

УДК 556.49:631.671

**Лозовіцький П. С.**

Институт водних проблем і меліорацій УААН, Київ

## **МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ВОДИ ОЗЕРА КАТЛАБУГ**

Приведено результати хімічного складу води озера Катлабуг за період 1978-2012 рр. і результати екологічної й іригаційної оцінки якості за багаторічний період.

**Ключові слова:** вода, хімічний склад, мінералізація, оцінка, важкі метали, елементи.

**Вступ.** Катлабуг – заплавне озеро в Ізмаїльському районі Одеської області, у пониззі Дунаю. Від заплави Дунаю відокремлений дамбою, має режим водосховища. Водобмін з Кислицьким гирлом Дунаю регулюється шлюзованим каналом. Довжина 21 км, ширина від 1 до 11 км, глибина до 4 м. У зв'язку з тим, що рівень води в озері підлягає значним коливанням, площа його варіює в доволі

---

© П. С. Лозовіцький

широких межах – від 59 до 71 км<sup>2</sup>. Улоговина видовженої форми, з розширенням (до 11 км) у південній частині. Береги озера високі, обривисті. Обрив корінного берега має висоту до 8 – 10 м [6, 24, 25]. Між обривом і урізом води є смуга узбережжя шириною 50 – 500 м. Місцями корінний берег обривається до урізу води. Північні береги підвищені, подекуди урвисті, розчленовані балками, південні – низовинні, заболочені, і широкі його узбережжя поступово зливаються з заплавою Кілійського рукава дельти р. Дунай. Від основної западини озера відходять дві затоки: Ташбунарська на заході, куди впадає річка Ташбунар, і Гасанська, куди впадає річка Єніка, на сході. Верхня частина Гасанської затоки зайнята риборозвідними ставками. З півночі в озеро впадають річки Великий та Малий Катлабуг.

Раніше зв'язок між озерами й річкою був безпосереднім, і режим рівнів води озер визначався рівнями води у Дунаї. Накопичення протягом тривалого часу у заплаві Дунаю алювіальних відкладів і обміління протоків призвело до поступового відгородження озер від річки. Зв'язок перетворився в епізодичний і односторонній – озера поповнюються водою Дунаю лише при високих рівнях води у річці [3].

Крім того, між Дунаєм і оз. Катлабуг є озеро Лунг – зона транзиту й відстою води з Дунаю в Катлабуг і в зворотному напрямку. В цьому його головна екологічна роль. Озеро сильно заростає харовими водоростями (р. Chaга). Літом ступінь заростання досягає 85% водної поверхні [9].

**Мета досліджень** – установити хімічний склад води озера та виявити закономірності його зміни у часі. Досягається при вирішенні наступних задач: 1) виявлення динаміки зміни складу головних іонів, їх концентрації й мінералізації води в часі; 2) виявлення тенденції до зміни хімічного складу природної води у часі [1] і її придатності для зрошення [4,8,18,21,31], 3) оцінення забруднення води різними речовинами за методикою [10,23,26-29].

**Методика досліджень.** На основі результатів хімічних аналізів води [30] протягом 1978-2012 рр. було складено банк даних за наступними показниками: рівень води (см), уміст головних іонів (Ca, Mg, Na, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl), загальна мінералізація води, величина рН, уміст біогенних речовин (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, уміст загального азоту й фосфору, мінерального фосфору), уміст зважених речовин,

насиченість киснем ( $O_2$ , мг/дм<sup>3</sup>), кольоровість води, перманганатна й біхроматна окислюваність (ПО, БО), біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК<sub>5</sub>), уміст важких металів (Fe, Cr, Zn, Cu, Pb, Ni, Mn, Sr, Co, Cd), уміст фенолів, уміст нафтопродуктів (НП), уміст синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Паралельні статистичні ряди даних хімічних аналізів містять до 183 значень.

Математико-статистичний аналіз зроблено на персональному комп'ютері з використанням стандартних обчислювальних програм «Excel», «Costat».

**Результати досліджень і їх обговорення. Сольовий склад та мінералізація води.** Основні статистичні характеристики кількісної мінливості варіаційних рядів свідчать про значну мінливість майже всіх компонентів хімічного складу й загальної мінералізації природної води оз. Катлабуг (табл.1).

Розподіл варіант у більшості варіаційних рядів хімічного складу природної води (мінералізація, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>) має не нормальний, а зрізаний від'ємний ексцесивний розподіл, коли в центрі не вершина, а впадина і варіаційна крива стає двохвершинною. Такий розподіл підтверджує той факт, що у вибірку потрапили представники декількох сукупностей з різними середніми для гідрокарбонатного кальцієвого та хлоридного натрієвого складу.

Емпіричні криві розподілу вибіркової сукупності мають переважно позитивну (за виключенням Ca<sup>2+</sup>) помірну асиметрію.

Умови нормальності розподілу підтверджуються тільки для HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> правилом трьох сигм, коли потроєне стандартне відхилення середньоарифметичної завжди більше асиметрії (показник скошеності кривої вибіркового розподілу) і ексцесу (показник гостровершинності кривої вибіркового розподілу), а 99,73 % усіх варіант знаходяться в довірчому інтервалі від -3δ до + 3δ [15].

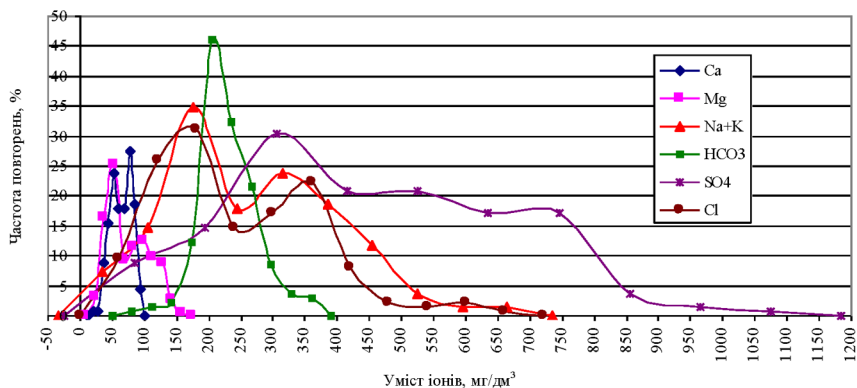
З нормальним законом розподілу не зовсім узгоджуються вибірки значень рН і CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, де ексцес більший 3δ. Ці вибірки близькі до логарифмічно нормального закону розподілу, коли на формування випадкових величин рН і CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> впливають множинні незалежні фактори (температура повітря, розвиток синьо-зелених водоростей у літній період і ін.) [13]. Вибірка значень CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> має нульову моду, тому що значення які перевищують 0 у природній воді фіксується при рН вищому 8,2 (табл. 1).

Таблиця 1

**Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості  
природної води оз. Катлабуг за 1978-2012 рр.**

<b>Показники</b>	<b>Середнє значення</b>	<b>Стандартна похибка</b>	<b>Стандартне відхилення</b>	<b>Мінімальне значення</b>	<b>Максимальне значення</b>	<b>Число варіант</b>
<b>CO<sub>3</sub>, мг/дм<sup>3</sup></b>	1,76	0,338	3,625	0	12,0	119
<b>HCO<sub>3</sub>, мг/дм<sup>3</sup></b>	230,77	3,31	44,73	72,4	374,0	183
<b>Cl, мг/дм<sup>3</sup></b>	245,18	9,05	122,56	183,0	630,0	183
<b>SO<sub>4</sub>, мг/дм<sup>3</sup></b>	457,44	15,93	215,53	183,0	1100,0	183
<b>Ca, мг/дм<sup>3</sup></b>	64,03	1,17	15,79	16,6	96,6	183
<b>Mg, мг/дм<sup>3</sup></b>	75,12	2,41	32,56	15,4	162,0	183
<b>Na, мг/дм<sup>3</sup></b>	268,69	9,91	134,08	15,8	663,0	183
<b>K, мг/дм<sup>3</sup></b>	10,44	0,39	2,27	7,0	19,0	64
<b>Заг. мін., мг/дм<sup>3</sup></b>	1343,73	39,77	538,06	183,2	2949,6	183
<b>pH, од.</b>	8,12	0,029	0,31	7,4	8,9	111
<b>Жорсткість, мг- екв/дм<sup>3</sup></b>	9,38	0,23	3,13	2,09	18,16	183

Варіанти вибірки загальної мінералізації води розподілилися в такий спосіб: 180-460 мг/дм<sup>3</sup> – 6 значень; 460-740 – 12, 740-1020 – 40; 1020-1300 – 35; 1300-1580 – 26; 1580-1860 – 27; 1860-2140 – 26, 2140-2420 мг/л – 6; 2420-2700 – 3, 2700-2980 мг/дм<sup>3</sup> – 2 значення (рис. 1).



**Рис. 1. Гістограми розподілу й частота повторень інгредієнтів хімічного складу води оз. Катлабуг за 1978-2012 рр.**

Аналогічним чином розподілені у воді концентрації, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>.

За вмістом найменш значимого катіона Ca<sup>2+</sup> вибірка розподіляється так: 16,6-24,6 мг/дм<sup>3</sup> – 1 значення; 24,6-32,6 – 1; 32,6-40,6 – 12; 40,6-48,6 – 21; 48,6-56,6 – 32; 56,6-64,6 – 24; 64,6-72,6 – 24; 72,6-80,6 – 37; 80,6-88,6 – 25; 88,6-96,6 мг/дм<sup>3</sup> – 6 значень.

