з використанням комбінаторного індексу забруднення (*КІЗ*) й за індексом забруднення (*ІЗВ*) [9;10].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). В роботі застосований комплексний підхід до оцінки якості вод Ялпуга. Актуальність досліджень водосховища зумовлена необхідністю раціонального використання його вод, яка забезпечує питні потреби міста Болград, використовується для поливу сільськогосподарських земель прилеглих територій та являється об'єктом промислового та аматорського лову риби. З огляду на це, водосховище потребує постійного контролю якості вод для забезпечення ефективного й безпечного водокористування.

Матеріали і методи дослідження. Розрахунки виконано на основі даних спостережень: за 2020 рік – по декадах, а за 2021–2023 роки – по місяцях. Вихідні дані для дослідження були надані підрозділом Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю, ВП «Причорноморський ЦВРГ».

Оцінювання якості води для зрошення проводять за кількома критеріями: враховують загальну мінералізацію, вміст токсичних елементів, температуру води, концентрацію зважених речовин, співвідношення основних катіонів (насамперед натрію до кальцію та магнію), концентрацію біогенних речовин тощо [3; 4; 5;6].

Згідно з класифікацією Бездніної С.Я. (1984 р.) поряд з мінералізацією (M_o , г/дм³) вод враховується відсоткове співвідношення іонів натрію до суми катіонів (kNa) і за якістю поділяється на типи: I ($M_o \leq 0,50$; $kNa \leq 60\%$) – води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів; II ($0,50 < M_o \leq 1,0$; $kNa \leq 60\%$) – води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів; III – води обмежено придатні (III₁₋₅ ($1,0 < M_o \leq 5,00$; $kNa \leq 60\%$) – потребують поліпшення розведенням; III₆₋₇ ($M_o \leq 0,50$; $60\% < kNa \leq 76\%$) – потребують хімічної меліорації; III₈₋₉ ($0,50 < M_o \leq 1,0$; $60\% < kNa \leq 76\%$) і III₁₀₋₁₂ ($1,0 < M_o \leq 5,0$; $60\% < kNa \leq 70\%$) – потребують розведення і хімічної меліорації); IV – води умовно придатні (IV₁ ($M_o \leq 1,0$; $76\% < kNa \leq 93\%$) – потребують хімічної меліорації; IV₂ ($1,0 < M_o \leq 3,0$; $70\% < kNa \leq 76\%$), IV₃ ($1,0 < M_o \leq 2,0$; $76\% < kNa \leq 93\%$ або $2,0 < M_o \leq 3,0$; $76\% < kNa \leq 86\%$) і IV₄ ($3,0 < M_o \leq 4,0$; $70\% < kNa \leq 86\%$ або $4,0 < M_o \leq 5,0$; $70\% < kNa \leq 80\%$) – потребують розведення і хімічної меліорації); V – води не придатні для зрошення [6;7].

Відповідно до методики Келлі та Лібіха наявність Na^+ і Mg^{2+} у поливній воді не впливає шкідливо на ґрунт, якщо виконуються співвідношення [4,5]:

$$rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})\leq 1,0 \quad (1)$$

$$rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})\leq 1,0 \quad (2)$$

Можейко А.М. і Воротник Т.К. вважають, що вода є придатною для поливу за умови, якщо коефіцієнт K , який визначається як співвідношення [3;6;7]:

$$(Na^++K^+)/(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^++K^+)\leq 0,65, \quad (3)$$

де Na^+ , K^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} – це концентрації катіонів у ммоль/дм³, не перевищує 0,65. При значенні $K \leq 0,65$ вода вважається сприятливою для поливу; якщо $0,65 < K \leq 0,75$ – несприятливою; при $K > 0,75$ – дуже несприятливою, спричиняє осолонцювання ґрунту.

SAR (натрієво-адсорбційне відношення) відображає відносну частку іонів Na^+ порівняно з іонами Ca^{2+} і Mg^{2+} у воді [8].

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}} \quad (4)$$

де Na^+ , K^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} – це концентрації катіонів у мг-екв/дм³

Значення SAR показує потенціал накопичення натрію в ґрунті внаслідок тривалого використання води, насиченої натрієм (Ayers and Westcot, 1985). Відповідно до діапазону значень SAR , зрошувальну воду можна поділити на чотири класи: $SAR < 10$ – відмінна, $10-18$ – добра, $18-26$ – сумнівна, $SAR > 26$ – непридатна.

У дослідженні використано методику SSP (Sodium Soluble Percentage). Підхід запозичено з роботи Міліці Вране щодо оцінки зрошувальної води в контексті ЦСР 6 (Цілі сталого розвитку). SSP є практичним показником, що характеризує співвідношення натрію та калію до загальної кількості катіонів у воді [8].

$$SSP = \frac{Na^+}{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+)} \times 100 \quad (5)$$

де Na^+ , K^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} – це концентрації катіонів у мг-екв/дм³

Якщо значення SSP менше 50% то вода придатна для зрошення, якщо понад 50%, то непридатна.

Для оцінки якості води, призначеної для питних потреб населення, використано методику ДСТУ 4808:2007, яка передбачає класифікацію

поверхневих вод за гігієнічними та екологічними критеріями для об'єктів централізованого питного водопостачання. Методика включає 80 показників, згрупованих у сім блоків [11].

Діапазон величин показників (критеріїв) якості поверхневих вод поділений на чотири класи: 1 клас – відмінна, бажана якість води; 2 клас – добра, прийнятна якість води; 3 клас – задовільна, прийнятна якість води; 4 клас – посередня, обмежено придатна, небажана якість води. Згідно з гігієнічними нормативами, вода вважається придатною за умови належності до 1–3 класів якості [11].

Аналіз вихідних даних проводився за середніми та найгіршими значеннями. Він охоплює 15 показників із двох груп, тому результати слід розглядати як орієнтовні:

1) II група – загально-санітарні показники хімічного складу води: сухий залишок (мінералізація), сульфати, хлориди, магній, твердість загальна, водневий показник, азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, окисність біохропатна (*ХСК*), розчинений кисень, *БСК₅* ;

2) VII група – токсикологічні показники хімічного складу води: залізо загальне, нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР).

