

УДК 556.3:631.67

## ТРОФО-САПРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВОДИ р. ДУНАЙ – м. КІЛІЯ

---

П.С. ЛОЗОВІЦЬКИЙ

Інститут водних проблем і меліорації

*Наведено результати екологічної оцінки води р. Дунай – м. Кілія за трофо-сапробіологічними показниками за період 1949–2010 рр., розбитий на 8 коротких відрізків часу та за фазами водного режиму.*

**Ключові слова:** вода, витрата, температура, окиснюваність, біогенні речовини, мутність, біологічне й хімічне споживання кисню, індекс забруднення

**Вступ.** Дунай, друга після Волги річка в Європі за довжиною (2960 км, у межах України – 174 км), має площу басейну 817 тис. км<sup>2</sup> (в Україні 32,35 тис. км<sup>2</sup>) із загальним перепадом рівня води 678 м. Дунай утворює одну з найбільших у світі дельту за площею – близь-

© П.С. Лозовіцький, 2013

Меліорація і водне господарство, 2013. Вип. 100

ко 5000 км<sup>2</sup>. З природоохоронного погляду дельта Дунаю — природне мало порушене у Європі середовище, яке є також наймолодшою геоморфологічною формацією континенту.

Висота дельтової рівнини над рівнем моря в м. Ізмаїл – 3,7 м, поблизу Сулінського устя – 0,5 м. Близько 87% площі дельти становлять плавні, що мають глибину 1–2, рідше 3–4 м. У дельті спостерігаються постійні весняно-літні повені, які іноді тривають до трьох-чотирьох місяців, а рівень води піднімається на 4 м. Витрати води у м. Кілія при відборах проб на хімічні аналізи змінювались від 1090 м<sup>3</sup>/с (06.11.1987 р.) до 8080 м<sup>3</sup>/с (24.04.1970 р.). Пересічна витрата води р. Дунаю 6460 м<sup>3</sup>/с, а середньорічний стік сягає 123 км<sup>3</sup>, змінюючись від 123 (1921 р.) до 313 км<sup>3</sup> (1941 р.) [1, 5, 9, 10, 12].

За мінералізацією вода річки в більшості випадків є прісною  $\alpha$ -гіпогалінною, рідше олігоплінною (237–601 мг/дм<sup>3</sup>), гідрокарбонатного кальцієвого складу.

Клімат у пониззі Дунаю помірно континентальний, з короткою і теплою зимою, тривалою спекою влітку. Він формується під впливом циркуляції повітряних мас, утворених у віддалених один від одного регіонах – Атлантичному океані, Середземному морі і Євразійському материкові. Середньомісячна температура січня коливається від -2 до -1,5°C, а червня – 22,3–23,0°C. Загальна кількість опадів – 350–400 мм/рік при випаровуванні 750–900 мм/рік.

**Мета досліджень** – установити стан забруднення та якість води Дунаю у пункті спостережень м. Кілія та виявити закономірності їхніх змін у часі.

**Методика досліджень.** На основі результатів спостережень на стаціонарному гідрологічному пункті р. Дунай – м. Кілія (а також меншою мірою Дунай – Вилкове) в системі Держгідрометслужби України протягом 1950–2010 рр. та особистих досліджень автора [6–8] в цьому пункті протягом 1984–2000 рр. було складено банк даних за наступними 50 показниками якості: витрата води при відборі проб (м<sup>3</sup>/с), вміст головних іонів (Ca, Mg, Na, K, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl), загальна мінералізація води, величина рН, вміст біогенних речовин (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), загального азоту й фосфору, мінерального фосфору, зважених речовин, насиченість киснем (O<sub>2</sub>, мг/дм<sup>3</sup>), кольоровість води, перманганатна й біхроматна окиснюваність (ПО, БО), біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК<sub>5</sub>), вміст важких металів (Fe,

Cr, Zn, Cu, Pb, Ni, Mn, Cr, Co, Cd), фенолів, нафтопродуктів (НП), синтетичних поверхнево активних речовин (СПАР), залишків деяких пестицидів. Паралельні статистичні ряди даних хімічних аналізів містили до 420 значень.

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

**Результати досліджень і їхнє обговорення.** До трофо-сапробіологічних показників якості води належать: температура, жорсткість, зважені частки, рН, вміст кисню і насичення ним води, концентрація  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , перманганатна й біхроматна окиснюваність, біологічне споживання кисню протягом п'яти діб, хімічне споживання кисню [4].

**Температура водного середовища** впливає на швидкість розкладання та окиснення органічних речовин у воді. Вона пропорційна температурі води і зі змінням температури на  $10^\circ\text{C}$  швидкість окиснення органічних речовин змінюється у 2,2 раза. Концентрація кінцевих продуктів окиснення органічних речовин у водному об'єкті пропорційна концентрації органічних речовин, які окиснюються. Крім того, температура водного середовища та величина рН впливають на розчинення багатьох речовин, що потрапляють у водне середовище. Саме тому при кожному відборі проб води на аналізи вимірювали температуру. Приведена на рис. 1 гістограма розподілу температури води при відборі проб на аналізи має багатoverшинні піки, які характеризують різні сезони року і різні фази водності.