Вибірка Mg<sup>2+</sup> має наступний розподіл: 15-30 мг/дм<sup>3</sup> 6 значень; 30-45 – 30; 45-60 – 46; 60-75 – 17; 75-90 – 21; 90-105 – 23; 105-120 – 18; 120-135 – 16; 135-150 – 5; 150-165 мг/дм<sup>3</sup> – 1 значення.

Уміст переважаючого катіона Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> має наступний розподіл вибірки: 0-70 мг/дм<sup>3</sup> – 10 значень; 70-140 – 20; 140-210 – 47; 210-280 – 24; 280-350 – 32; 350-420 – 25; 420-490 – 16; 490-560 – 5; 560-630 – 2; 630-700 мг/дм<sup>3</sup> – 2 значення.

Розподіл значень аніона Cl<sup>-</sup> має наступний вигляд: 30-90 мг/дм<sup>3</sup> – 13 значень; 90-150 – 35; 150-210 – 42; 210-270 – 20; 270-330 – 23; 330-390 – 30; 390-450 – 11; 450-510 – 3; 510-570 – 2; 570-630 – 3; 630-690 мг/дм<sup>3</sup> – 1 значення.

При близькому до нормального розподілі, кількість значень найменш значимого аніона HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> з концентрацією: 65-96 мг/дм<sup>3</sup> – 1;

96-127 – 2; 127-158 – 3; 158-189 – 17; 189-220 – 64; 220-251 – 45; 251-282 – 30; 282-313 – 12; 313-344 – 5; 344-375 мг/л – 4 значення.

Уміст переважаючих аніонів сульфатів у вибірці розподілений наступним чином: 30-140 мг/дм<sup>3</sup> – 12 значень; 140-250 – 20; 250-360 – 41; 360-470 – 28; 470-580 – 28; 580-690 – 23; 690-800 – 23; 800-910 – 5; 910-1020 – 2; 1020-1130 мг/дм<sup>3</sup> – 1 значення.

За 1978 – 2012 рр. мінералізація води в оз. Катлабуг змінювалась від 183 (19.01.1993) до 2949 (4.09.2007) мг/дм<sup>3</sup>. Середньоарифметичні значення за різні коротші проміжки часу становили: 1978-1980 – 947,2; 1981-1985 – 904,6; 1986-1990 – 1006,5; 1991-1995 – 840,2; 1996-2000 – 1250,1; 2001-2005 рр. – 1725,5; 2006-2012 рр. – 1861,4 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2).

Таблиця 2

**Зміна сольового складу води оз. Катлабуг у часі**

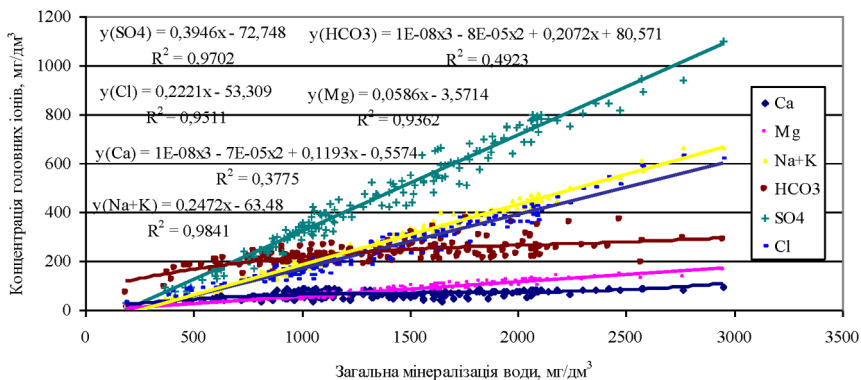
Інгредієнти	Середньоарифметичний уміст, мг/дм <sup>3</sup>						
	1978-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012
<b>НСО<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	202,8	196,4	226,2	199,8	230,3	261,1	256,5
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	305,4	299,7	318,9	248,9	418,4	613,3	656,2
<b>Сl<sup>-</sup></b>	159,9	142,4	163,4	134,8	222,3	320,9	366,3
<b>Са<sup>2+</sup></b>	75,2	61,7	54,5	47,7	56,0	68,2	69,5
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	47,8	46,7	53,3	44,0	72,0	100,3	107,6
<b>Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup></b>	156,1	157,6	190,2	154,1	251,2	368,8	396,8
<b>Мінералізація</b>	947,2	904,6	1006,5	840,2	1250,1	1725,5	1861,4
<b>Жорсткість</b>	7,7	6,9	7,1	6,1	8,7	11,7	12,3

Необхідно відмітити, що 4,9 % проб води озера мали мінералізацію меншу 500 мг/дм<sup>3</sup>, 30,6 % проб – меншу 1000, 31,7 % проб – мінералізацію 1000-1500, 24,5 % проб – 1500-2000; 12 % проб – 2000-2500 мг/дм<sup>3</sup> і 2,2 % проб мали концентрацію солей вищу 2500 мг/дм<sup>3</sup>.

Найвища мінералізація води в оз. Катлабуг була в останній (2006 – 2012 рр.) період, а точніше в 2005-2007 рр. При цьому на озері не спостерігалось поступового підвищення або зменшення мінералізації, вона залежала від гідрологічних і кліматичних умов басейну Дунаю.

Між умістом у воді оз. Катлабуг іонів Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup> та загальною мінералізацією встановлено дуже тісний прямий

прямолинійний кореляційний зв'язок з коефіцієнтами кореляції близькими до 1 (рис. 2). Між вмістом у воді  $\text{HCO}_3^-$  та  $\text{Ca}^{2+}$  і загальною мінералізацією існує тісний і відповідно середній поліноміальний (криволінійний) кореляційний зв'язок з коефіцієнтами кореляції ( $r = 0,732$  та  $0,629$  відповідно). Із отриманих рівнянь регресії (рис. 4) випливає, чим вищою є мінералізація води тим вищий вміст у ній сульфатів, натрію, хлоридів. Уміст магнію, гідрокарбонатів, кальцію значно менший. Так, при збільшенні загальної мінералізації води на  $100 \text{ мг/дм}^3$  уміст сульфатів у середньому зростає на  $39,46 \text{ мг/дм}^3$ , натрію –  $24,72$ , хлору –  $22,21$ , магнію –  $5,86$ , гідрокарбонатів –  $5,55$ , кальцію на  $1,60 \text{ мг/дм}^3$ .



**Рис. 2. Крапкові графіки та теоретичні лінії регресії при кореляційному зв'язку між загальною мінералізацією води оз. Катлабуг та вмістом іонів**

Серед аніонів при загальній мінералізації вищій за  $700 \text{ мг/дм}^3$ , майже завжди переважав сульфат-іон, А при меншій за  $700 \text{ мг/дм}^3$  частіше вищою була концентрація гідрокарбонатів. Ця тенденція характерна для усіх водних джерел півдня України [15-18]. Уміст сульфатів коливався від  $30,7$  ( $19.01.93$ ) до  $1100$  ( $04.09.2007$ )  $\text{мг/дм}^3$ . Концентрацію  $\text{SO}_4^{2-}$  нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ( $\leq 100 \text{ мг/дм}^3$ ) мали лише  $4,9 \%$  проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ( $\leq 500 \text{ мг/дм}^3$ ) –  $59,5 \%$  проб води.

Концентрація хлоридів змінювалась від  $32,3$  ( $19.01.93$ ) до  $630$  ( $19.10.2007$ )  $\text{мг/дм}^3$ . Уміст гідрокарбонатів мав найменші коливання

від 72,4 (19.01.93) до 374 (20.10.2008) мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацію Сг нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ( $\leq 300$  мг/дм<sup>3</sup>) мали 63,4 % проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ( $\leq 350$  мг/дм<sup>3</sup>) – 77,0 % проб води.

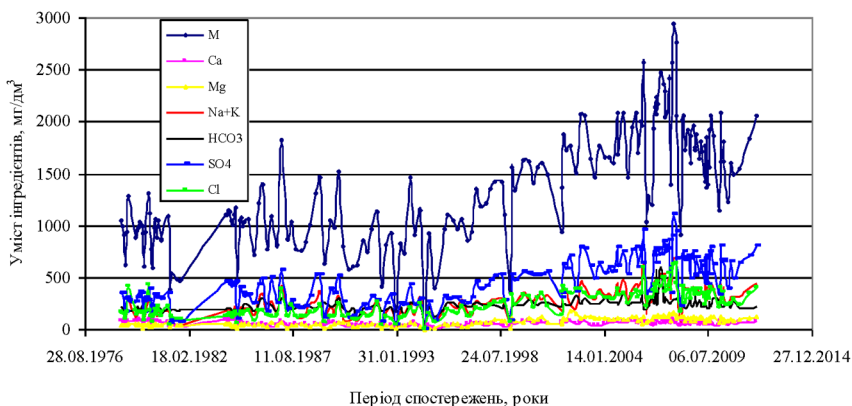
Серед катіонів у воді оз. Катлабуг частіше переважав натрій. Його концентрація разом з калієм коливалась від 15,8 (19.01.93) до 663 (19.10.2007) мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацію Na<sup>+</sup> нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ( $\leq 120$  мг/дм<sup>3</sup>) мали лише 9,8 % проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ( $\leq 200$  мг/дм<sup>3</sup>) – 38,8 % проб води.

Уміст магнію коливався від 15,4 (19.01.93) до 162 (04.09.2007) мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацію магнію нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ( $\leq 40$  мг/дм<sup>3</sup>) мали лише 12 % проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ( $\leq 50$  мг/дм<sup>3</sup>) – 31,1 % проб води.

Кальцій змінювався від 16,6 (19.01.1993) до 96,6 (4.09.2007) мг/дм<sup>3</sup>. Жодна з проб води оз. Катлабуг не перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення за вмістом кальцію.