Значення узагальненого інтегрального індексу якості вод визначають за формулою:

$$I_{\text{інтегр}} = \frac{I_{II} + I_{VII}}{2} \quad (6)$$

де I_{II} – I_{VII} – величини групових індексів, виражених у класах;
2 – кількість групових індексів.

Оцінка якості вод для рибогосподарського використання проводилась за речовинами, які поділені на наступні групи за *ЛОШ* (лімітуюча ознака шкідливості): санітарно-токсикологічна, токсикологічна та рибогосподарська [9].

Якщо показники якості вод не виявляють ефекту спільної дії, значення кожного з параметрів окремо не повинно перевищувати норматив:

$$Ci \leq ГДК_i \quad (7)$$

Показники з ефектом сумачії відображають сукупний вплив кількох речовин із подібним механізмом дії або однаковою лімітуючою ознакою шкідливості. Для кожної групи *ЛОШ* обчислюється інтегральний показник, значення якого не має перевищувати одиницю:

$$\Psi = \sum_1^n \left(\frac{Ci}{ГДК_i} \right) \leq 1 \quad (8)$$

де n – кількість речовин у групі ЛОШ;

C_i – концентрація i -ої речовини.

До токсикологічної групи ЛОШ віднесено: амонійний азот, сполуки заліза та СПАР; до санітарно-токсикологічної – нітратний азот, кальцій, магній, сульфати й хлориди, а до рибогосподарської – нафтопродукти.

Результати досліджень та їх обговорення. Оцінка якості води для зрошення проводилася за II-й та III-й квартали, що відповідає початку та кінцю вегетаційного періоду рослин. За класифікацією Бездніної С. Я. (1984), у 2020, 2021 роках та у II кварталі 2023 року вода відноситься до категорій III₁–III₂ і потребує поліпшення шляхом розбавлення.

Найгірша ситуація спостерігається у III кварталі 2023 року, коли вода потребує як розбавлення, так і хімічної меліорації. Придатною для зрошення вона була лише у 2022 році (табл. 1).

За методикою Келлі та Лібіха (табл. 2), концентрації натрію та магнію мають дорівнювати 1,0 або не перевищувати цього значення. За всі роки спостережень концентрація магнію коливалася від 0,63 мг-екв./дм³ (III квартал 2020 року) до 0,70 мг-екв./дм³ (III квартал 2020 року), тобто токсичної дії на ґрунт не виявлено. Концентрація натрію досягала максимального значення у III кварталі 2023 року (2,09 мг-екв./дм³), а у 2020–2021 рр. показники коливалися в межах 1,33–1,55 мг-екв./дм³.

Лише у 2022 році вода відповідала вимогам для зрошення і не містила токсичних концентрацій натрію та магнію.

Таблиця 1. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград (II–III квартали 2020–2023 рр.) за класифікацією Бездніної С.Я.

Рік	Загальна мінералізація		Na, % від суми катіонів		Рекомендації	
	Квартали					
	II	III	II	III	II	III
2020	1530,24	1365,32	56,41	59,88	III(2) поліпшення розбавленням	III(1) поліпшення розбавленням
2021	1309,84	1288,92	57,48	57,94	III(1) поліпшення розбавленням	III(1) поліпшення розбавленням
2022	837,63	934,22	36,39	40,48	II придатні для зрошування	II придатні для зрошування
2023	1383,9	1043,08	57,85	67,63	III(1) поліпшення розбавленням	III(10) потребують розбавлення і хімічної меліорації

За методикою Можейка А. М. і Воротника Т. К. (табл. 3) у 2020 та 2021 роках значення коефіцієнту K коливалося в межах 73,02–76,06 ммоль/дм³ та 74,02–74,72 ммоль/дм³ відповідно, що характеризує воду як несприятливу для поливу.

Таблиця 2. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград за методикою Келлі та Лібіха (II–III квартали 2020–2023 рр.)

Рік / квартал	Na+		Mg ²⁺		Можливість використання Na+		Можливість використання Mg ²⁺	
	II	III	II	III	II	III	II	III
2020	1,33	1,55	0,65	0,63	Не можливо	Не можливо	Можливо	Можливо
2021	1,39	1,43	0,67	0,64	Не можливо	Не можливо	Можливо	Можливо
2022	0,57	0,68	0,66	0,70	Можливо	Можливо	Можливо	Можливо
2023	1,37	2,09	0,68	0,55	Не можливо	Не можливо	Можливо	Можливо

У 2022 році якість води покращилася: у II кварталі значення K становило 53,36 ммоль/дм³, а у III кварталі – 57,64 ммоль/дм³, що свідчить про можливість використання води для зрошення. У 2023 році ситуація погіршилася порівняно з 2022 роком, при цьому зафіксовано найвище значення коефіцієнту K за весь період спостережень – 80,70 ммоль/дм³ (III квартал). Водночас можна відмітити тенденцію, що в усі роки дослідження показники у II кварталі були кращими, ніж у III кварталі.

Таблиця 3. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг-м. Болград за методикою Можейка А.М. і Воротника Т.К. (II–III квартали 2020–2023рр.)

Рік	II квартал	III квартал	II квартал	III квартал
	значення		характеристика	
2020	73,02	76,062	Несприятлива	Несприятлива, викликає осолонцювання ґрунту
2021	74,02	74,72	Несприятлива	Несприятлива
2022	53,36	57,64	Сприятлива для поливу	Сприятлива для поливу
2023	73,30	80,70	Несприятлива	Несприятлива, викликає осолонцювання ґрунту

За методикою SAR ризик накопичення натрію в ґрунті внаслідок тривалого використання води оцінюється як малий. Значення показника коливаються в межах від 2,32 мг-екв/дм³ (II квартал 2022 р.) до 6,60 мг-екв/дм³ (III квартал 2023 р.) (табл. 4).

За методикою SSP вода вважається придатною для поливу за співвідношенням натрію до загальної кількості катіонів лише у 2022 році, коли відсоткові значення становили 36,38% та 40,48%, що менше порогового рівня 50% (табл. 5).

Наукові підходи до оцінки придатності води для зрошення більш детально розглянуті у праці Лозовіцького П. С. (2014 р.), де період досліджень охоплює 1951–2013 рр. Автор аналізував якість води за методиками Буданова, Саболяча й Дараба, коефіцієнтом SAR , методикою Можейка

і Воротніка, а також за розрахунком кількості токсичних солей в еквівалентах хлору [3]. У нашій роботі також застосовано методики *SAR* та Можейка і Воротніка, але й додатково використані класифікація Бездніної С.Я. (1984 р.), Келлі та Лібіха, *SSP*. Для оцінки якості вод для поливу були розглянуті сучасні дані за 2020–2023рр. (II–III квартали), які відповідають періоду активної вегетації рослин.