Так, середньоарифметична температура води при відборі проб у зимову межень сягала  $4,33^\circ\text{C}$ , у весняну повінь –  $13,13$ , у літню межень –  $21,09^\circ\text{C}$  (табл. 1). При цьому амплітуда коливання температури становила  $28,3^\circ\text{C}$  і змінювалась від  $0^\circ\text{C}$  (20.01.1967 р.) до  $28,3^\circ\text{C}$  (24.07.2007 р.).

**Жорсткість води** за період спостережень змінювалась від 2,6 (22.04.1978 р.) до 6,29 (14.11.1985 р.). Середньоарифметичні значення жорсткості води річки за весь період досліджень були 3,91, у зимову межень – 4,08, у весняну повінь – 3,8, у літню межень – 3,76, що значно менше встановленого ГДК для води питного призначення (ГДК = 7 мг-екв./дм<sup>3</sup>). Для водойм рибогосподарського призначення цей показник не нормується.

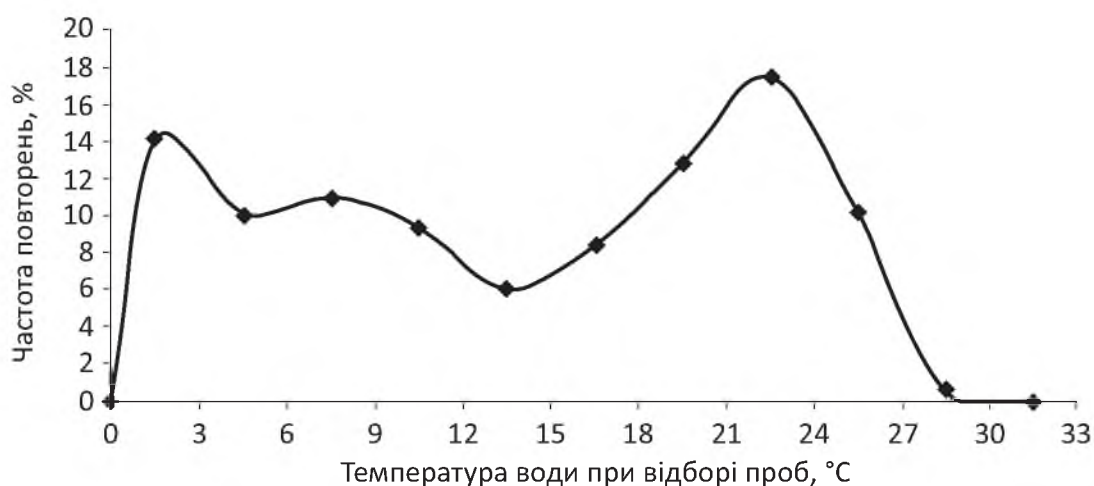


Рис. 1. Гістограма розподілу температури води р. Дунай при відборі проб на хімічні аналізи

*1. Середньоарифметичні значення трофо-сапробіологічних показників р. Дунай у різні фази водного режиму*

Інгредієнти	Зимо- ва ме- жень	Вес- няна повінь	Літня межень	ГДК рибогоспо- дарського призна- чення	ГДК господар- сько-по- бутового викорис- тання	Гранична межа 3-ї категорії екологіч- ної оцінки
1	2	3	4	5	6	7
Жорсткість, мг-екв./дм <sup>3</sup>	4,08	3,80	3,76	–	<7	–
t°С	4,33	13,13	21,09			
рН, од.	7,91	7,89	7,92	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–6,6; 8–8,1
CO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	5,67	4,65	3,65			
Si, мг/дм <sup>3</sup>	2,93	2,91	2,02			
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,047	0,040	0,035	0,02	1	0,01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,389	1,092	1,049	9,0	10,0	0,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,299	0,237	0,272	0,39	1,5	0,3
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	0,150	0,189	0,124	–	3,5	0,153

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Р, загальний, мг/дм <sup>3</sup>	0,264	0,238	0,220			
О <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	10,46	9,49	7,89	> 6	> 4	7,1–7,5
О <sub>2</sub> , % насичення	79,68	87,38	85,97			81–90
Кольоро- вість, град.	18,31	17,21	17,95			
Прозорість, см	20,49	17,74	19,85			65–95
Зважені речовини, мг/дм <sup>3</sup>	97,98	163,38	135,38		<15	11–20
ПО, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,82	5,16	4,89			6,1–8,0
БО, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	24,22	22,85	25,03			19–25
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,26	3,67	2,82	2,25	3,0	2,1
Індекс за- бруднення води, од.	2,139	2,260	2,151			1–2,5
Витрати води при відборі проб, м <sup>3</sup> /с	3351	5017	3444			

Слід відмітити, що в часі загальна жорсткість води поступово підвищувалася від 3,25 мг-екв./дм<sup>3</sup> у 1949 р. до 4,42 – у 1990 р., у 1991–2005 рр. спостерігали поступове зниження жорсткості до 3,57 мг-екв./дм<sup>3</sup> (табл. 2). З 2006 р. з'явилася тенденція до зростання величини жорсткості, в першу чергу внаслідок магнію, вміст якого збільшився порівняно з попереднім періодом на 36,8%, а кальцію – лише на 6,4%.

