

УДК 504.064.54

Лозовіцький П. С.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ БІЛОЗЕРСЬКОГО ЛИМАНУ

Наведено порівняльні результати хімічного складу й мінералізації води Білозерського лиману – м. Кам'янка-Дніпровська за період 1940-2010рр. Викладено результати екологічної оцінки якості води за критеріями забруднення компонентами сольового складу, еколого-санітарними показниками та умістом специфічних

© П. С. Лозовіцький

речовин токсичної дії. Розраховано індекс забруднення води та виконана загальна оцінка забруднення за всією множиною показників.

Ключові слова: екологія, вода, хімічний склад, мінералізація, оцінювання, забруднення, важкі метали, елементи.

Вступ. Білозерський (Білозірський) лиман розташований у межах Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області. Лиман лежить у зниженні надзаплавної тераси Дніпра, в західній частині Кам'янського поду. Береги низькі, пологі, подекуди заболочені. Водний режим регулюється Каховським водосховищем, від якого лиман відокремлений греблею. Довжина лиману 6,2 км, ширина до 3,2 км, площа 15,6 км², глибина до 3 м. Прозорість води близько 1 м. Донні відклади представлені чорним мулом з домішками детриту. В лиман впадає мала річка Велика Білозерка. На р. В. Білозерка є такі великі водосховища, як Білозерське, Калинівське та Чапаївське та ставки (рис. 1). Вони утворені для утримання весняної повені і для запобігання наслідків шкідливої дії вод на нижче розташовані населені пункти, промислові об'єкти; під час літньої межені – підтримання необхідних позначок для риборозведення.

У геоморфологічному відношенні територія займає другу надзаплавну терасу р. Дніпро з абсолютними відмітками 16-18 м. Поверхня її майже рівна, з невеликими западинами і похилом поверхні до Каховського водосховища та корінного плато.

За кліматичними умовами район досліджень відноситься до напівпосушливої степової зони півдня України. Середньорічна температура повітря дорівнює 10⁰С. Найбільш теплий місяць – липень з температурою 23-24⁰С при максимальному значенні 38-40⁰С. Найнижча температура повітря в січні-лютому -2-4⁰С, в окремі роки знижуючись до -35⁰С. Внаслідок частих відлиг і малої товщини сніговий покрив нестійкий 5-10 см. Число днів з снігом 25-40. Період з температурою вище 5⁰С близько 230 днів. Безморозний період 160-200 днів [6]. Середньорічна кількість атмосферних опадів незначна і коливається від 300 до 430 мм. Розподіл опадів по місяцях нерівномірний. Опали влітку випадають у вигляді короткочасних ливнів, які змінюються довгими періодами без опадів. Атмосферних опадів як за кількістю, так і за розподілом в часі недостатньо для розвитку сільськогосподарських культур.

Розвантаження фільтраційних, атмосферних і зрошувальних

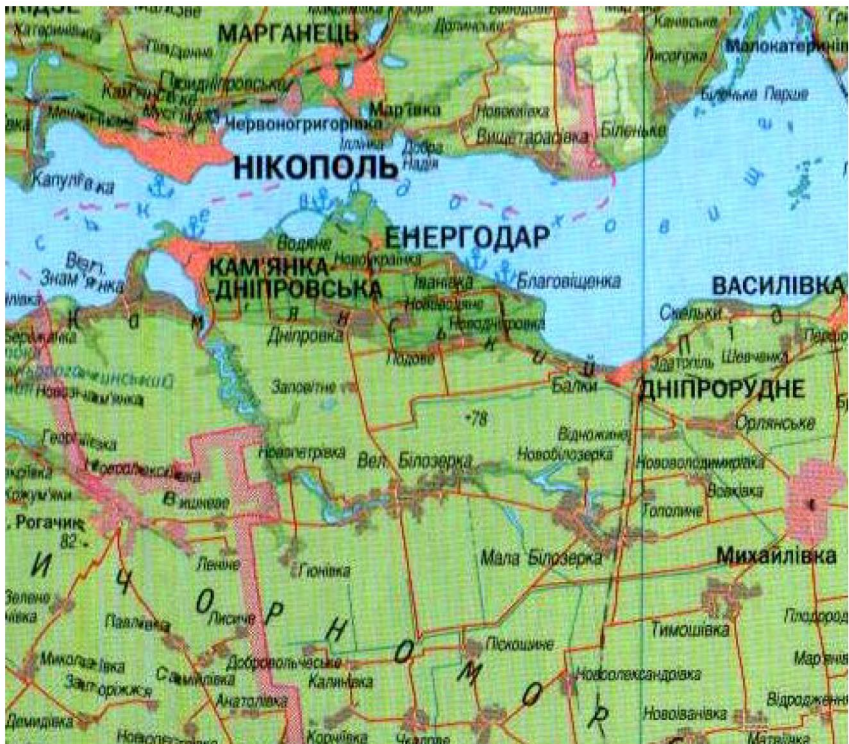


Рис. 1. Карта-схема розміщення Білозерського лиману й річки Білозерка

вод навколишніх територій здійснюється в Білозерський лиман та Каховське водосховище. Мінералізація ґрунтової води не перевищує $2,0 \text{ г/дм}^3$. Тип мінералізації гідрокарбонатний магнієво-натрієвий (табл. 1).