Таблиця 4. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг-м. Болград за методикою *SAR* (II–III квартали 2020–2023 рр.)

Департамент сільського господарства США				
Рік	<i>SAR</i>		Небезпека осолонцювання	
	II квартал	III квартал	II квартал	III квартал
2020	5,93	6,19	мала	мала
2021	5,63	5,67	мала	мала
2022	2,32	2,84	мала	мала
2023	5,71	6,60	мала	мала

Таблиця 5. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг-м. Болград за методикою *SSP* (II–III квартали 2020–2023рр.)

Рік	<i>SSP</i> , %		Оцінка якості вод	
	II квартал	III квартал		
2020	56,41	59,88	Непридатна	Непридатна
2021	57,48	57,93	Непридатна	Непридатна
2022	36,38	40,48	Придатна	Придатна
2023	57,84	67,63	Непридатна	Непридатна

Порівнюючи результати за методикою *SAR*, Лозовіцький П.С. встановив, що 45,87% проб води озера мали значення $SAR > 8$, що свідчило про ризик підлушення ґрунтів. У 1966–1975 та 1991–2013 рр. вода характеризувалася слабкою лужністю та низькою небезпекою осолонцювання, тоді як у 1976–1990 рр. показники відповідали середній лужності та підвищеному ризику осолонцювання [3]. У наших розрахунках вода протягом усього досліджуваного періоду мала низький ризик осолонцювання ґрунтів.

За методикою Можейка А.М. і Воротніка Т.К. Лозовіцький визначив, що 87,47% проб мали значення r нижче загрозового рівня [3]. Натомість, згідно з нашими результатами, вода є несприятливою для поливу у 50% випадків, становить ризик осолонцювання ґрунтів – у 25% проб і у 25% – являється придатною для зрошення.

Артинова І. І. (2020) досліджувала оз. Ялпуг–Кугурлуй за 2007–2015рр., використовуючи K_3 та співвідношення Na^+/Ca^{2+} і $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$, і встановила непридатність води для зрошення взимку [4]. У нашому дослідженні оцінювання проведено для II–III квартали – періоду активної вегетації, що робить результати практично релевантнішими.

Один із ключових показників для зрошення – температура води. Оптимальною для поливу сільськогосподарських угідь вважається температура 18–20 °C [7]. Не один з авторів не приділяв цьому питанню уваги. В нашій роботі було з'ясовано, що придатною для зрошення вода Ялпуга була лише у II кварталі 2020 року (18,5 °C) та у вересні 2021 року (18 °C). В інші періоди температура води була або вище, або нижче бажаного діапазону.

Аналіз якості вод водосховища Ялпуг для питного водопостачання за нормами ДСТУ 4808:2007 проводився за санітарно-хімічними (блок II) та токсикологічними (блок VII) показниками. Для кожного показника було розраховано середнє річне значення та визначено найгірше значення, після чого обчислено блокові індекси та встановлені відповідні класи й підкласи якості вод. Оцінювання виконувалося окремо для кожного року спостережень.

У табл. 6 представлений узагальнений інтегральний індекс для середніх значень, а у табл. 7 – для найгірших показників.

Вода за весь період 2020–2023 рр. за середнім інтегральним індексом (*Інтегр. сер.*) відповідала 2 класу (2(3) підклас) і оцінювалася як «добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільна», слабо забруднена, прийнятної якості.

Таблиця 6. Середні значення узагальненого інтегрального індексу якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград за 2020-2023 рр.

	Рік	Оцінка якості води (середні значення)		
		Значення	Підклас якості	Характеристика
І інтегр. сер	2020	2,64	2-3	Вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої
	2021	2,3	2(3)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості
	2022	2,3	2(3)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості
	2023	2,23	2	«Добра», чиста вода прийнятної якості
Інтегр. сер. 2020-2023 рр.		2,37	2(3)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості

Найгірша якість води спостерігалася у 2020 році – 2–3 підклас (3 клас), що характеризувалося як перехідний стан від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої води. Найкращий стан води зафіксовано

у 2023 році – 2 підклас (2 клас), що відповідає оцінці «добра», чиста вода прийнятної якості. За найгіршими показниками інтегрального індексу вода Ялпуга протягом 2020–2023 рр. відносилася до **3-го класу якості і відрізнялася** лише підкласами (табл. 7).

У 2020 та 2022 роках вона належала до 3-го підкласу та характеризувалася як «задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості. У 2021 році якість води була дещо кращою (2–3 підклас) – перехідна за станом від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої. У 2023 році вода відносилася до 3(2) підкласу, що оцінюється як «задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої.

Найбільш негативний вплив на якість вод Ялпуга мали зміни у часі сухого залишку (мінералізації), сульфатів, водневого показника, твердості загальної (рис. 1-4.)

Графік зміни сухого залишку (мінералізації) наведений на рис. 1. Порогове значення 3-го класу якості вод за ДСТУ 4808:2007 становить 1000мг/дм³. Перевищення фіксувалися у всі роки, окрім квітня–жовтня 2022р. (800–961мг/дм³) та вересня 2023 р. (984 мг/дм³).

Найвище значення зафіксовано у II кварталі 2020 р. – 1530 мг/дм³ (1,53 рази вище норми).

Таблиця 7. Найгірші значення узагальненого інтегрального індексу якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград за 2020-2023 рр.

	Рік	Оцінка якості води (найгірших значень)		
		значення	Під-клас якості	Характеристика
І інтегр. нг	2020	3,08	3	«Задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості
	2021	2,6	2-3	Вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої
	2022	3,1	3	«Задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості
	2023	2,79	3(2)	«Задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої
Інтегр.нг. 2020-2023 рр.		2,89	3 (2)	«Задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої

За вмістом сульфатів майже протягом усього періоду дослідження спостерігалось перевищення нормативу 3-го класу якості (250 мг/дм³), що свідчить про його значний вплив на водосховище. Показники коливалися від мінімальних значень (38,7 мг/дм³) у червні 2022 року до максимальних (689,3мг/дм³) – у лютому того ж року, що у 2,7 разів перевищувало встановлену норму (рис. 2).