Вміст *зважених часток* у воді Дунаю коливався від 9,44 (20.10.2004 р.) до 1300 мг/дм<sup>3</sup> (24.05.1958 р.), а середньоарифметичне

значення зважених часток за весь період спостережень – 134,97 мг/дм<sup>3</sup>. У зиму межень забруднення води зваженими частками становило 97,98 мг/дм<sup>3</sup>, у весняну повінь – 163,38, у літню межень – 135,38 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1).

**2. Середньоарифметичні значення трофо-сапробіологічних показників р. Дунай у різні періоди спостережень**

Інгредієнти	Роки							
	1949–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жорсткість, мг-екв./дм <sup>3</sup>	3,25	3,51	3,99	4,42	3,97	3,67	3,57	4,14
pH, од.	7,58	7,81	7,93	7,88	7,95	8,03	7,87	7,97
t°C	14,10	14,60	15,00	13,20	12,65	14,29	12,99	14,79
CO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0	5,5	5,74	5,26	4,34	3,09	5,64	4,18
Si, мг/дм <sup>3</sup>	2,68	2,4	3,35	3,55	1,28	2,35	2,49	2,09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,018	0,026	0,091	0,023	0,04	0,033	0,024
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,76	1,558	0,737	1,06	3,293	1,321	1,221	1,304
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,36	0,018	0,824	0,197	0,22	0,181	0,227	0,143
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	0,08	0,036	0,046	0,239	0,23	0,072	0,081	0,053
P, загальний, мг/дм <sup>3</sup>	–	–	0,21	0,385	0,272	0,145	0,137	0,103
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	9,34	9,13	9,14	9,15	9,27	9,2	9,03	8,93
O <sub>2</sub> , % насичення	–	84,6	86,4	82,2	82,7	89	84,7	84,4
Кольоровість, град.	–	16,1	18,1	18,1	18	16,7	16,2	16,2
Прозорість, см	20	11,4	18,2	26,6	27,4	21,1	18,5	11,6
Зважені речовини, мг/дм <sup>3</sup>	330,2	210,3	163,7	106,6	206,4	108,3	72,9	151,2
ПО, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,6	5,84	6,35	4,87	4,2	3,58	4,56	4,22
БО, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,95	17,6	87,5	23,5	45,4	11,7	18,6	19,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	–	2,61	3,41	3,48	3,2	3,08	3,17	3,22
Індекс забруднення води, од.	–	–	2,426	2,482	2,595	1,645	2,494	1,09

За середньоарифметичним вмістом зважених часток воду Дунаю у 1949–1970, 1991–1995 рр. відносили до 8-ї категорії якості (**дуже брудна**), у 1971–1990, 1996–2000, 2006–2010 рр. – до 7-ї, у 2001–2005 рр. – до 6-ї категорії якості. Граничнодопустима концентрація зважених часток у воді питного водопостачання має бути меншою 15 мг/дм<sup>3</sup>. Серед проаналізованих проб води з допустимою концентрацією зважених часток лише 5,75%, тобто забруднення води є характерним і дуже високим, що перевищує ГДК більш ніж у 50 разів [4].

Необхідно додати, що до 1960 р. стік зважених часток Дунаю у вершині дельти в середньому становив 50–65 млн т/рік, у 1971–2002 рр. – 36,2, а в 1985–2002 рр. – 28,6 млн т/рік. Зниження твердого стоку майже в два рази є наслідком спорудження водосховищ «Залізні ворота 1» і «Залізні ворота 2» [1, 5, 6, 2].

За реакцією водного середовища (**величиною рН**) вода Дунаю належить до нейтральної або лужної, а граничні рівні становили: найнижче значення – 7,05 (20.03.1997 р.), найвище – 8,95 (18.12.1993 р.). На рис. 2 наведено гістограму розподілу значень (їх 420) величини рН за весь період досліджень. Близько 39% проб води мали рН у межах 7,8–8,0; 27,8% – 7,6–7,8; 17,4% – у межах 8,0–8,2, що в сумі дорівнює 84,2%.

Граничнодопустима величина рН для водойм рибогосподарського, господарсько-побутового, питного призначення 6,5–8,5. Цей поріг було перевищено лише в 0,5% проб води – 8,54 (18.03.1990 р.) та 8,95 (18.12.1993 р.).

За середньоарифметичною **величиною рН** (7,58–8,03, табл. 2) вода р. Дунай була **слаболужною** в усі періоди досліджень і належить до 2-ї категорії якості (**чистої**).

**Вміст кисню** у воді Дунаю змінювався від 3,86 (26.05.2001 р.) до 15,36 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (17.09.1988 р.). При цьому 36,3% проб води мали вміст кисню 7,5–9,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 23,9% – 5,5–7,5; 22,6% – 9,5–11,5;

13,7% – 11,5–13,5 і лише 2,69% проб мали вміст кисню нижчий ГДК для водойм рибогосподарського призначення (менше 6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, рис. 3).