Динаміку зміни мінералізації і головних іонів оз. Катлабуг у часі показано на рис. 3. З рис. 3 видно, що найвища мінералізація води спостерігалась в 2005-2007 рр., тобто в період коли влітку були відсутні дощі, а температура повітря сягала 40° С і більше.

Розрахунок відсоткового вмісту головних іонів у воді оз. Катлабуг



**Рис. 3. Динаміка зміни в часі загальної мінералізації води й головних іонів у воді оз. Катлабуг – с. Кислиця**



засвідчує, що переважаючий аніон  $\text{SO}_4$  ( $\geq 50\%$  від суми) за весь період досліджень було виявлено у 20,2 % проб з максимальним умістом 57,45 % (21.04.2008 р.). Хлориди й гідрокарбонати не переважали в жодній з проб. Середньоарифметичний відсотковий уміст головних іонів у воді озера Катлабуг за різні періоди досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3

**Зміна відсоткового умісту головних іонів  
у воді оз. Катлабуг у часі**

Інгредієнти	Середньоарифметичний уміст, %-екв						
	1978-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012
$\text{CO}_3^{2-}$	-	0	0	0	0,2	0,2	0,1
$\text{HCO}_3^-$	24,3	26,9	26,5	28,5	21,1	16,8	15,6
$\text{SO}_4^{2-}$	44,2	41,3	42,9	40,3	45,8	48,5	48,1
Cl <sup>-</sup>	31,5	30,0	30,6	31,2	33,9	34,5	36,2
Ca <sup>2+</sup>	26,7	23,7	19,3	21,4	15,6	13,3	12,6
Mg <sup>2+</sup>	28,2	30,0	29,8	30,3	31,7	31,6	31,4
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	45,1	46,3	50,9	48,2	52,7	55,9	56,0
K <sup>+</sup>	-	-	-	-	0,7	0,8	0,9

Катіон натрію переважав у 67,8 % відібраних проб води оз. Катлабуг, у 4,4 % проб уміст магнію був вищим за уміст інших катіонів. Концентрація кальцію не була найвищою у жодній з проб води. За класифікацією Альокіна [1] вода озера у 1978- 1980 рр. мала сульфатно-хлоридний натрієво-магнієво-кальцієвий склад, у 1981-1985, 1991-1995 рр. - сульфатно-хлоридний натрієво-магнієвий склад, у 1986-1990, 1996-2012 рр. сульфатно-хлоридний натрієвий склад і належала до сульфатного класу натрієвої групи другого типу, що відповідає співвідношенню катіонів:  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$  (табл. 3).

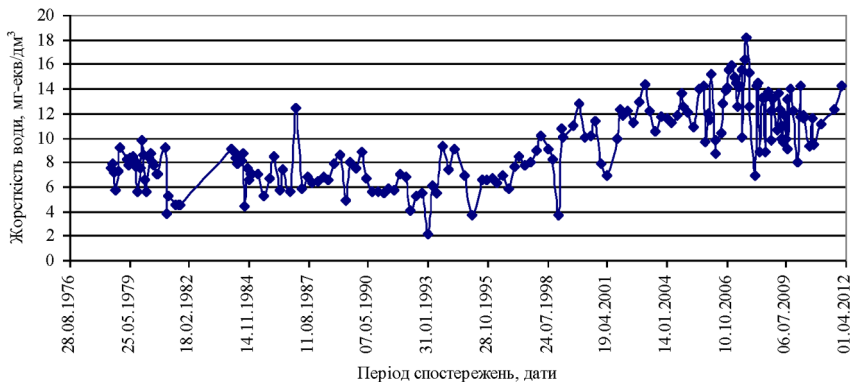
Вода оз. Катлабуг у 1979–1985, 1991-1995 рр. належала до прісної  $\alpha$ -олігогалинної, а в 1986-1990 і з 1996 до сучасного періоду – до солонуватої  $\beta$ -мезогалинної [25].

За найменшою сумою іонів вода оз. Катлабуг була дуже чистою, а за найвищим умістом – дуже брудна (8-ма категорія якості). А за середньоарифметичними показниками мінералізації

вода характеризувалась таким чином: 1979-1990 вода була помірно забруднена (5-та категорія); 1991-1995 – слабо забруднена (4-та категорія); 1996-2005, 2006-2012 рр. – сильно забруднена (6-та категорія якості) [10, 26, 29].

За умістом хлоридів вода озера *Катлабуг* у періоди 1978-1980, 1986-1990, 1996-2000 рр. належала до 6-ї категорії якості (дуже забруднена); 1981-1985, 1991-1995 – до 5-ї категорії якості (помірно забруднена); в останній період 2000-2005, 2006-2012 рр. вода була найгірша за якістю – брудна (7-ма категорія якості). За вмістом сульфатів вода з 1979 до 1995 рр. належала до 7-ї категорії якості (брудної), а з 1996 до 2012 рр. – до найгіршої категорії якості – 8-ї (дуже брудної).

Жорсткість води оз. *Катлабуг* за період спостережень змінювалась від 2,1 (19.01.1993) до 18,16 (4.09.2007 р.) мг/дм<sup>3</sup> (рис. 4). Середньоарифметичні значення жорсткості води за окремі періоди досліджень змінювались від 6,1 (1991-1995 рр.) до 12,3 мг/дм<sup>3</sup> (2006-2012 рр.) (див. табл. 2). Отже, вода озера є жорсткою і дуже жорсткою для водопостачання [28].



**Рис. 4.** Динаміка зміни жорсткості води оз. Катлабуг

Зважаючи на те, що мінералізація і якість води оз. Катлабуг залежить від витрати й висоти рівня води в р. Дунай важливо знати її зміни за фазами водного режиму. Аналіз отриманих результатів свідчить, що найменше значення мінералізації води в усі періоди досліджень припадає на весняне водопілля, а найбільше в 1978-2005 рр. – на зиму межень. В 2006-2012 рр. найвищою була мінералізація

води у літню межень. В цей період у регіоні спостерігались дуже високі температури повітря, майже не було дощів, мінералізація води у річках Великий та Малий Катлабуг досягала 10,1 та 8,3 г/дм<sup>3</sup>, що також значно погіршувало якість води в озері [32].

Узагальнені результати зміни середньоарифметичної мінералізації й концентрації головних іонів за окремими періодами досліджень і фазами водного режиму приведено у табл. 4. Щорічно на початку весни проводиться наповнення озер дунайською водою за допомогою шлюзових систем, із метою підняття рівня води в озерах для забезпечення питних та рибогосподарських потреб. За результатами хімічних аналізів у цей час спостерігається значне зменшення мінералізації (квітень – травень). В кінці року рівень мінералізації в озерах повертається до початкових значень.

Це зумовлено тим, що в озеро впадають річки з високою мінералізацією води, ґрунтові води, що поповнюють річки в літній період мають також високий рівень мінералізації, а в жаркі літні місяці спостерігається ще й значне випарювання води з водної поверхні озера, що також впливає на підвищення рівня мінералізації води озера Катлабуг. Так, наприклад мінералізація води в р. Великий Катлабуг в 2005-2012 рр. змінювалась від 2537 до 10171 мг/дм<sup>3</sup>, а концентрація токсичних іонів натрію, магнію, хлору та сульфатів відповідно досягала 2430, 360,6, 1970 та 4320 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 5). Тотожну за хімічним складом, але дещо меншу за мінералізацією воду приносять в озеро річки Малий Катлабуг (до 8305 мг/дм<sup>3</sup>), Ташбунар (3300-4888 мг/дм<sup>3</sup>) та Єніка (3490-6291 мг/дм<sup>3</sup>). Сумарний середньорічний стік цих річок у озеро складає біля 8,2 млн. м<sup>3</sup> [25].

**Оцінка якості води за еколого-санітарними показниками.** Уміст зважених речовин оз. Катлабуг змінювався від 1,7 (12.01.85) до 382 (21.04.2008 р.) мг/дм<sup>3</sup> (рис. 5, табл. 6). За середньоарифметичними значеннями вмісту зважених часток вода з 1981 до 1995 рр. належала до 6-ї категорії якості (дуже забруднена); з 1996 до 2005 рр. їх вміст у воді дещо зменшився і вода належала до 5-ї категорії якості (помірно забруднена); у 2006-2012 рр. – вода дуже брудна. Загалом мутність води в оз. Катлабуг значно нижча ніж в річці Дунай, яка в Сулинському гирлі в середньому за рік становить 325 мг/дм<sup>3</sup> [2,7,11].