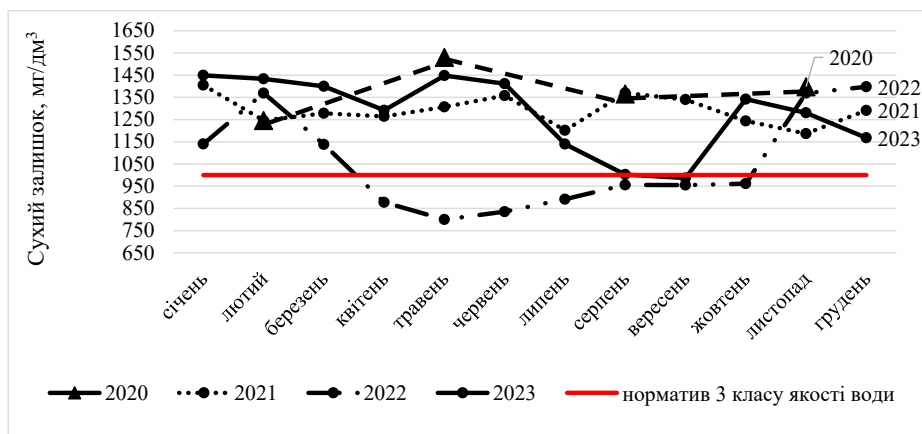


Рис. 1. Динаміка сухого залишку у воді водосховища Ялпуг – м. Болград

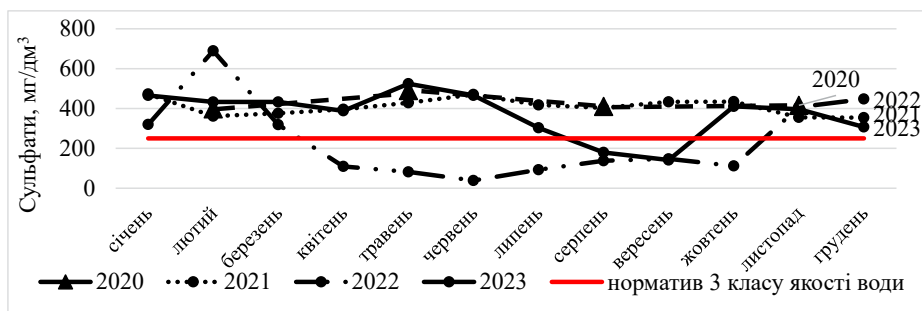


Рис. 2. Графік зміни концентрації сульфатів у воді водосховища Ялпуг – м. Болград

За вмістом водневого показника (pH) зафіксовано перевищення нормативу для 3-го класу якості води ($8,5\ pH$), що вказує на підлуження середовища. У 2020 році перевищення спостерігалось у II кварталі ($8,9\ pH$). У 2021 році невідповідність нормі зафіксована у квітні ($9,27\ pH$), травні ($8,86\ pH$), червні ($9,0\ pH$), серпні ($9,2\ pH$) та жовтні ($8,7\ pH$). У 2022 році перевищення відмічене в травні ($8,8\ pH$), липні ($8,7\ pH$) і листопаді ($8,6\ pH$), а в 2023 році – у січні ($8,6\ pH$) та березні ($8,7\ pH$) (рис. 3).

Значення загальної твердості перевищували норматив ($7\ \text{ммоль/дм}^3$) тільки протягом 2020–2021 рр. Показники коливалися від $7\ \text{ммоль/дм}^3$ (серпень 2021р.) до $10\ \text{ммоль/дм}^3$ (II квартал 2020 р.) (рис. 4).

Одиничні перевищення відповідних нормативів якості вод водосховища Ялпуг були зафіксовані: за вмістом хлоридів (в 1,1 разів у жовтні 2022 року); за вмістом азоту амонійного (в 3,34 разів у червні 2021 року); за показником $БСК_5$ (в 1,4 рази у грудні 2021 року) та показником $ХСК$ – у 3,47 разів вище межі 3-го класу якості.

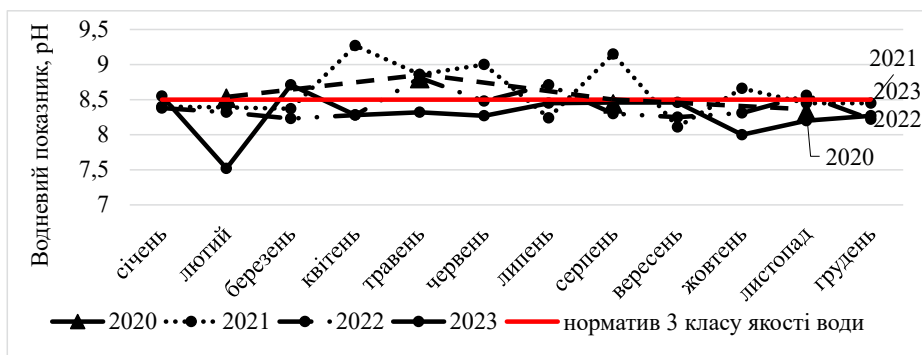


Рис. 3. Динаміка показника рН в воді водосховища Ялпуг – м. Болград

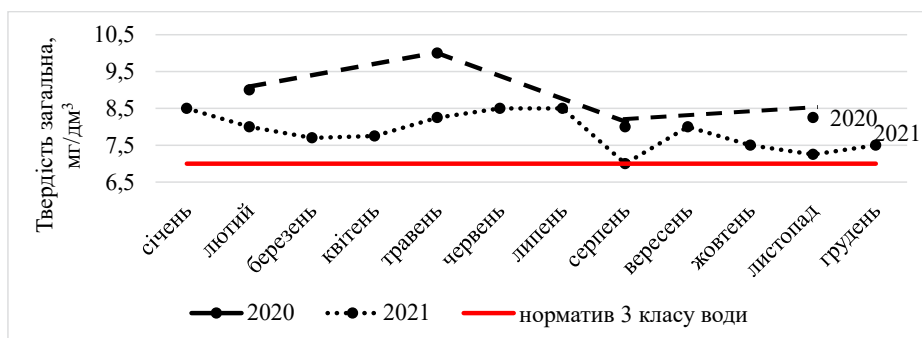


Рис. 4. Динаміка загальної твердості води водосховища Ялпуг – м. Болград

Вода, яку використовує м. Болград для питного водопостачання повинна відповідати гігієнічним вимогам нормативного документу Сан-ПіН 2.2.4-171-1 [12]. Більш того, концентрація мінералізації у воді, її складові, загальна жорсткість та деякі інші компоненти мають бути адекватними біологічним потребам організму та відповідати показникам фізіологічної повноцінності. Дані розрахунків наведені в табл. 8.