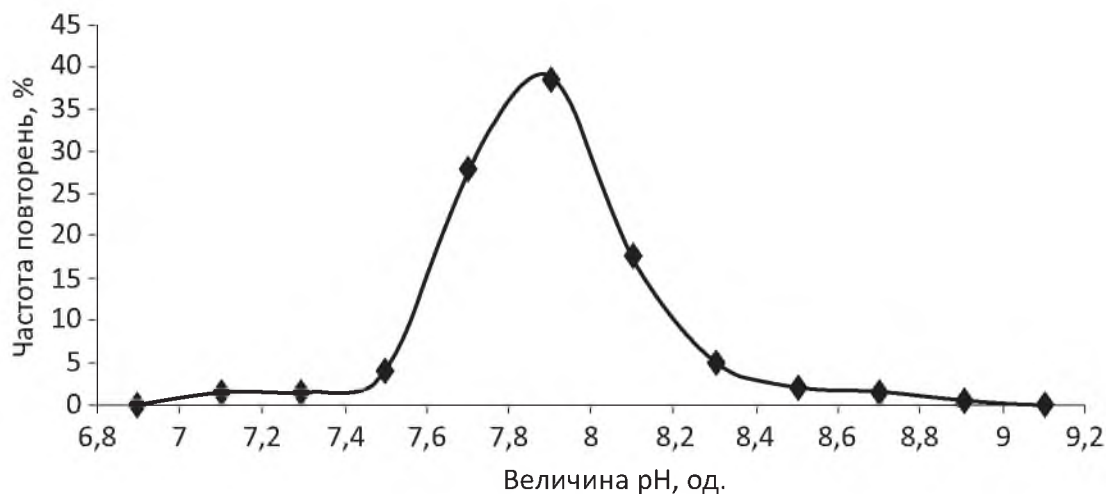


Рис. 2. Гістограма розподілу величини рН у воді р. Дунай

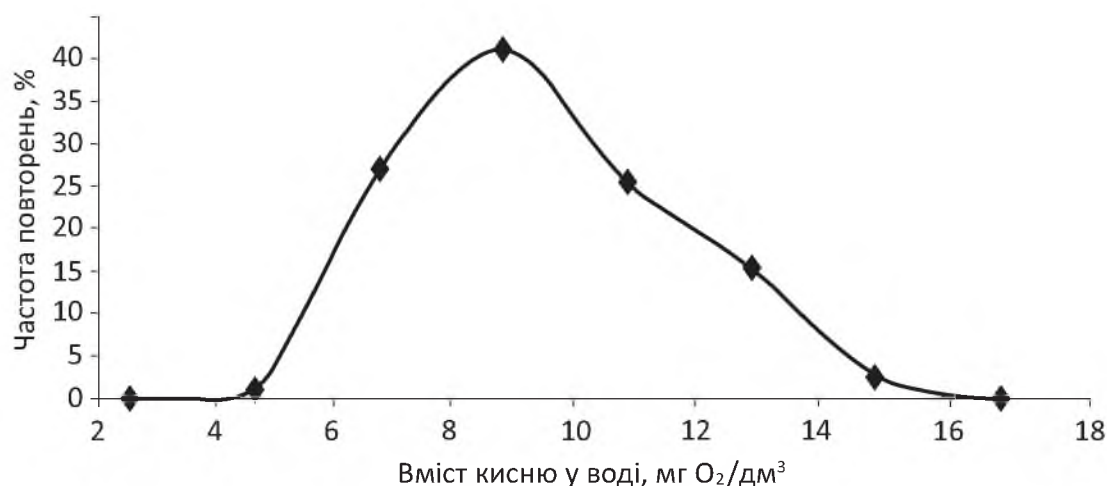


Рис. 3. Гістограма розподілу вмісту розчиненого кисню у воді р. Дунай

Якщо розглянути насичення води розчиненим киснем за фазами розвитку водного режиму, то найвищі його концентрації припадають на весняну повінь, найнижчі – на зимову межень.

Середньоарифметичні значення вмісту розчиненого кисню у воді Дунаю в часі змінювались від 9,34 (1949–1960 рр.) до 8,93 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (2006–2010 рр.) (табл. 3). Вода за вмістом кисню належала в усі періоди досліджень до 1-ї категорії якості (**дуже чистої**), а за насиченням киснем – до 3-ї категорії якості.



**Концентрація  $\text{NH}_4$**  у воді річки змінювалася від 0 (16,6% проб) до  $5 \text{ мг/дм}^3$  (18.07.1979 р.). У 11,8% проб концентрація азоту аміаку перевищувала граничнодопустимий рівень для водойм рибогосподарського призначення ( $0,39 \text{ мг/дм}^3$ ). У 20,7% проб концентрація  $\text{NH}_4$  перевищувала граничну межу 3-ї категорії екологічної оцінки –  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  (вода досить чиста, добрий екологічний стан). При цьому всі проби з високим вмістом азоту аміаку припадають на період 1973–2010 рр., а найвищі ( $2\text{--}5 \text{ мг/дм}^3$ ) – на 1975–1981 рр. Рівень забруднення води Дунаю азотом аміаку за повторюваністю оцінюється як нестійкий (перевищення ГДК в 10–30% проб), але високий (є випадки перевищення ГДК більш ніж у 10 разів).

Якщо розглядати концентрацію азоту аміаку у воді Дунаю за фазами водного режиму, то найвищими вони є у зимову межень, найнижчими – у весняну повінь (табл. 1).