Мутність дунайської води в районі м. Вилкове на рівні 850 – 880 і навіть 1300 г наносів у м<sup>3</sup>, а в осінньо-зимовий період, при

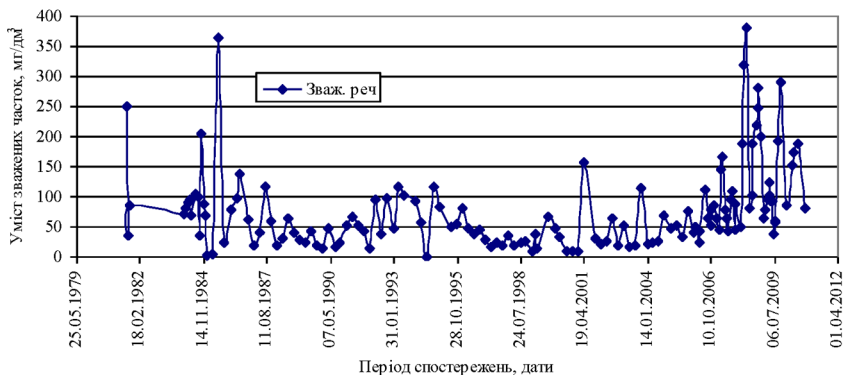
Характеристика хімічного складу води оз. Катлабуг  
за фазами водного режиму, мг/дм<sup>3</sup>

Фаза водного режиму	Ca	Mg	Na+K	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Мінералізація
<b>1978-1990</b>									
зимова межень	67,8	57,2	209,5	-	0	218,3	372,4	193,9	1119,1
весняна повінь	62,3	46,7	145,8	-	0	213,3	272,8	136,4	877,3
літня межень	63,7	45,7	154,5	-	1,1	199,2	291,5	143	897,6
<b>1991-2005</b>									
зимова межень	57,5	70,6	255,9	-	0,12	228,0	423,5	228,6	1264,1
весняна повінь	55,5	65,7	216,3	-	1,9	213,4	376,1	193,8	1120,8
літня межень	57,8	77,8	280,8	-	1,1	237,2	463,9	247,5	1365,0
<b>2006-2012</b>									
зимова межень	72,1	111,9	413,8	9,7	3,2	258,5	670,9	381,3	1907,6
весняна повінь	68,6	99,8	376,5	9,4	4,1	236,7	632,5	323,2	1735,5
літня межень	68,8	110,2	424,2	11,2	5,6	266,4	668,6	383,7	1920,6
<b>1978-2012</b>									
зимова межень	65,4	77,5	290,9	-	1,15	233,2	475,4	259,5	1394,7
весняна повінь	61,8	70,0	248,9	-	2,1	220,6	421,0	214,7	1229,8
літня межень	63,1	75,4	283,2	-	2,3	231,7	458,4	248,3	1351,9

Таблиця 5

## Статистична характеристика хімічного складу води річки Великий Катлабуг

Інгредієнти	Уміст, мг/дм <sup>3</sup>					Коефіцієнт варіації, %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	
Ca <sup>2+</sup>	189,7	420,4	279,8	21,4	71,1	47,8
Mg <sup>2+</sup>	119,5	360,6	226,3	20,2	67	45
Na <sup>+</sup>	470,8	2430	1120	152,5	505,9	339,9
K <sup>+</sup>	4,6	30	15,8	2,1	6,5	4,7
CO <sub>3</sub> <sup>»-</sup>	0	15	5,5	1,5	5,2	3,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	210,8	670	382,3	35,2	116,6	78,4
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	972	4320	2221,2	268,5	890,5	598,3
Cl <sup>-</sup>	575	1970	1029,3	116,9	387,9	260,7
Мінералізація	2537	10171	5258,8	595,1	1973,9	1326,1
pH, од.	8,15	8,8	8,48	0,07	0,22	0,16



**Рис. 5. Динаміка концентрації зважених часток у пробах води оз. Катлабуг**

*Таблиця 6*  
**Зміна еколого-санітарних показників озера Катлабуг у часі**

Інгредієнти	Період досліджень						
	1978-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012
рН, од	8,04	8,0	8,1	8,0	8,1	8,0	8,26
NO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,007	0,070	0,034	0,026	0,743	0,033	0,014
NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,016	0,103	0,328	1,849	0,681	0,392	0,335
NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,442	0,055	0,020	0,119	0,244	0,405	0,275
N заг, мг/дм <sup>3</sup>	0,465	0,228	0,382	1,994	1,668	0,830	0,624
O <sub>2</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	-	9,880	10,034	8,770	9,063	9,228	9,20
O <sub>2</sub> , % насичення	-	84,75	88,50	84,17	80,95	83,32	82,85
CO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-	2,725	5,163	6,453	4,163	6,419	6,88
Прозорість, см	-	11,8	27,9	29,5	23,800	19,100	10,55
Кольоровість	-		18,13	18,20	21,60	22,60	11,95
Зваж. реч., мг/дм <sup>3</sup>	-	98,825	49,03	71,49	31,71	46,20	118,14
ПО, мг O/дм <sup>3</sup>	-	4,37	4,69	5,32	5,66	8,89	10,61
БО, мг O/дм <sup>3</sup>	-	17,8	16,68	21,17	17,90	23,78	33,44
БСК <sub>2</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,2	2,4	2,7	2,4	1,8	3,8	3,58
PO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,039	0,103	0,068	0,086	0,076	0,043	0,056
P, заг. мг/дм <sup>3</sup>	0,170	0,209	0,133	0,168	0,125	0,147	0,114

мінімальному стоці, усього до 8 г, частіше 10 – 40 г [2,7,24]. Нижча концентрація зважених часток в зимову межень і в воді оз. Катлабуг у порівнянні з весняною повинню й літньою меженню (табл. 7).

Прозорість води оз. *Катлабуг* змінювалась від 2 (4.07.2005) до 36 (12.01.1987) см по шрифту. За прозорістю вода в період 1981-1985 була дуже брудною (8-ма категорія якості); у 1986-1995 – сильно забрудненою (6-та категорія якості); у 1996-2005 – брудною (7-ма категорія якості).

Величина рН води оз. Катлабуг за період досліджень змінювалась від 7,4 (5.10.2005) до 8,9 (18.08.2006, 15.05.2007, 19.10.2007). За **середньозваженою величиною рН** вода оз. Катлабуг і всіх інших придунайських озер належить до 3 – 4-ї категорії якості – середньо лужна [10, 13, 16-18].

В оз. *Катлабуг* концентрація азоту аміаку змінювалась від 0 (10.03.1980, 11.04.1985, 12.01.1987, 12.01.1988, 03.04.1997 й ін.) до 1,01 (02.07.2003) мг/дм<sup>3</sup>. Середньоарифметичні значення показали, що у періоди 1979-1980 і 2000-2005 вода належала до 4-ї категорії якості; у 1981-1990 рр. – до 1-ї категорії якості; у 1991-1995 – до 2-ї категорії, а в 1996-2000, 2006-2012 рр. – до 3-ї категорії якості (досить чиста).

Необхідно відмітити, що 17,86 % проб води озера мали значення NH<sub>4</sub> вищі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення і 24,1 % проб – значення вищі за граничний рівень 3 категорії якості екологічної оцінки (0,3 мг/дм<sup>3</sup>).

Концентрація NO<sub>2</sub> у воді оз. *Катлабуг* змінювалась від 0 (10.10.88, 10.07.91, 05.01.2001) до 0,196 (10.07.2000). За середньоарифметичними показниками вода була в 1979-1980 рр. досить чистою; у 1981-1985 рр. – сильно забруднена, у 1986-1995, 2001-2005 – помірно забруднена (5-та категорія якості); у 1996-2000 рр. – дуже брудною (8-ма категорія якості); у 2006-2012 рр. – слабко забруднена [10]. Крім того, 40,68 % проб води озера мали значення NO<sub>2</sub> вищі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення і 65,55 % проб – значення вищі за граничний рівень 3 категорії якості екологічної оцінки. Необхідно відмітити, що нітритний азот є найбільш токсичним із сполук азоту і може шкідливо позначатися на життєдіяльності живих організмів.

Уміст азоту нітратного у воді озера за роки досліджень змінювався від 0 (11.04.1984, 12.01.1987, 10.10.1988) до 10,0 мг/дм<sup>3</sup> (10.01.1991). Середньозважені значення за окремі періоди досліджень





дозволяють зробити висновки, що в 1978-1985 рр. вода озера за вмістом азоту нітратного була дуже чистою; у 1986-1990, 2001-2012 рр. – досить чистою; у 1991-1995 рр. – брудною, у 1996-2000 рр. – слабо забрудненою. Лише 0,93 % проб мають значення  $\text{NO}_3$  вищі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення [26].

Уміст різних форм азоту за фазами водного режиму у воді оз. Катлабуг неоднозначний. Так, у 1978-1990 рр. найбільші концентрації азотовмісних біогенних речовин фіксували у весняну повінь, у 1991-2005 і 2006-2012 рр. –  $\text{NO}_2$  і  $\text{NH}_4$  в літню межень, а  $\text{NO}_3$  – в зимову межень (див. табл. 7).

Уміст фосфатів у воді озера Катлабуг змінювався від 0 (20.01.1992) до 0,35 мг/дм<sup>3</sup> (12.01.1985). При цьому 8,25 % проб мали значення вищі за граничний рівень 3 категорії якості екологічної оцінки (0,153 мг/дм<sup>3</sup>). За середньоарифметичними значеннями умісту фосфатів вода озера в 1978-1980, 2001-2005 рр. відносилась до 3 категорії якості (досить чиста), у 1981-1985 рр. – до 5 категорії (помірно забруднена), у 1986-2000, 2006-2012 рр. – до четвертої категорії якості (слабо забруднена).

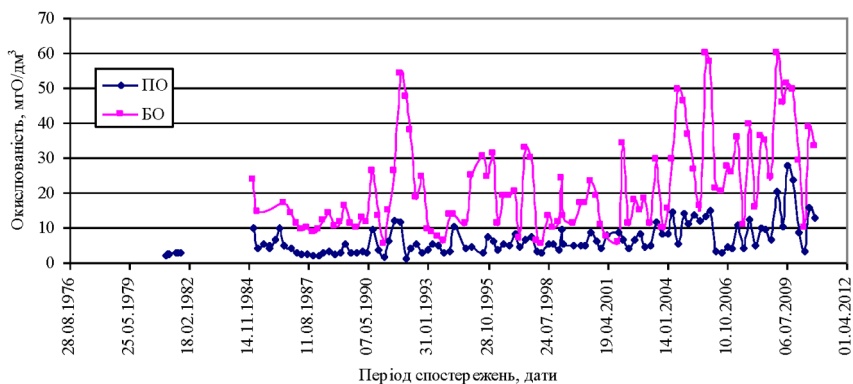
У воді оз. Катлабуг уміст кисню коливався від 5,72 (10.04.91) до 14,2 (19.01.93) мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. За середньоарифметичними показниками насичення киснем (80,95-88,5 %) вода озера у всі періоди досліджень була досить чистою (3 категорія якості, див. табл. 6).