За показником жорсткості перевищення верхньої межі норми зафіксовано лише один раз – у II кварталі 2020 року (10 ммоль/дм³).

Концентрація кальцію перевищувала верхню межу норми (75 мг/дм³) у 1,33 рази – у I кварталі 2020 року.

За вмістом магнію перевищення верхньої межі норми (50 мг/дм³) спостерігалось у серпні та жовтні 2022 року, а також у березні та вересні 2023 року – у 1,58 разів. Концентрація натрію була вищою за норму протягом усього періоду дослідження: найменше перевищення становило 1,5 рази (травень 2022 р.), а найбільше – 15 разів (II квартал 2020 року).

Таблиця 8. Діапазон показників фізіологічної повноцінності питної води водосховища Ялпуг – м. Болград (2020-2023 рр.)

Найменування показників	Одиниці виміру	Діапазон фактичних значень	Діапазон нормативних значень
Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	1,7 – 10↑	1,5 – 7,0
Загальна лужність	ммоль/дм ³	-	0,5 – 6,5
Кальцій	мг/дм ³	40,2 – 100↑	25 – 75
Магній	мг/дм ³	18,0 – 79↑	10 – 50
Натрій	мг/дм ³	100,1↑ – 305↑	2 – 20
Сухий залишок	мг/дм ³	800↑ – 1530↑	200 – 500

Сухий залишок перевищував верхню межу діапазону нормативних значень протягом усього періоду 2020-2023рр.: мінімальний показник зафіксований у травні 2022 року (800мг/дм³), а максимальний – у II кварталі 2020 року (1530 мг/дм³).

В роботі Лозовіцького П. С. (2014 р.) для оцінки якості вод Ялпуга, як об'єкту водопостачання, використовувалася порівняльна характеристика фактичних даних із нормативами ДСанПіН 2.2.4-171-10. Цей документ регламентує якість водопровідної води та з колодязів та каптажів джерел [3]. В нашій роботі, окрім ДСанПіН 2.2.4-171-10, також використано методику ДСТУ 4808:2007, яка характеризує якість води у місцях водозабору для подальшого використання її, як джерела централізованого водопостачання.

У роботі Артинової І. І. розглядалося використання води водосховища для питних потреб за сольовим складом, органічними речовинами, азотом і фосфором [4]. У нашій роботі для більш повної оцінки якості вод Ялпуга проведений детальний аналіз перевищень відповідних нормативів по кожному з 15 показників, що відносяться до II (санітарно-хімічні) та VII (токсикологічні) блоків методики ДСТУ 4808:2007.

Для оцінки якості вод для рибогосподарського водокористування вихідні данні були згруповані за лімітуючою ознакою шкідливості за токсикологічними, санітарно-токсикологічними та рибогосподарськими критеріями. Вміст амонійного азоту, який входить до токсикологічної групи ЛОШ, у 2021 році становив 0,5 мг/дм³, що перевищує норматив ($ГДК_{кр} = 0,39$ мг/дм³) у 1,8 разів; у 2022 році – концентрація становила 0,4 мг/дм³, що у 1,02 рази вище нормативного значення.

За вмістом заліза рибогосподарський норматив ($ГДК_{кр} = 0,1$ мг/дм³) був перевищений у 2020-му (0,23 мг/дм³) та у 2022-му роках (0,14 мг/дм³). Концентрація СПАР лише у 2022 році була вищою за $ГДК_{кр}$ (0,1мг/дм³) і становила 0,12 мг/дм³.

За санітарно-токсикологічною групою *ЛОШ* перевищень за вмістом нітратного азоту та кальцію протягом років спостережень не зафіксовано. Вміст магнію у всі роки перевищував середньорічне значення *ГДК_{рз}* (40мг/дм³): у 2023 році він становив 63,8 мг/дм³, а у 2022 році – 69,4 мг/дм³.

Концентрація сульфатів також була вищою за *ГДК_{рз}*, яке дорівнює 100мг/дм³. Найбільше значення зафіксоване у 2021 році (509,79мг/дм³) і у 5,1 разів перевищує допустимий показник; найнижче значення спостерігалося у 2022 році (241,8 мг/дм³) і було у 2,4 рази вище від норми.

Вміст хлоридів лише у 2021 році (336,04 мг/дм³) перевищував встановлений норматив у 1,2 рази.

Підсумкові результати (табл. 9) за усіма групами *ЛОШ* відображають стан якості води водосховища Ялпуг протягом періоду дослідження.

За даними табл. 9 побудовано гістограму (рис. 5). Аналіз результатів показує, що найбільший негативний вплив на якість води справляє санітарно-токсикологічна група *ЛОШ*. Значне перевищення цього показника зумовлене високою концентрацією сульфатів протягом усього періоду спостережень (рис. 6).

Таблиця 9. Підсумкова таблиця якості води для рибогосподарського використання водосховища Ялпуг за 2020-2023 рр.

<i>ЛОШ</i>	Роки			
	2020	2021	2022	2023
Токсикологічна	4,13	2,73	4,02	2,92
Санітарно-токсикологічна	7,25	8,52	5,26	5,75
Рибогосподарська	0,4	0,4	0,3	0,05

За токсикологічною групою *ЛОШ* також були перевищення протягом періоду дослідження і значення коливались від 2,73 (2021 р.) до 4,13 (2020р.). За рибогосподарською групою *ЛОШ* оцінку проведено орієнтовно через відсутність повних даних – лише за концентрацією нафтопродуктів у воді. Перевищень нормативів не виявлено.