За середньоарифметичним вмістом азоту аміаку вода Дунаю у 1949–1960 рр. належала до 4-ї категорії якості, у 1961–1970 рр. – до 1-ї, у 1971–1980 рр. – до 5-ї, у 1981–1990, 1996–2000, 2006–2010 рр. – до 2-ї, у 1991–1995 та 2001–2005 рр. – до 3-ї категорії якості. Аміак є кінцевим неорганічним продуктом складного процесу мінералізації органічних речовин, які містять азот. Іони амонію засвоюються рослинами при фотосинтезі й окислюються в нітрити та нітрати.

**Концентрація  $\text{NO}_2$**  у воді Дунаю змінювалася від 0 (8,56% проб) до  $0,77 \text{ мг/дм}^3$  (24.02.1984 р.). При цьому в 51,1% проб концентрація нітритів перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення ( $0,02 \text{ мг/дм}^3$ ), в 69,9% – граничну межу 3-ї категорії екологічної оцінки –  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ . Найвищі рівні забруднення води нітритами (вищі за  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ , 2,26% проб) спостерігали в період з 07.02.1979 р. по 14.04.1987 р. Отже, забруднення води Дунаю нітритами за повторюваністю є характерним (перевищення ГДК більш ніж у 50% проб), а за рівнем – високим [4]. Середньоарифметичне значення концентрації нітритів у воді Дунаю з 1971 р. й донині перевищує ГДК і становить  $0,023\text{--}0,096 \text{ мг/дм}^3$ . Воду відносили до 5-ї та 6-ї категорій якості (**помірно, слабо забруднена**). У 1949–1970 рр. вода Дунаю за вмістом нітритів належала до 4-ї категорії якості.

Найвищий вміст нітритів у воді Дунаю спостерігається в зимову межень, найнижчий – у літню межень. Середньоарифметична різниця у забрудненні води за цим показником за наведеними фазами водного режиму становить 33,3%. Це пояснюється тим, що вміст нітри-

тів у воді збільшується наприкінці літа, коли підсилюється розпад органічної речовини. Оскільки нітрити є проміжним нестійким продуктом у процесі нітрифікації, підвищення їхнього вмісту свідчить про інтенсифікацію розкладання органічних залишків і затримання окиснення. Крім того, в зимову межень зростає живлення завдяки ґрунтовим водам, де вміст нітритів завжди вищий, ніж в атмосферних опадах.

**Концентрації  $\text{NO}_3$**  у воді річки змінювалися від 0 (5,6% проб) до 18,6 мг/дм<sup>3</sup> (27.03.1991 р.). При цьому концентрації вищі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (9 мг/дм<sup>3</sup>) зафіксовано в 1,86% проб, вищі за граничну межу 3-ї категорії екологічної оцінки (0,5 мг/дм<sup>3</sup>) – в 60,3% проб. Найвищі рівні забруднення вод Дунаю сполуками нітратів у межах 6–18,6 мг/дм<sup>3</sup> (3,1% проб) фіксували в період від 30.05.1990 р. до 12.06.1991 р. Загалом рівень забруднення вод Дунаю нітратами оцінюється як одиночний і низький.

За середньоарифметичним вмістом нітратного азоту вода Дунаю в 1949–1960 і 1971–1980 рр. належала до 5-ї категорії якості (**помірно забруднена**), в 1961–1970, 1981–1990, 1996–2010 рр. – до 6-ї категорії якості (**сильно забруднена**), в 1991–1995 рр. – до 7-ї категорії якості (**брудна**).

Середній вміст нітратів у воді Дунаю у різні фази водного режиму також має свою закономірність: найвищі рівні забруднення – в зимову межень, найнижчі – в літню межень. Різниця в забрудненні вод у ці фази водного режиму сягає 32,4%. Забруднення вод  $\text{NO}_3$  у весняну повіднь вище за забруднення у літню межень на 4,1%.

**Концентрація мінерального фосфору ( $\text{PO}_4$ )** у воді Дунаю змінювалася від 0 (20.01.1966 р., 21.02.1966 р., 21.06.1966 р., 20.12.1966 р., 22.06.1993 р.) до 0,72 мг/дм<sup>3</sup> (23.04.1992 р.).

Вміст фосфатів у водних об'єктах рибогосподарського призначення не нормується, але гранична межа 3-ї категорії екологічної оцінки становить 0,153 мг/дм<sup>3</sup>. Якщо дотримуватися цього нормативу, то 16,3% відібраних і проаналізованих проб води мають концентрацію фосфатів вищу за цю межу. Найвищі концентрації фосфатів у воді Дунаю (більші за 0,4 мг/дм<sup>3</sup>) фіксували лише в період 1984–1994 рр., а з урахуванням фази водного режиму – у весняну повіднь. При цьому концентрація фосфатів у воді Дунаю під час весняної повені вища за концентрацію в зимову межень на 26%, а за концентрацію у літню межень – на 52,4%.

Середньоарифметичне значення вмісту фосфатів у воді Дунаю зростало до 1990 р., пізніше спостерігали поперединне зниження й зростання, яке не досягало рівня 1990 р. За цим показником воду річки відносили у 1961–1980 рр. до 3-ї категорії якості (досить чиста), у 1949–1960, 1996–2005 рр. – до 5-ї категорії якості (слабо забруднена), у 1981–1995 рр. – до 6-ї категорії якості (сильно забруднена), у 2006–2010 рр. – до 4-ї категорії якості.