Перманганатна окиснюваність води оз. Катлабуг змінювалась від 1,2 до 33,6 мгО/дм<sup>3</sup> (рис. 6). За середньоарифметичними показниками вода у період 1991-1995 рр. була чистою, у 1996-2000 рр. – сильно забрудненою, у 2000-2005 рр. – слабо забруднена, а в останній досліджуваний період з 2006 по 2012 рр. – помірно брудна за вмістом органічних речовин [10,26,29].

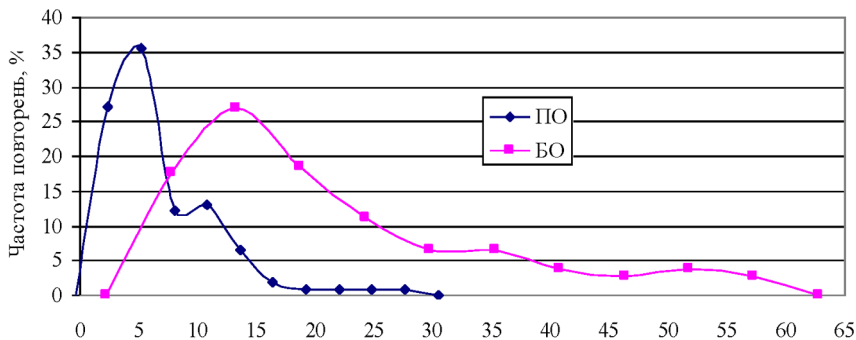
Біхроматна окиснюваність води оз. Катлабуг змінювалась від 5,27 (01.04.1998) до 59,8 (05.10.2005) мгО/дм<sup>3</sup> (рис. 6). За середньоарифметичними показниками вода озера в 1981-2005 рр. належала до 3 категорії якості, а в 2006-2012 рр. – до 4-ї категорії якості [26].

Найбільш часто у вибірці перманганатна окиснюваність зустрічається в інтервалі величин 1-4,3 та 4,3-7,6, відповідно 32 та 21,8 %, а біхроматна – 5-10,5 та 10,5-16,0 мгО/дм<sup>3</sup> або 24,4 й 36,0 % (рис. 7).

Необхідно відмітити, що в цілому уміст органічних речовин у



**Рис. 6. Коливання окиснюваності в пробах води оз. Катлабуг**

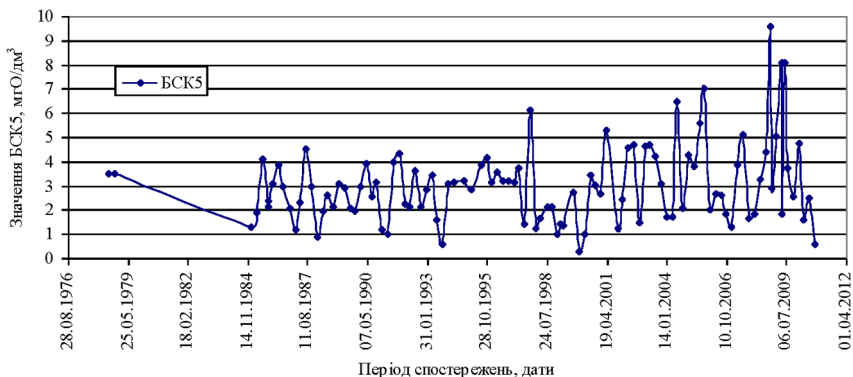


**Рис. 7. Гістограми розподілу й частота повторень окиснюваності води оз. Катлабуг**

воді озера за біхроматною й перманганатною окислюваністю був найменшим у весняну повінь, найбільшим – у літню межень.

Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб у воді оз. Катлабуг змінювалось від 0,29 (11.01.2000) до 9,6 (15.10.2008) мгО/дм<sup>3</sup> (рис. 8). За середньоарифметичними показниками біологічного споживання кисню протягом 5 діб вода озера в 1995-2000рр. належала до 3 категорії якості (досить чиста), а в усі інші періоди досліджень – до 4-ї категорії якості [26].

У всіх Придунайських озерах наприкінці літа (серпень – вересень) в воді при незначному вмісті фосфатів та амонію майже відсутні нітрати, що вочевидь пояснюється їх інтенсивним споживанням фітопланктоном.



**Рис. 8. Динаміка зміни біологічного споживання кисню протягом 5 діб у воді оз. Катлабуг**

**Оцінка якості води за специфічними речовинами токсичної дії.** Уміст у природній воді нафтопродуктів, фенолів, СПАР, фторидів, ціанідів, пестицидів, важких металів та радіоактивності відноситься до специфічних показників токсичної й радіаційної дії.

Уміст нафтопродуктів озера *Катлабуг* змінювався від 0 (у 28,5% проб) до 0,52 (12.10.92) мг/дм<sup>3</sup>. Найвищі значення вмісту нафтопродуктів у воді озера (> 0,2 мг/дм<sup>3</sup>) фіксували тільки в 1991-1994 рр. (7,1 % проб). З 2000 р проб води з вмістом нафтопродуктів більше 0,06 мг/дм<sup>3</sup> не фіксували. При цьому, 47,37 % проб води за умістом нафтопродуктів перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення та граничну межу 3 категорії якості. За середньоарифметичними показниками вода у 1979-1980, 1986-1990, 1996-2000 рр. відносилася до 4 категорії якості й була слабо забрудненою, у 1981-1985, 2001-2005 – до 3 категорії якості (досить чиста), у 2006-2012 рр. – до 1 категорії якості (дуже чиста), а у 1991-1995 вода озера була найгіршою за якістю за весь період досліджень, відносилася до 6-тої категорії якості й класифікувалася як сильно забруднена (табл. 8) [26].

Уміст синтетичних поверхнево-активних речовин у воді оз. Катлабуг мав значні коливання від 0 (32 % проб) до 3,7 мг/дм<sup>3</sup> (10.11.1979 р.), що в 18,5 раз перевищує ГДК для водойм рибогосподарського призначення і в 185 раз граничний рівень 3 категорії екологічної оцінки [10, 26]. Таких великих значень СПАР

Таблиця 8

**Середньоарифметичний вміст специфічних речовин токсичної дії у воді оз. Катлабуг у різні періоди досліджень, мг/дм<sup>3</sup>**

Інгредієнти	1978-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012
	Катлабуг – Кислиця						
<b>НП</b>	0,0583	0,0420	0,0531	0,2725	0,06	0,03	0,008
<b>СПАР</b>	1,6867	0,0225	0,0094	0,0350	0,02	0,02	0,0295
<b>Феноли</b>	-	0,002	0,005	0,006	0,0038	0,0051	0,0041
<b>α-ГХЦГ</b>	-	5,71429E-07	1,875E-07	2,42857E-05	0,00000009	0,0	0
<b>ДДТ</b>	-	0,000023	0,0000043	0,0000293	0,00000013	0	0,0000008
<b>ДДЕ</b>	-	8,67143E-05	0,000037625	0,0000004	0	0	0,00000066
<b>Si</b>	1,170	3,413	1,950	0,980	1,864	2,479	2,579
<b>Cu</b>	-	-	0,0017	0,0011	0,0018	0,0263	0,0314
<b>Zn</b>	-	-	0,0025	0,0019	0,0030	0,0045	0,0052
<b>Fe</b>	0,088	0,18	0,1913	0,0321	0,1094	0,153	0,188
<b>Cr<sup>6+</sup></b>	-	-	0,00077	0,00093	0,00172	0,00202	0,0104
<b>Mn</b>	-	-	0,00325	0,00258	0,00236	0,0127	0,0183
<b>F</b>	-	-	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41

у воді озера (2,9-3,7 мг/дм<sup>3</sup>) 3 % проб і всі вони фіксувалися в червні – листопаді 1979 р. Можна припустити, що це одиночні випадки і пов'язані вони з привнесеним стоком річок Великий та Малий Катлабуг, Ташбунар або Єніка. Крім того, уміст СПАР вищий за граничний рівень 3 категорії якості у 1,5-4,5 рази мають 36 % проб у тому числі й за 2005-2011 рр. За середньозваженими значеннями СПАР вода озера в 1978-1980 рр. відносилась до 7 категорії якості (дуже брудна), у 1981-1985, 1991-2012 рр. – до 3 категорії якості (досить чиста), у 1986-1990 рр. – до 2 категорії якості (чиста) (табл. 8).

Необхідно відмітити, що уміст СПАР у воді озера в літню межень був значно вищим ніж в зимову межень та весняну повінь (табл. 9). У таблиці наведені результати за весь період досліджень (1978-2012 рр.), без поділу на менш значні відрізки часу.