Рис. 5. Зміна у часі якості вод водосховища Ялпуг за *ЛОШ*

Концентрація сульфатів перевищувала гранично допустиму концентрацію для рибогосподарських водойм (100 мг/дм^3) протягом усього періоду спостережень, за винятком травня ($81,8 \text{ мг/дм}^3$), червня ($38,7 \text{ мг/дм}^3$) та липня ($92,8 \text{ мг/дм}^3$) 2022 року. У ці місяці показники тимчасово знижувалися, після чого знову спостерігалось зростання концентрації сульфатів у воді.

У роботі А. В. Чугай та О. В. Деревенської (2018) дослідження вод Ялпуга, як об'єкту рибогосподарського використання, проводилися за 2003–2017 рр., а для оцінки якості вод застосовувався комбінаторний індекс забруднення (*KI3*). Вода водосховища Ялпуг відносилась до класу «дуже брудна» (клас IVб–IVг), найбільші перевищення спостерігалися за магнієм і сульфатами, проте загальна тенденція свідчить про поступове зменшення забруднення після 2004 р. [10].

У нашій роботі оцінка проводилася за лімітуючими ознаками шкідливості, що дозволяє визначити ефект спільної дії речовин, віднесених до однієї групи *ЛОШ*.

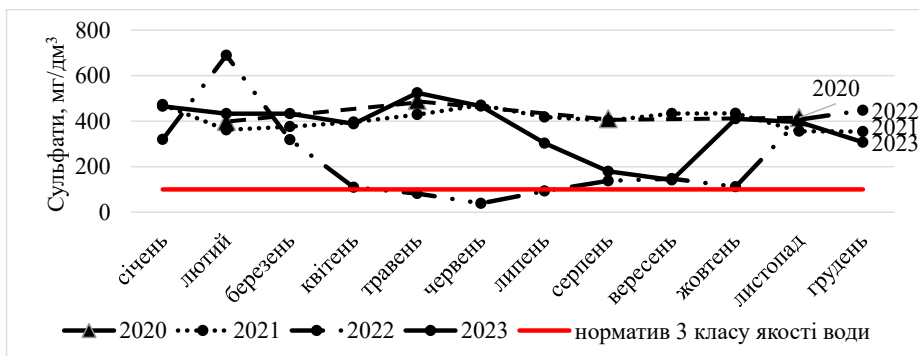


Рис. 6. Динаміка концентрації сульфатів відносно ГДКрг.

Дослідження останніх років, що стосуються рибогосподарського використання водосховища, в основному зосереджені лише на флорі та фауні Ялпуга, зокрема у роботах П. Герасимюка (2025 р.), Шекка та Т. В. Моторного (2024 р.), а також Bogach M., Panikar V. (2024 р.) [13, 14, 15]. Вони не надають оцінки саме стану якості вод водойми.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Водосховище Ялпуг є найбільшим прісноводним об'єктом Одеської області, що використовується як джерело питного водопостачання, для рибного господарства та зрошення прилеглих сільськогосподарських угідь. На основі отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1) *Оцінка якості вод для іригаційних цілей:* Вода водосховища Ялпуг за класифікацією Бездніної С. Я. (1984) за весь період спостережень у

62,5% випадків визнана обмежено придатною, потребує розбавлення; у 25% – придатна для зрошення; у 15,5% – потребує розведення та хімічної меліорації. За методикою Келлі та Лібіха встановлено, що токсичної дії на ґрунт магній не чинить. Проте за концентрацією натрію у 2020, 2021 та 2023 роках вода може справляти токсичну дію на ґрунт. У результаті розрахунків за методикою Можейка А. М. і Воротника Т. К. вода водосховища була визнана несприятливою для поливу у 50% випадків, сприятливою – у 25% та несприятливою, такою, що викликає осолонцювання ґрунту – у 25%. За методикою Департаменту сільського господарства США (SAR) протягом усього періоду спостережень вода характеризується низьким ризиком осолонцювання ґрунтів. За результатами оцінки методом SSP, вода придатна для зрошення лише у 25% випадків, тоді як у 75% спостережень вона виявилася непридатною для цього. Для зменшення негативного впливу можна проводити гіпсування ґрунтів, вирощувати солестійкі культури або застосовувати інші методи попередньої обробки.

2) Вода водосховища Ялпуг для господарсько-питного водокористування (відповідно до ДСТУ 4808:2007) за середнім показником інтегрального індексу протягом 2020-2023 років відносилася до 2-го класу 2(3) підкласу – «добра», з ухилом до «задовільної» слабо забрудненої прийнятної якості.

Середньоарифметичне значення за найгіршими показниками склало 2,89, тобто вода протягом усього періоду спостереження належала до 3-го класу (3(2) підклас) та характеризувалася як «задовільна», слабо забруднена з ухилом до класу «доброї», чистої. Найбільший вплив на якість вод протягом усіх років дослідження мали такі показники, як сухий залишок та сульфати.

При оцінюванні фізіологічної повноцінності якості вод (СанПіН 2.2.4-171-1) перевищення верхньої межі спостерігалось за загальною жорсткістю, а також за вмістом кальцію і магнію. За показниками натрію та сухого залишку зафіксовано перевищення як верхньої, так і нижньої межі нормативів.

Для підвищення якості питної води доцільно скористатися додатком В ДСТУ 4808:2007, в якому наведені технологічні прийоми кондиціювання поверхневих вод. Особливу увагу слід приділити загально-санітарним показникам хімічного складу води.

3) Найбільш негативний вплив на якість вод водосховища Ялпуг, як об'єкту *рибогосподарського призначення*, справляли речовини, що відносяться до загально – санітарних показниками. Особливо високі перевищення протягом усіх років досліджень фіксувалися за вмістом сульфатів, а у 2021 році – також і за концентрацією хлоридів. За токсикологічною групою *ЛОШ* найбільші перевищення відносно *ГДК_{кр}* спостерігалися у

2020, 2022 та 2023 роках за вмістом заліза загального, а у 2021 році – за вмістом азоту амонійного.

4) Високі концентрації сульфатів, магнію, натрію пов'язані з високою мінералізацією води у водосховищі Ялпуг, оскільки там немає природної циркуляції, а річки, що впадають у нього (Великий Ялпуг та Карасулак), також мають високу мінералізацію.