Вміст загального розчинного фосфору у воді Дунаю змінювався від 0,011 (22.05.2007 р.) до 1,46 мг/дм<sup>3</sup> (17.0.1984 р.). Проби води, зі вмістом загального розчинного фосфору, що перевищував 0,2 мг/дм<sup>3</sup> (41,96%), припадають на період 1984–2005 рр. Найвищий середній вміст загального розчинного фосфору зареєстровано в 1984–1985 рр. – 0,531 мг/дм<sup>3</sup>, найнижчий – 0,103 мг/дм<sup>3</sup> – у 2006–2010 рр.

Результати забруднення води Дунаю біогенними речовинами підтверджуються літературними даними. У 50-ті роки ХХ ст. з водою Дунаю в Чорне море потрапляло щороку 100 тис. т азоту і 15 тис. т фосфору, у 80-ті ці обсяги збільшились відповідно до 250 і 50 тис. т у рік [3, 10].

**Перманганатна окиснюваність** води річки змінювалася від 1,36 мгО/дм<sup>3</sup> (5.08.1995 р.) до 17,6 мгО/дм<sup>3</sup> (22.06.1993 р.). При цьому 46,6% проб мали окиснюваність у межах 4–6 мгО/дм<sup>3</sup>, 26,7% – 2–4, 14,2% – 6–8 мгО/дм<sup>3</sup> (рис. 4).

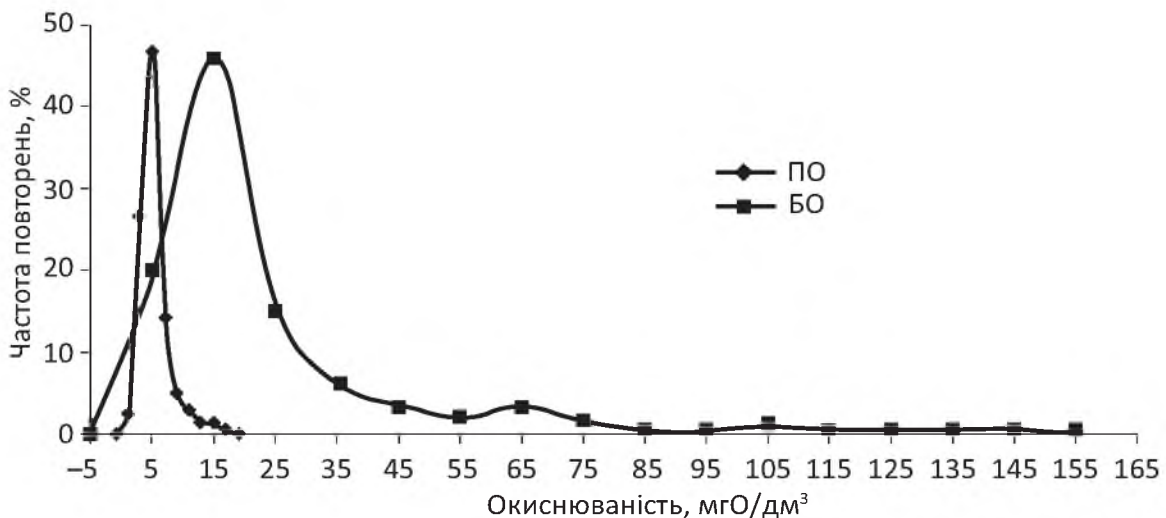


Рис. 4. Гістограми розподілу перманганатної (ПО) і біхроматної (БО) окиснюваності води р. Дунай

Середньоарифметичне значення ПО у воді Дунаю за весь період спостережень становило 4,92 мгО/дм<sup>3</sup>, в окремі періоди часу змі-

нювалось від 3,58 (1996–2000 рр.) до 6,35 мгО/дм<sup>3</sup> (1971–1980 рр.) (табл. 2), а за фазами водного режиму найвищим було у весняну повінь, найнижчим – у зимову межень (табл. 1).

Вода Дунаю за середньою перманганатною окиснюваністю у 1949–1970, 1981–1995, 2001–2010 рр. належала до 2-ї категорії якості (чиста), у 1971–1980 рр. – до 3-ї (досить чиста), у 1996–2000 – до 1-ї категорії якості (дуже чиста).

**Біхроматна окиснюваність** води Дунаю також мала значні коливання в часі – від 0,5 мгО/дм<sup>3</sup> (24.02.1984 р.) до 282 мгО/дм<sup>3</sup> (7.07.1979 р.). При цьому 46,2 % проб мали БО в межах 10–20 мгО/дм<sup>3</sup>, 19,5% проб – 0–10, 14,9% – 20–30 мгО/дм<sup>3</sup> і на БО вище 50 мгО/дм<sup>3</sup> припадає лише 10% проб (рис. 4). Однак середня БО в часі мала дуже значні коливання: від 10,95 мгО/дм<sup>3</sup> за період 1949–1960 рр. до 85,7 мгО/дм<sup>3</sup> за 1971–1980 рр. (табл. 2). Саме на період 1971–1980 рр. припадає й найвища середня перманганатна окиснюваність (6,35 мгО/дм<sup>3</sup>). За фазами водного режиму значення БО були найвищими в літню межень (4-та категорія якості), найнижчими – у весняну повінь (3-тя категорія якості).