*Таблиця 9*

**Середньоарифметичний уміст специфічних показників токсичної дії у воді оз. Катлабуг у різні фази водного режиму, мг/дм<sup>3</sup>**

<b>Інгредієнти</b>	<b>Зимова межень</b>	<b>Весняна повінь</b>	<b>Літня межень</b>
<b>НП</b>	0,052	0,089	0,092
<b>СПАР</b>	0,017	0,015	0,194
<b>Феноли</b>	0,004	0,004	0,006
<b>Фториди</b>	0,36	0,38	0,42
<b>Cu</b>	0,003	0,0007	0,0017
<b>Zn</b>	0,003	0,0019	0,0023
<b>Fe, заг</b>	0,142	0,115	0,089
<b>Cr<sup>6+</sup></b>	0,002	0,0009	0,0016
<b>Mn</b>	0,0065	0,0013	0,0022
<b>Hg</b>	0,0017	0,0006	0,0007
<b>F</b>	0,37	0,38	0,40

Концентрація фенолів за роки досліджень у воді озера змінювалась від 0 (10.10.1985) до 0,02 мг/дм<sup>3</sup> (30.07.1998). При цьому переважаюча більшість проб (88,87 %) мали значення вищі від ГДК для водойм рибогосподарського призначення [23] й вищі за граничний рівень 3 категорії якості. Отже, в 1981-1985 рр. вода

озера за умістом фенолів відносилася до 4 категорії якості (слабко забруднена), у 1986-1990, 1996-2000. 2006-2012 рр. – до 5 категорії якості (помірно забруднена), у 1991-1995 та 2001-2005 рр. до 6 категорії якості (брудна) [26, 29]. Уміст фенолів як і нафтопродуктів і СПАР у літню межень був вищим ніж в зимову межень та весняну повінь (див. табл. 9).

Уміст міді у воді озера змінювався від 0 (7,84 % проб) до 0,0093 мг/дм<sup>3</sup> (20.11.2010). Лише 14,9 % проб води мали уміст міді нижчий за значення ГДК для водойм рибогосподарського значення [23] і 17,0 % проб – нижче граничного рівня 3 категорії якості. За середньоарифметичними значеннями вмісту міді вода оз. Катлабуг у 1986-2000 рр. належала до 3 категорії якості, а в 2001-2012 рр. – до 4 категорії якості (слабко забруднена) [10].

Концентрація цинку у воді оз. Катлабуг за період 1978-2012 рр. змінювалася від 0 до 0,0096 мг/дм<sup>3</sup>. За середньозваженим вмістом **цинку** вода в озері Катлабуг у всі періоди досліджень належала до 1 категорії якості.

Уміст заліза у воді оз. Катлабуг змінювався від 0 (10,6 % проб) до 0,49 мг/дм<sup>3</sup> (11.04.1986). При цьому 33,3 % проб мали значення вищі від ГДК для водойм рибогосподарського призначення, а 8,2 % - для водойм господарсько-побутового призначення. За вмістом **заліза** вода у 1978-1980, 1991-1995 рр. відносилася до 3 категорії якості, а в 1981-1990 і 1996-2012 рр. – до 4 категорії якості (слабо забруднена). Найбільш високі значення вмісту заліза за фазами водного режиму фіксували в зимову межень, найменші – у літню межень (табл. 9).

За дослідженнями Мірошніченко О.П. [20] у водах Дунаю в 2005-2010 рр. частка важких металів заліза, марганцю, цинку, міді та нікелю в розчинену вигляді складає відповідно 7,2, 16, 53, 55 та 66 % від валового умісту. Інша частина знаходиться переважно в зважених частках, котрі при самопливному наповненні озер осаджуються на дно сполучних каналів, оз. Лунг і можливо саме тому ми фіксуємо в воді озер значно меншу кількість важких металів ніж у воді р. Дунай [16, 17, 19].

Уміст Cr<sup>6+</sup> у воді озера змінювався від 0 (37 % проб) до 0,026 мг/дм<sup>3</sup> (20.07.2009). При цьому, 59,3 % проб мали значення вищі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення [23] і 29,6 % проб – для водойм господарсько-побутового призначення [28]. За вмістом **хрому** шестивалентного вода в озері *Катлабуг* у 1986-2005 рр. була

чистою і досить чистою, в 2006-2012 рр. – слабо забрудненою.

У різні роки води озера Катлабуг містили різну але незначну кількість хлор – та фосфорорганічних пестицидів. Найбільш часто фіксували такі пестициди або їх метаболіти як  $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДЄ, ДДТ, трефлан, ліндан, гексахлоран, гексахлорбензол, формальдегід в дозах від слідів до 0,000337 мг/дм<sup>3</sup> ( $\gamma$ -ГХЦГ, 13.01.1994). То ж за умістом залишків пестицидів вода озера *Катлабуг* в найгірших одиночних пробах належала до 3-ї категорії якості (досить чистої), в інших переважно – до чистої.

**Розрахунок індексу забруднення води (ІЗВ)** [29] озера Катлабуг за обмеженим числом інгредієнтів (відношення середньоарифметичного значення до гранично допустимих концентрацій амонійного й нітратного азоту, НП, фенолів, БСК<sub>5</sub>, розчиненого кисню – тут ГДК ділиться на середнє значення) дав наступні результати. В окремих пробах ІЗВ змінювався від 0,406 (12.01.85) до 4,38 (30.07.1998), тобто якість води змінювалася від 2 категорії (чиста) до 5 (брудна). При цьому 74,6 % проб води мали рівень забруднення вищий 2 категорії якості (>1,0), а 10,2 % проб – вищий 3 категорії якості (> 2,5). Середньозважені показники забруднення води за ІЗВ оз. Катлабуг в період 1978-1980, 1981-1985 рр. становили відповідно 0,9 і 0,98 (вода чиста), 1986-2012 рр. 1,57-1,26 (3 категорія, вода помірно забруднена).

**Іригаційна оцінка якості води.** Величина загальної мінералізації, відсотковий вміст головних іонів, наявність токсикантів, забруднювачів – це ті головні показники, які визначають можливість використання води для зрошення. Саме на загальній мінералізації й співвідношенні катіонів, а в Стеблера й аніонів базується більшість методик оцінки якості поливної води.

За виконаною іригаційною оцінкою *за методикою Буданова* [4], сума всіх речовин хімічного складу мг-екв/дм<sup>3</sup> поділена на величину жорсткості ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) у воді змінювалася від 2,61 (19.01.1993) до 5,52 (21.04.2008). При цьому, в 66,7 % проб значення перевищували 4, тобто граничний рівень придатності води для зрошення. Середньозважені результати іригаційної оцінки за цією методикою (табл. 10) у всі періоди досліджень крім 1978-1980 рр. перевищували 4 (гранична межа для зрошення середньо – і важкосуглинкових ґрунтів), тобто вода в оз. Катлабуг не придатна для зрошення без застосування меліорантів і розбавлення прісною

Таблиця 10

## Оцінювання якості води оз. Катлабуг за іригаційними показниками

Показники оцінювання	1978-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
Na/Ca	1,77	2,247	3,889	3,789	4,275	4,545	4,56
Na/Ca+Mg	0,93	1,12	1,50	1,44	1,29	1,22	1,28
Сума K+A/Ca+Mg	3,86	4,23	4,99	4,87	4,58	4,43	4,54
(Mg/Ca+Mg)*100	47,77	50,34	61,54	62,07	69,78	73,26	71,46
SAR	5,03	10,85	13,40	13,00	12,00	11,50	9,50
HCO <sub>3</sub> -Ca	-0,51	1,18	9,80	11,27	7,06	4,94	0,24
Na/Ca+Mg+Na+K*100	47,13	52,74	59,93	58,97	56,37	54,86	55,86

Таблиця 11

## Оцінювання якості води оз. Катлабуг за іригаційними показниками у різні фази водного режиму

Показники оцінювання	Зимова межень	Весняна повінь	Літня межень
Na/Ca	3,81	2,77	3,53
Na/Ca+Mg	1,34	1,03	1,17
Сума K+A/Ca+Mg	4,69	4,05	4,33
(Mg/Ca+Mg)*100	61,73	60,04	61,89
SAR	8,21	5,32	6,59
HCO <sub>3</sub> -Ca	0,41	0,64	0,65
Na/Ca+Mg+Na+K*100	56,15	48,40	51,96



водою й викликати сульфатне та хлоридне засолення ґрунтів [18].

У воді оз. *Кугурлуй* співвідношення *Na/Ca* змінювалось від 0,76 (19.01.1993) до 7,96 мг/дм<sup>3</sup> (21.04.2008), при тому, що мало б бути не більше одиниці. Проб з значеннями менше 1 всього 1,09 % (2 з 183). Середньозважені значення за певні відрізки часу змінювались від 1,77 за 1978-1980 рр. до 4,56 в 2006-2012 рр. (табл. 10). Співвідношення *Na/Ca+Mg* також перевищувало допустиму величину (0,7) у 1978-2012 рр.

Важливим критерієм оцінювання якості води для зрошення є вміст у ній магнію за методикою Сабольча й Дараб, який негативно діє на ґрунти при його вмісті в поливній воді понад 50% від суми кальцію і магнію [18]. Уміст магнію до суми кальцію та магнію змінювався від 44,64 % (08.08.1979) до 83,43 % (20.01.2009). За середньоарифметичними значеннями вода оз. Катлабуг у 1981-2012 рр. була непридатною для зрошення й викликала магнієве осолонцювання зрошуваних ґрунтів.

Якщо розглянути якість води для зрошення за фазами водного режиму, то найгірші іригаційні показники мають проби води відібрані в зимову межень, найкращі – у весняну повинь за усіма методами оцінки (табл. 11)

За методикою Департаменту сільського господарства США поливна вода з коефіцієнтом SAR, вищим за 8, вважається небезпечною, яка призводить до натрієвого осолонцювання ґрунтів [31]. Отже, вода озера Катлабуг в 1981-2012 рр. є сильно лужною з високою небезпечкою натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів.

За методикою Можейко і Воротнік [21], вода придунайських озер за співвідношенням суми натрію та калію до суми всіх катіонів придатна для зрошення. Але ця методика мало придатна для умов України і може застосовуватись тільки при зрошенні піщаних ґрунтів [14, 18].