5) Річка Великий Ялпуг майже повністю протікає по території Молдови, тому питання забруднення її вод треба вирішувати на міждержавному рівні.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF THE WATERS OF THE YALPUGH RESERVOIR IN THE CITY OF BOLGRAD FOR VARIOUS TYPES OF WATER USE

*Romanchuk M.E. – Candidate of Geography, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-1741-7262*

*Tyshkevych M.I. – 2st year Master's student,
orcid.org/0009-0007-0543-5424*

*Odessa I.I. Mechnikov National University,
mromanchuk67@gmail.com, fgvfjbujn@gmail.com*

The Yalpuh Reservoir is part of the Danube Lakes system and is used for irrigation, drinking, and fishery purposes. Until the 1960s–1970s, it had the status of a lake and maintained a natural water exchange with Lake Kugurluy. After the construction of dams and sluices in the 1970s, all Danube Lakes were transformed into filled reservoirs with a regulated hydrological regime. Currently, the Yalpuh–Kugurluy Reservoir is replenished with water resources from the Danube River through the “105th Kilometer,” Repida, and Skunda canals.

We conducted an assessment of the water quality of the Yalpuh Reservoir near the city of Bolhrad, located in the south of the Odesa region, for the period 2020–2023 for irrigation, drinking, and fishery purposes.

To determine the suitability of water for irrigation, the following methods were used: the classification by S.Ya. Bezdina (1984), which analyzes the percentage ratio of sodium ions to the total cations in comparison with mineralization; the Kelly and Liebig method, which calculates the ratio of sodium to the sum of calcium and magnesium, as well as the ratio of magnesium to the sum of calcium and magnesium; the method by A.M. Mozheiko and T.K. Vorotnyk, which characterizes the ratio of the sum of sodium and potassium to the sum of calcium, magnesium, sodium, and potassium in comparison with coefficient K ; the “Soluble Sodium Percentage” (SSP) method, which determines the ratio of sodium and potassium to the total concentration of cations; and the Sodium Adsorption Ratio (SAR) method, which is based on the ratio of Na^+ ions to Ca^{2+} and Mg^{2+} ions.

It was established that the reservoir water meets the standards according to all methods except *SAR* only in 2022, while in other years, to improve its quality, it requires dilution with fresh water and the application of other pre-treatment methods. According to the *SAR* indicator, the water of the Yalpuh reservoir has a low risk of soil sodicity throughout the entire study period.

The assessment of water quality for domestic and drinking purposes was carried out in accordance with DSTU 4808:2007 (Ukrainian National Standard for Drinking Water) based on average and worst indicators. According to the methodology, centralized drinking water supply sources are assessed by 80 indicators grouped into seven categories. In this study, 15 indicators from two groups were considered, so the water quality assessment in Bolhrad is approximate: Group II – General sanitary indicators of chemical composition: dry residue (mineralization), sulfates, chlorides, magnesium, total hardness, pH, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, biochemical oxygen demand (*BOD₅*), chemical oxygen demand (*COD*), dissolved oxygen; Group VII – Toxicological indicators of chemical composition: total iron, petroleum products, and synthetic surfactants (*SPAR*).

The study showed that, according to the average integral index, the water quality in the Yalpuh Reservoir was “good”, i.e. clean water with a tendency toward the “satisfactory” class – slightly polluted but acceptable quality. According to the worst indicator, the water quality was characterized as “satisfactory”, slightly polluted with a tendency toward the “good” class.

The assessment of physiological suitability of water (SanPiN 2.2.4-171-10) revealed that the highest exceedances were observed in sodium content and dry residue.

For the assessment of water intended for fishery purposes, the method of comparing actual data with regulatory values grouped by the Limiting Indicator of Harmful Effect (*LIH*) was applied, which includes sanitary-hygienic, toxicological, and fishery criteria. It was determined that during the entire observation period, the maximum exceedance of toxicological *LIH* indicators occurred in 2020 – by 4.13 times, and the sanitary-toxicological *LIH* – in 2021 – by 8.48 times. Due to limited data, the fishery *LIH* was determined only by the indicator of petroleum products, which remained within the normative limits.

Key words: irrigation, drinking water, fishery purposes, organoleptic indicators, toxic substances, general sanitary indicators.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лозовіцький П. С. Оцінювання якості води оз. Ялпуг – м. Болград за еколого-санітарними критеріями та специфічними речовинами токсичної дії. *Часопис картографії*. 2014. Вип. 11. С. 156–193.
2. Комплексна оцінка функціональних змін в організмі здорових щурів, що споживали в якості питної воду оз. Ялпуг/ Ковальчук Л. Й. та ін. *Вісник проблем біології і медицини*. 2015. № 2. С. 120.
3. Лозовіцький П. С. Оцінювання якості води оз. Ялпуг – м. Боград за сольовим складом і мінералізацією *Часопис картографії*. 2014. Вип. 10. С. 250 – 281
4. Артинова І. І. Комплекс заходів щодо покращення стану водних ресурсів оз. Ялпуг–Кугурлуй: магістерська робота. Одеса: ОДЕКУ. 2020. 55с.

5. Балихіна Г. А. Оцінка якості води для зрошення в придунайських озерах за даними моніторингу. *Індуктивне моделювання складних систем: збірник наукових праць*. Київ: МННЦ ІТС НАН та МОН України. 2015. №.7. С. 69–76.
6. Федькович К. В., Юрасов С. М. Оцінка якості вод водосховища Сасик як об'єкта іригаційного призначення. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції: зб. тез Всеукр. наук.-практ. конф. (Житомир, 8 листопада 2018 р.)*. Житомир : ЖДТУ, 2018. С. 39–40.
7. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Підручник. Київ: Ніка-центр, 2001. 118 – 125 с.
8. Vranešević M. et al. Irrigation water quality in a framework of sustainable development goal 6: a review of challenges, impacts, policy alignments. *Frontiers in Agronomy*. Vol 7, 2025. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/agronomy/articles/10.3389/fagro.2025.1580338/full#B35> (дата зверненн 14.11.2025)
9. Юрасов С.М. Методи оцінки якості природних вод: збірник методичних вказівок. Одеса: ОДЕКУ. 2005. 86 с.
10. Чугай А. В., Деревенська О. В. Оцінка рівня забруднення вод озера Ялпуг як об'єкта рибогосподарського призначення. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. № 22. С. 133–139.
11. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Київ: Видавництво стандартів, 2007. 42 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53159 (дата звернення 01.10.2025)
12. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСан-ПіН 2.2.4-171-10): Закон України від 01 липня 2010 р. № 452/17747. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення 01.10.2025)
13. Герасимюк В. П. Сучасний стан фітопланктону Придунайських озер. *Вісник Одеського національного університету*. Одеса: ОНУ. 2025. Том 25. Вип 2(47). С. 25-33.
14. Шекк П. В., Моторна т. В. Особливості формування іхтіофауни озер ялпуг та кугурлуй в умовах антропогенної трансформації. *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: зб. Тез Міжнар. наук.-практ. конф.*(Київ, 9-10 листопада 2024 р.) Київ : ПРО ФОРМАТ, 2024. С. 127-130.
15. Bogach M., Panikar V. Common carp monogenia in reservoirs of the Odesa region (Ukraine). *German International Journal of Modern Science*. 2024. № 73. pp 54–57.