За середньоарифметичним значенням БО вода Дунаю у 1949–1960 і 1996–2000 рр. належала до 1-ї категорії якості (дуже чиста), у 1961–1970 рр. – до 2-ї (чиста), у 1981–1990, 2001–2010 рр. – до 3-ї (досить чиста), у 1991–1995 рр. – до 7-ї (брудна), у 1971–1980 рр. – до 8-ї категорії якості (дуже брудна) [4].

**Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб** (БСК<sub>5</sub>) для окиснення органічних речовин, які містяться у воді, в аеробних умовах змінювалося від 0,14 (29.11.1988 р.) до 8,92 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (14.04.1987 р.). Граничнодопустимий рівень БСК<sub>5</sub> у водоймах рибогосподарського призначення 2,25 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, для водойм господарсько-побутового призначення – 3, гранична межа 3-ї категорії екологічної оцінки – 2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Але в 64,28% проб БСК<sub>5</sub> перевищувало ГДК для водойм рибогосподарського призначення і 66,9% проб – граничну межу 3-ї категорії екологічної оцінки. Гістограму розподілу значень споживання кисню протягом п'яти діб у воді Дунаю наведено на рис. 5.

Середньоарифметичне значення БСК<sub>5</sub> у воді Дунаю зростало від 2,61 у 1961–1970 рр. до 3,48 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у 1981–1990 рр. Пізніше цей показник був дещо меншим, але воду річки протягом періоду досліджень відносили до **помірно забрудненої** (5-та категорія якості).

Якщо розглядати значення цього показника за фазами водного режиму, то найвищими вони були у весняну повінь, найменшими – в зимову межень (табл. 1).

**Хімічне споживання кисню** почали визначати у водних об'єктах відносно недавно. Цей показник у воді Дунаю змінювався в межах 13–42,7 мгО/дм<sup>3</sup>, а середнє значення становить 28,09 мгО/дм<sup>3</sup>. ГДК для водойм господарсько-побутового призначення 15 мгО/дм<sup>3</sup>, гранична межа 3-ї категорії екологічної оцінки – 25 мгО/дм<sup>3</sup>.

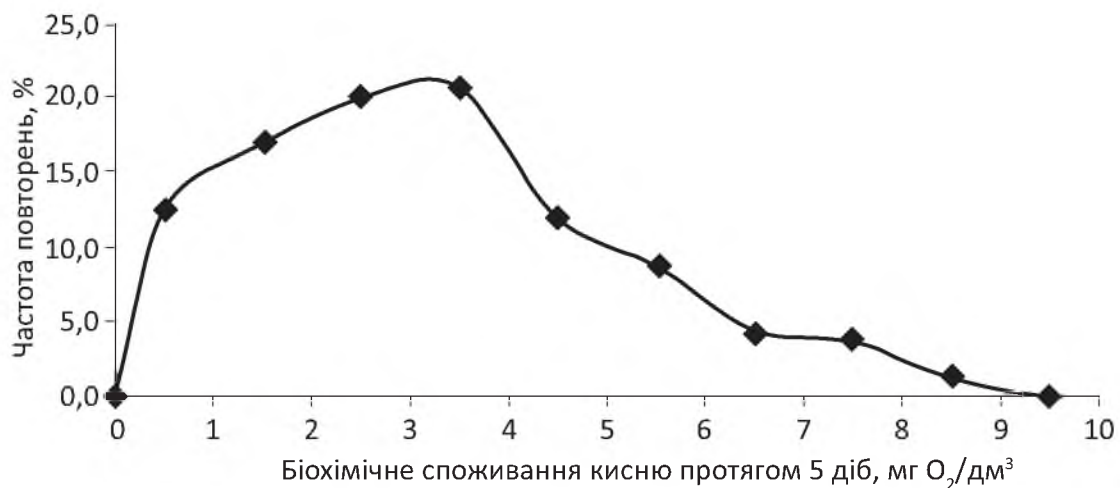


Рис. 5. Гістограма розподілу значень біохімічного споживання кисню протягом п'яти діб у воді р. Дунай

Розрахунок *індексу забруднення води* (ІЗВ) проводять за обмеженим числом інгредієнтів. Визначають середньоарифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з таких показників: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню. Знайдене середньоарифметичне значення кожного з показників порівнюють з граничнодопустимими концентраціями. При цьому у разі розчиненого кисню величина граничнодопустимої концентрації ділиться на знайдене середньоарифметичне значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки.

Розрахунок ІЗВ за обмеженим числом інгредієнтів дав такі результати: 1971–1980 рр. – 2,426, 1981–1990 рр. – 2,482 (3-й клас, вода помірно забруднена), 1991–1995 рр. – 2595 (4-й клас, вода забруднена), 1996–2000 рр. – 1,645, 2001–2005 рр. – 2,494, 2006–2010 рр. – 1,09 (3-й клас, вода помірно забруднена). Отже, вода р. Дунай за індексом забруднення протягом 1971–1990 і 1996–2010 рр. перебувала під зна-

чним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми, а в період 1991–1995 рр. – вода мала порушені екологічні параметри, а екологічний стан оцінювався як екологічний регрес.

**Висновки.** За величиною рН вода Дунаю слабо лужна і належить до 2-ї категорії якості.

За вмістом зважених часток забруднення води Дунаю є характерним за періодичністю й дуже високим за рівнем, що відповідає 8-й категорії якості (дуже брудна в усі періоди досліджень). За фазами водного режиму найменше забруднення води зваженими частками спостерігається в зимову межень, найбільше – у весняну повінь.