**Оцінка якості води для водопостачання.** *За запахом* вода озера не перевищувала встановлених норм (2 бали) за останні роки в жодній з проб.

Мутність води в деяких випадках в сотні разів перевищує норму – 1,5 мг/л. За середньоарифметичними показниками норма перевищена в десятки разів, що ж звісно робить воду за мутністю не

Таблиця 12

Оцінка якості води оз. Катлабуг за можливістю використання для водопостачання

Показники	Уміст мг/дм <sup>3</sup>										ГДК [28]
	1978-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012				
<b>Катлабуг-Кислиця</b>											
Зваж. реч., мг/дм <sup>3</sup>		98,825	49,03	71,49	31,71	46,20	118,14				1,5
pH, од		8,0	8,1	8,0	8,1	8,0	8,26				6,0—9,0
Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	7,69	6,92	7,11	6,07	8,72	11,66	12,33				не більше 7
Мінералізація	947,2	904,6	1006,5	840,2	1250,1	1725,5	1861,4				1000 мг/л
Залізо (Fe)	0,088	0,18	0,1913	0,0321	0,1094	0,133	0,155				0,3 мг/л
Сульфати	287,9	310,7	306,9	232,8	410,8	582,4	656,2				500 мг/л
Хлориди (Cl)	165,8	130,0	165,9	128,7	228,1	315,5	366,3				350 мг/л
Мідь (Cu)			0,0017	0,0011	0,0018	0,0263	0,0314				1,0 мг/л
Цинк (Zn)			0,0025	0,0019	0,0030	0,0045	0,0052				5,0 мг/л
Марганець			0,00325	0,00000	0,00236	0,0127	0,0183				0,1 мг/л
Фосфати (PO <sub>4</sub> )	0,039	0,103	0,069	0,089	0,048	0,054	0,056				3,5 мг/л

придатною для водопостачання [28].

В оз. Катлабуг значення *pH* перевищує норму встановлену для водопостачання (6,5-7,5) в усі періоди досліджень.

*Вміст заліза* в жодному із періодів досліджень не перевищував норми для водопостачання – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>.

*Вміст сульфатів* у воді оз. Катлабуг у 2001-2012 рр. перевищував норму встановлену для водопостачання (500 мг/дм<sup>3</sup>), тобто вона непридатна для водопостачання.

*Вміст хлоридів* за середньоарифметичними показниками, був меншим за норму (350 мг/дм<sup>3</sup>) в 1978-2005 рр., а в 2006-2012 рр. вода була непридатною для водопостачання.

*Вміст міді, цинку, марганцю й фосфатів* також не перевищував гранично допустимих концентрацій.

Отже, за умістом зважених речовин і жорсткістю (1981-2012 рр.), величиною *pH* (1981-2012 рр.), мінералізацією (1986-1990, 1996-2012 рр.), умістом сульфатів (2001-2012 рр.) і хлоридів (2006-2012 рр.) вода оз. Катлабуг непридатна для водопостачання.

**Висновки.** Мінералізація води в оз. Катлабуг за 1978-2012 рр. змінювалась від 183 (19.01.1993) до 2949 (4.09.2007) мг/дм<sup>3</sup>. 4,9 % проб води озера мали мінералізацію меншу 500 мг/дм<sup>3</sup>, 30,6 % проб – меншу 1000, 31,7 % проб – мінералізацію 1000-1500, 24,5 % проб – 1500-2000; 12 % проб – 2000-2500 мг/дм<sup>3</sup> і 2,2 % проб мали концентрацію солей вищу 2500 мг/дм<sup>3</sup>. Найменше значення мінералізації води в усі періоди досліджень припадає на весняне водопілля, а найбільше в 1978-2005 рр. – на зимову межень, в 2006-2012 рр. – на літню межень. Вода оз. Катлабуг у 1979 –1985, 1991-1995 рр. належала до прісної  $\alpha$ -олігогалинної, а в 1986-1990 і з 1996 до сучасного періоду – до солонуватої  $\beta$ -мезогалинної. За середньоарифметичними показниками загальної мінералізації вода у 1979-1990 рр. була помірно забруднена (5-та категорія); 1991-1995 – слабо забруднена (4-та категорія); 1996-2005, 2006-2012 рр. – сильно забруднена (6-та категорія якості).

Із отриманих рівнянь регресії між загальною мінералізацією й умістом головних іонів у воді озера Катлабуг впливає, що при збільшенні загальної мінералізації води на 100 мг/дм<sup>3</sup> уміст сульфатів у середньому зростає на 39,46 мг/дм<sup>3</sup>, натрію – 24,72, хлору – 22,21, магнію – 5,86, гідрокарбонатів – 5,55, кальцію на 1,60 мг/дм<sup>3</sup>.

Уміст сульфатів коливався від 30,7 (19.01.93) до 1100

(04.09.2007) мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацію SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (≤ 100 мг/дм<sup>3</sup>) мали лише 4,9 % проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (≤ 500 мг/дм<sup>3</sup>) – 59,5 % проб води. За вмістом сульфатів вода з 1979 до 1995 рр. належала до 7-ї категорії якості (брудної), а з 1996 до 2012 рр. – до найгіршої 8-ї категорії якості (дуже брудної).

Концентрація хлоридів змінювалась від 32,3 (19.01.93) до 630 (19.10.2007) мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацію Cl<sup>-</sup> нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (≤ 300 мг/дм<sup>3</sup>) мали 63,4 % проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (≤ 350 мг/дм<sup>3</sup>) – 77,0 % проб води. За вмістом хлоридів вода озера *Катлабуг* у періоди 1978-1980, 1986-1990, 1996-2000 рр. належала до 6-ї категорії якості (дуже забруднена); 1981-1985, 1991-1995 – до 5-ї категорії якості (помірно забруднена); в останній період 2000-2005, 2006-2012 рр. вода була найгірша за якістю – брудна (7-ма категорія якості).

Серед катіонів у воді оз. Катлабуг частіше переважав натрій. Його концентрація разом з калієм коливалась від 15,8 (19.01.93) до 663 (19.10.2007) мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацію Na<sup>+</sup> нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (≤ 120 мг/дм<sup>3</sup>) мали лише 9,8 % проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (≤ 200 мг/дм<sup>3</sup>) – 38,8 % проб води.

За класифікацією Альокіна [1] вода озера у 1978-1980 рр. мала сульфатно-хлоридний натрієво-магнієво-кальцієвий склад, у 1981-1985, 1991-1995 рр. - сульфатно-хлоридний натрієво-магнієвий склад, у 1986-1990, 1996-2012 рр. сульфатно-хлоридний натрієвий склад і належала до сульфатного класу натрієвої групи другого типу, що відповідає співвідношенню катіонів: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> < Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> < HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

На зростання мінералізації води в озері Катлабуг і її забруднення значно впливають річки. Так, мінералізація води в р. Великий Катлабуг в 2005-2012 рр. змінювалась від 2537 до 10171 мг/дм<sup>3</sup>, а концентрація токсичних іонів натрію, магнію, хлору та сульфатів відповідно досягала 2430, 360,6, 1970 та 4320 мг/дм<sup>3</sup>. Тотожну за хімічним складом, але дещо меншу за мінералізацією воду приносять в озеро річки Малий Катлабуг (до 8305 мг/дм<sup>3</sup>), Ташбунар (3300-4888 мг/дм<sup>3</sup>) та Єніка (3490-6291 мг/дм<sup>3</sup>).

За середньоарифметичними значеннями вмісту зважених

часток вода оз. *Катлабуг* з 1981 до 1995 рр. належала до 6-ї категорії якості (дуже забруднена); у 1996-2005 рр. – до 5-ї категорії якості (помірно забруднена); у 2006-2012 рр. – вода дуже брудна. Найнижча концентрація зважених часток у воді оз. Катлабуг в зимову межень, найвища – у весняну повінь.

За середньозваженою величиною рН вода оз. Катлабуг і всіх інших придунайських озер належить до 3 – 4-ї категорії якості – середньо лужна.

За концентрацією азоту аміаку вода оз. *Катлабуг* у періоди 1979-1980 і 2000-2005 вода належала до 4-ї категорії якості; у 1981-1990 рр. – до 1-ї категорії якості; у 1991-1995 – до 2-ї категорії, а в 1996-2000, 2006-2012 рр. – до 3-ї категорії якості (досить чиста).

За середньоарифметичними показниками  $\text{NO}_2$  вода оз. *Катлабуг* в 1979-1980 рр. була досить чистою; у 1981-1985 рр. – сильно забрудненою, у 1986-1995, 2001-2005 – помірно забрудненою; у 1996-2000 рр. – дуже брудною; у 2006-2012 рр. – слабо забрудненою [10].

У 1978-1985 рр. вода озера за умістом азоту нітратного була дуже чистою; у 1986-1990, 2001-2012 рр. – досить чистою; у 1991-1995 рр. – брудною, у 1996-2000 рр. – слабо забрудненою.

У 1978-1990 рр. найбільші концентрації азотовмісних біогенних речовин фіксували у весняну повінь, у 1991-2005 і 2006-2012 рр. –  $\text{NO}_2$  і  $\text{NH}_4$  в літню межень, а  $\text{NO}_3$  – в зимову межень.

За середньоарифметичними значеннями умісту фосфатів вода озера в 1978-1980, 2001-2005 рр. відносилась до 3 категорії якості (досить чиста), у 1981-1985 рр. – до 5 категорії (помірно забруднена), у 1986-2000, 2006-2012 рр. – до четвертої категорії якості (слабо забруднена).

За середньоарифметичними показниками насичення киснем (80,95-88,5 %) вода озера у всі періоди досліджень була досить чистою.