REFERENCES

1. Lozovitskyi P. S. (2014) Otsiniuvannia yakosti vody oz. Yalpuh – m. Bolhrad za ekoloho-sanitarnymy kryteriiamy ta spetsyifichnymy rehovynamy toksychnoi dii [Assessment of water quality in the Yalpuh lake – Bolhrad city according to ecological and sanitary criteria and specific toxicological data]. *Chasopys kartohrafi.* vol 11, pp. 156–193. [in Ukrainian]
2. Kovalchuk L.Y., Mokiienko A.V., Nasibullin B.A., ta in (2015) Kompleksna otsinka funktsionalnykh zmin v orhanizmi zdorovykh shchuriv, shcho spozhyvaly v yakosti pytnoi vodu ozero Yalpuh [A comprehensive assessment of functional changes in the bodies of healthy mice that consumed drinking water from Lake Yalpuh]. *Visnyk problem biolohii i medytsyny.* no 2, pp. 120. [in Ukrainian]
3. Lozovitskyi P. S. (2014) Otsiniuvannia yakosti vody oz. Yalpuh – m. Bolhrad za solovym skladom i mineralizatsiieiu [Assessment of water quality of Lake Yalpuh – Bolhrad city by salt composition and mineralization]. *Chasopys kartohrafi.* vol 10, pp. 250–281. [in Ukrainian]
4. Artynova I. I. (2020) Kompleks zakhodiv shchodo pokrashchennia stanu vodnykh resursiv oz. Yalpuh–Kuhurlui [The complex of zakhodiv is aimed at improving the state of water resources of Yalpuh–Kuhurlui Lake] (mahisterska robota). Odesa: ODEKU. 2020. pp. 55. [in Ukrainian]
5. Balykhina H. A. (2015) Otsinka yakosti vody dlia zroshennia v prydunaiskykh ozerakh za danymy monitorynhu [Assessment of water quality for irrigation in Danube lakes based on monitoring data]. *Induktyvne modeliuvannia skladnykh system: zbirnyk naukovykh prats* [Inductive modeling of composite systems: a collection of scientific papers]. Kyiv: MNNTs ITS NAN ta MON Ukrainy. no. 7, pp. 69–76. [in Ukrainian]
6. Fedkovych K. V., Yurasov S. M. (2018) Otsinka yakosti vod vodoskhovyshcha Sasyk yak ob'iekta iryhatsiinoho pryznachennia [Assessment of water quality of the Sasyk reservoir as an irrigation facility]. *Proceedings of the Sustainable development of the country within the framework of European integration: collection of abstracts of the All-Ukrainian scientific-practical conference.* (Zhytomyr, November 8, 2018). Zhytomyr : ZhDTU, pp. 39–40. [in Ukrainian]
7. Snizhko S.I. (2001) Otsinka ta prohnouzuvannia yakosti pryrodnykh vod [Estimation and forecasting of the acidity of natural waters]. Kyiv: Nikatsentr, pp 118 – 125.
8. Vranešević M. et al. (2025) Irrigation water quality in a framework of sustainable development goal 6: a review of challenges, impacts, policy alignments. *Frontiers in Agronomy.* vol 7,3. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/journals/agronomy/articles/10.3389/fagro.2025.1580338/full#B35> (accessed 14 November 2025)

9. Yurasov S.M. (2005). *Metody otsinky yakosti pryrodnykh vod: zbirnyk metodychnykh vkazivok* [Methods for assessing the quality of natural waters: a collection of methodological guidelines]. Odesa: ODEKU. pp. 86. [in Ukrainian]
10. Chuhai A. V., Derevenska O. V. (2018) Otsinka rivnia zabrudnennia vod ozera Yalpuh yak ob'iekta rybohospodarskoho pryznachennia [Evaluation of the even flow of waters of Lake Yalpug as an object of the Lord's recognition]. *Ukrainian hydrometeorological journal*. no 22, pp. 133–139. [in Ukrainian]
11. DSTU 4808:2007 Dzherela tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia (2007). [DSTU 4808:2007 Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and ecological requirements for water quality and selection rules]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage?id_doc=53159 [in Ukrainian]
12. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl “Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoï dla spozhyvannia liudynoiu” (DSanPiN 2.2.4-171-10)”: Zakon Ukrainy № 452/17747 [On the approval of State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption” (DSanPiN 2.2.4-171-10)”: Law of Ukraine dated July 1, 2010, no. 452/17747] 01.07.2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> [in Ukrainian]
13. Herasymiuk V. P. (2025) Suchasnyi stan fitoplanktonu Prydunaiskykh ozer [Current state of phytoplankton in the Danube lakes] *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu*. Odesa: ONU. vol. 2(47), pp. 25-33. [in Ukrainian]
14. Shekk P. V., Motorna t. V. (2024) Osoblyvosti formuvannia ikhtiofauny ozer yalpuh ta kuhurlui v umovakh antropohennoi transformatsii [Peculiarities of the formation of the ichthyofauna of Lake Yalpuh and Kuhurlui in the conditions of anthropogenic transformation]. *Proceedings of the. Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv: zb. Tez Mizhnar. nauk.-prakt. Konf. (Kyiv, 9-10 november 2024)*. Kyiv : PRO FORMAT, pp. 127-130. [in Ukrainian]
15. Bogach M., Panikar V. (2024) Common carp monogenia in reservoirs of the Odesa region (Ukraine). *German International Journal of Modern Science*. No 73. pp. 54-57

Дата першого надходження рукопису до видання: 24.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025