Вода Дунаю за вмістом кисню, належала у всі періоди досліджень до 1-ї категорії якості – *дуже чистої*, за насиченням киснем – до 3-ї категорії якості. За фазами розвитку водного режиму найвищі концентрації розчиненого кисню припадають на весняну повінь, найнижчі – на зимову межень.

Рівень забруднення води Дунаю *азотом аміаку* за повторюваністю оцінюється як нестійкий, але високий, рівень забруднення води за *нітритами* – характерний, високий, а *нітратами* – одиночний і низький. Найвище забруднення води Дунаю азотом аміаку відбувається у зимову межень, найнижче – у весняну повінь, нітритами й нітратами – відповідно у зимову і літню межень.

За середньоарифметичним вмістом *фосфатів* вода Дунаю у 1961–1980 рр. належала до 3-ї категорії якості (досить чиста), у 1949–1960, 1996–2005 рр. – до 5-ї категорії якості (слабо забруднена), у 1981–1995 рр. – до 6-ї категорії якості (сильно забруднена), у 2006–2010 рр. – до 4-ї категорії якості. Найвищі рівні забруднення води фосфатами – в зимову, найнижчі – в літню межень.

Воду Дунаю за середньою *перманганатною окиснюваністю* у 1949–1970, 1981–1995, 2001–2010 рр. відносили до 2-ї категорії якості (чиста), у 1971–1980 рр. – до 3-ї (досить чиста), у 1996–2000 рр. – до 1-ї категорії якості (дуже чиста). За фазами водного режиму найвища ПО – у весняну повінь, найнижча – у зимову межень.

За середньоарифметичним значенням *біхроматної окиснюваності* воду Дунаю у 1949–1960 і 1996–2000 рр. відносили до 1-ї категорії якості (дуже чиста), у 1961–1970 – до 2-ї (чиста), у 1981–1990, 2001–2010 – до 3-ї (досить чиста), у 1991–1995 рр. – до 7-ї (брудна), у 1971–1980 рр. – до 8-ї категорії якості (дуже брудна). За фазами водного режиму значення БО були найвищими у літню межень

(4-та категорія якості), найнижчими – у весняну повінь (3-тя категорія якості).

За *біологічним споживанням кисню протягом п'яти діб* (БСК<sub>5</sub>) для окиснення органічних речовин, які містяться у воді, в аеробних умовах, вода Дунаю увесь період досліджень належала до 5-ї категорії якості (**помірно забруднена**). За фазами водного режиму найвищими ці показники були у весняну повінь, найменшими – в зимову межень.

За *індексом забруднення* вода Дунаю протягом 1971–1990 та 1996–2010 рр. була помірно забрудненою (3-й клас) і перебувала під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми, у період 1991–1995 рр. – вода була забрудненою (4-й клас) і мала порушені екологічні параметри, а екологічний стан оцінювався як екологічний регрес.

1. Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек Сев. Причерноморья / Алмазов А.М. – К.: Изд-во Академии наук Укр. ССР, 1962. – 255 с.

2. Біорізноманітність Дунайського біосферного заповідника, збереження та управління // За ред. Ю.Р. Шеляга-Сосонка. – К.: Наук. думка, 1999. – 704 с.

3. Гидробиологические исследования Дуная и придунайских водоемов. – К.: Наук. думка, 1987. – 148 с.

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

5. Левашова Е.А. Естественные и антропогенные изменения стока воды и наносов в устье Дуная / Е.А. Левашова, В.Н. Михайлов, М.В. Михайлова // Водные ресурсы. – 2004. – 31, № 3. – С. 261–272.

6. Лозовіцький П.С. Гідрохімічна характеристика і іригаційна оцінка води основних джерел зрошення півдня України / Лозовіцький П.С. // Меліорація і водне господарство. – К., 1997. – Вип. 84. – С. 71–83.

7. Лозовіцький П.С. Хімічний склад води основних прісноводних річок Півдня України / [П.С. Лозовіцький, І.В. Шевель, С.В. Усатий, С.В. Рябков] // Вісн. Рівненського держ. техніч. ун-ту: зб. наук. праць. – 2000. – Вип. 1 (3). – С. 91–103.

8. Лозовіцький П.С. Опыт дисперсионного анализа химического состава оросительных вод юга Украины / Лозовицкий П.С. // Россия. – М.: Почвоведение, 2003. – № 12. – С. 1491–1502.

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

10. Романенко В.Д. Екологічні проблеми басейну Дунаю в межах України / В.Д. Романенко, В.В. Поліщук та ін.; Гідроекологічне товариство України. – К., 1996. – 360 с.

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

12. Харченко Т.А. Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоёмов / [Т.А. Харченко, В.М. Тимченко, А.А. Ковальчук и др.]. – К.: Наук. думка, 1993. – 328 с.

*Приведены результаты экологической оценки качества вод р. Дунай – г. Килия по трофо-сапробиологическим показателям за многолетний период, разбитый на 8 кратких отрезков времени и по фазам водного режима.*

*The variance the results of the ecological evaluation of the water quality river Danube – Kiliya for many years are revealed.*