За середньоарифметичними показниками вмісту органічних речовин (перманганатна окиснюваність) вода озера у період 1991-1995 рр. була чистою, у 1996-2000 рр. – сильно забрудненою, у 2000-2005 рр. – слабо забруднена, а з 2006 по 2012 рр. – помірно брудною. За середньоарифметичними показниками біхроматної окиснюваності вода озера в 1981-2005 рр. належала до 3 категорії якості, а в 2006-2012 рр. – до 4-ї категорії якості.

За середньоарифметичними показниками біологічного споживання кисню протягом 5 діб вода озера в 1995-2000 рр. належала до 3 категорії якості (досить чиста), а в усі інші періоди досліджень – до 4-ї категорії якості.

За умістом нафтопродуктів вода у 1979-1980, 1986-1990, 1996-2000 рр. відносилася до 4 категорії якості (слабо забруднена), у 1981-1985, 2001-2005 – до 3 категорії якості (досить чиста), у 2006-2012 рр. – до 1 категорії якості (дуже чиста,), у 1991-1995 рр. - до 6-тої категорії якості й класифікувалася як сильно забруднена.

За середньозваженими значеннями СПАР вода озера в 1978-1980 рр. відносилась до 7 категорії якості (дуже брудна), у 1981-1985, 1991-2012 рр. – до 3 категорії якості (досить чиста), у 1986-1990 рр. – до 2 категорії якості (чиста).

У 1981-1985 рр. вода озера за умістом фенолів відносилася до 4 категорії якості (слабко забруднена), у 1986-1990, 1996-2000. 2006-2012 рр. – до 5 категорії якості (помірно забруднена), у 1991-1995 та 2001-2005 рр. до 6 категорії якості (брудна). Уміст фенолів як і нафтопродуктів і СПАР у літню межень був вищим ніж в зимову межень та весняну повінь.

За середньоарифметичними значеннями вмісту міді вода оз. Катлабуг у 1986-2000 рр. належала до 3 категорії якості, а в 2001-2012 рр. – до 4 категорії якості (слабко забруднена).

За середньозваженим вмістом **цинку** вода в озері Катлабуг у всі періоди досліджень належала до 1 категорії якості.

За вмістом **заліза** вода озера у 1978-1980, 1991-1995 рр. відносилася до 3 категорії якості, а в 1981-1990 і 1996-2012 рр. – до 4 категорії якості (слабо забруднена). Найбільш високі значення вмісту заліза за фазами водного режиму фіксували в зимову межень, найменші – у літню межень.

За вмістом **хрому** шестивалентного вода в озері *Катлабуг* у 1986-2005 рр. була чистою і досить чистою, в 2006-2012 рр. – слабо забрудненою.

За умістом залишків пестицидів вода озера *Катлабуг* в найгірших одиночних пробах належала до 3-ї категорії якості (досить чистої), в інших переважно – до чистої.

За індексом забруднення вода оз. Катлабуг в період 1978-1980, 1981-1985 рр. відносилася до чистої, у 1986-2012 рр. – до помірно забрудненої.

За середньоарифметичними значеннями майже всіх методів іригаційної оцінки вода оз. Катлабуг у 1981-2012 рр. була непридатною для зрошення й викликала сульфатне й хлоридне засолення, натрієве й магнієве осолонцювання зрошуваних ґрунтів. Для безпечного використання води для зрошення її перед поливом необхідно насичувати кальцієвими меліорантами, ліквідувати соду, знижувати рН та розбавляти прісною водою [4, 8, 13, 14, 18, 31].

За умістом зважених речовин (1981-2012 рр.), величиною рН (1981-2012 рр.), мінералізацією (1986-1990, 1996-2012 рр.), умістом сульфатів (2001-2012 рр.) і хлоридів (2006-2012 рр.) вода оз. Катлабуг непридатна для водопостачання.

**Рецензент – кандидат географічних наук, професор  
А. М. Молочко**

#### **Література:**

1. *Алёкин, О. А.* К вопросу о химической классификации природных вод / Алёкин, О. А. // Вопросы гидротехники. Ленинград : Гидрометиздат, 1946. – 240 с.

2. Гидрология устьевой области Дуная / [Алмазов А.М., Бондар К., Вагин Н.Ф. и др.]. – М. : Гидрометеиздат, 1963. – 382 с.

3. *Андрианова, О. Р.* О некоторых особенностях климатической изменчивости расходов рек Дуная, Днепра и уровня моря в Одессе в XX столетии / Андрианова О. Р., Белевич Р. Р., Скипа М. И. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.eco-mir.net/show/929/>

4. *Буданов, М. Ф.* Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании их для орошения / Буданов М. Ф. – Киев : Урожай, 1970. – 48 с.

5. Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов / [Т. А. Харченко, В. М. Тимченко, А. А. Ковальчук и др.]. – Киев : Наукова думка, 1993. – 328 с.

6. *Гопченко, Е. Д.* Временная изменчивость скорости течения и мутности воды в рукаве Быстрый килийской дельты Дуная / Е. Д. Гопченко, А. И. Черой // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2008. – вип. 6. – С. 122-128.

7. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії.

ДСТУ 2730-94 [Чинний від 1995 -01-01] – 14 с.

8. *Джуртубаев, М. М.* Зообентос прибрежного мелководья озера Лунг / Джуртубаев М. М., Беленкова Н. И., Радионов И. И. // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2007. – №4. – С. 40-50.

9. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України: Методика. КНД 211.1.4.010.94. – К., 1994. – 37 с.

10. *Зайцев, Ю. П.* Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины (обзор) / Зайцев Ю. П. // Гидробиологический журнал. – 1992. – № 4 (28) – С. 3-19.

11. *Лозовицкий, П. С.* Влияние химических мелиорантов на изменение состава природных вод / П. С. Лозовицкий, В. А. Билай // Водные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 494-504.

12. *Лозовицкий, П. С.* Влияние минерализации поливной воды и срока орошения на засоление черноземов / Лозовицкий П. С. // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 611-622.

13. *Лозовицкий, П. С.* Опыт дисперсионного анализа химического состава оросительных вод юга Украины / Лозовицкий П. С. // Почвоведение. – 2003. – № 12. – С. 1491-1502.

14. *Лозовицкий, П. С.* Оцінювання якості води озера Китай / Лозовицький П. С., Молочко А. М., Лузовицька Ю. А. // Науковий вісник Волинського державного університету ім. Лесі Українки. – 2008. – № 1. – С. 52-59.

15. *Лозовицький, П. С.* Хімічний склад води озера Кагул і її екологічна та іригаційна оцінка / П. С. Лозовицький, Ю. А. Лузовицька // Картографія та вища школа. – 2009. – Вип. 15. – С. 85-91.

16. *Лозовицький, П. С.* Водні та хімічні меліорації ґрунтів / Лозовицький П. С. – К, 2010. – 276 с.

17. Екологічна оцінка якості вод Дунаю / [Лозовицький П. С., Молочко А. М., Бібік В. М. та ін] // Часопис картографії. – 2011. – Вип. 1. – С. 135-148.

18. *Мірошніченко, О. П.* Фізико-хімічні особливості міграції важких металів в поверхневих водах та донних відкладах української частини р. Дунай / Мірошніченко О. П. – Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2011. – № 3-4. – С. 123-129.

19. *Можейко, А. М.* Гипсование солонцеватых каштановых почв УССР, орошаемых минерализованными водами / А. М. Можейко, Т. К. Воротник // Тр. Укр. НИИ почвоведения. – Т. 3. – Харьков, 1958. – С. 111-208.



20. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – Москва, 1990.

21. *Поліщук, В. В.* Історична біографія Дунаю або нагальні проблеми сьогодення у світлі особливостей великої європейської річки / В. В. Поліщук, В. В. Шега. – Укр. міжнародна академія оригінальних ідей. – К., 1998. – 680 с.

22. Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана / [Под ред. Г. И. Швевса, Ю. А. Амброз]. – Киев – Одесса : Вища школа, 1979. – 144 с.

23. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [Романенко В. Д., Жукинський В. Н., Оксіук О. П. та ін.]. – К. : СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.

24. Руководство по методам исследования качества вод // Гидрохимия. Радиология. – Киев, 1995. – т.1. – 201с.

25. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения СанПиН № 4630–88. Москва : Министерство здравоохранения СССР, 1988 г.

26. *Сніжко, С. І.* Оцінка та прогнозування якості природних вод / Сніжко С. І. – Київ : Ніка-Центр, 2001. – 262 с.

27. Унифицированные методы анализа вод / [под общ. ред. Ю. Ю. Лурье]. – М. : Химия, 1973. – 253 с.

28. Классификация оросительной воды [сокр., пер. с англ.] / Циркуляр № 969 Департамента сельского хозяйства США. – 1955.

29. Протоколи засідання Міжвідомчої комісії по встановленню режиму роботи Придунайських водосховищ за 2007-2012 рр. Дунайське басейнове управління водних ресурсів.

П. С. Лозовицкий

### **МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДИ ОЗЕРА КАТЛАБУГ**

Приведено результати хімічного складу води озера Катлабуг за період 1978-2012 гг. і результати екологічної і іригаційної оцінки якості за багаторічний період.

**Ключевые слова:** вода, хімічний склад, мінералізація, оцінка, важкі метали, елементи.

P. Lozovitskyi

## **WATER QUALITY MONITORING OF LAKE KATLABUG**

There are chemical condition results of lake Katlabug water from 1978 to 2012 and results of ecological and irrigational quality estimation during multiyear period.

**Key words:** water, chemical composition, water mineralization, value, heavy metals, trace elements.

Надійшла до редакції 20 червня 2013 р.