Білозерський лиман є джерелом води для поливу сільськогосподарських культур зрошуваних земель Кам'янського поду.

Мета досліджень – установити хімічний склад води, мінералізацію, стан забруднення та якість води Білозерського лиману за еколого-санітарними критеріями, специфічними речовинами токсичної дії, оцінити воду за іригаційними показниками.

Методика досліджень. Методику досліджень для здійснення комплексної оцінки екологічного стану водних об'єктів було

Хімічний склад ґрунтової води Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції

Дата відбору проб	Сухий залишок, мг/дм ³	рН	Уміст, мг/дм ³							
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
28.05.1993	1622,04	7,75	-	327,05	455,88	399,88	198,20	64,53	170,0	6,5
21.06.1993	956,21	8,05	-	295,32	242,56	129,40	68,14	72,79	145,0	3,0
16.08.1993	1595,68	7,65	-	317,29	465,90	369,06	210,42	56,51	170,0	6,5
27.08.1993	1297,12	7,73	-	312,41	237,27	371,87	160,92	77,65	133,0	7,0

Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості головних іонів та мінералізації води Білозерського лиману за 1940-2010 рр.

Показники	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Рівень надійності (95%)
CO ₃ ²⁻ , мг/дм ³	9,11	0,76	10,57	0	43,2	1,50
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	212,04	3,88	54,75	87,8	390,4	7,65
Cl ⁻ , мг/дм ³	377,27	15,13	213,40	29,8	904,1	29,83
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	318,74	6,08	85,77	43,5	666,2	11,99
Ca ²⁺ , мг/дм ³	65,10	1,55	21,86	13,8	170,74	3,06
Mg ²⁺ , мг/дм ³	57,69	1,48	20,88	7,9	132,0	2,92
Na ⁺ , мг/дм ³	246,93	7,28	102,75	36,7	550,0	14,36
K ⁺ , мг/дм ³	10,15	0,24	3,45	3,0	27,0	0,49
Заг. мін., мг/дм ³	1204,13	25,28	356,64	358,3	2242,7	49,86
рН, од.	8,48	0,03	0,44	7,4	10,0	0,06
Жорсткість, мг-екв/дм ³	6,86	0,26	2,14	2,66	12,08	0,51

визначено з урахуванням рекомендацій нормативних, правових та інших документів у галузі, що розглядається [2, 4,5, 7-9,11], а також використано опубліковані дані Держгідрометеослужби України [3].

При виборі показників для комплексних досліджень керувались принципом заміни розширеного переліку фізико-хімічних показників збалансованим набором показників необхідних для комплексної оцінки екологічного стану водних об'єктів: фізико-хімічних, екотоксикологічних, гідробіологічних. Використання такого набору показників дає змогу отримати всебічну інформацію щодо стану як абіотичної так і біотичної складових водної екосисеми.

На основі результатів хімічних аналізів води [3] протягом 1940-2010 рр. було складено банк даних за наступними показниками: рівень води (см), уміст головних іонів (Ca, Mg, Na, CO₃, HCO₃, SO₄, Cl), загальна мінералізація води, величина рН, уміст біогенних речовин (NH₄, NO₂, NO₃), уміст загального азоту й фосфору, мінерального фосфору, уміст зважених речовин, насиченість киснем (O₂, мг/дм³), кольоровість води, перманганатна й біхроматна окислюваність (ПО, БО), біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК₅), уміст важких металів (Fe, Cr, Zn, Cu, Sr), уміст фенолів, уміст нафтопродуктів (НП), уміст синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Паралельні статистичні ряди даних хімічних аналізів містять до 197 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 Білозерського лиману (табл. 2).

Розподіл варіант у більшості варіаційних рядів хімічного складу природної води має близький до нормального розподіл варіант (рис. 2). Умови нормальності розподілу підтверджуються 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 $+3\delta$ [15].

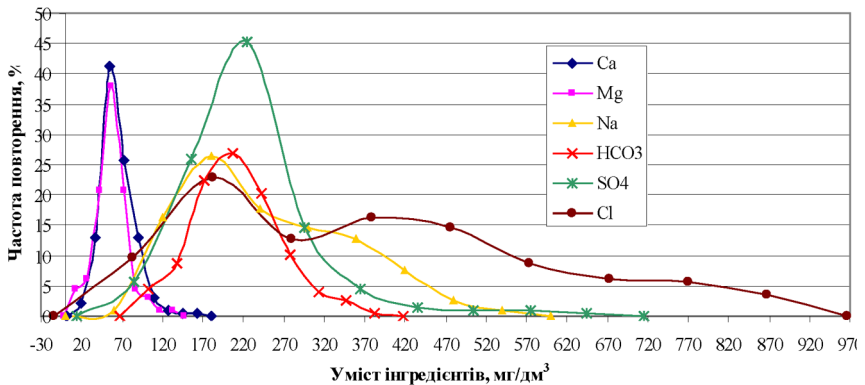


Рис. 2. Гістограми розподілу й частота повторень інгредієнтів хімічного складу води Білозерського лиману за 1940-2010 рр.

А розподіл варіант хлору 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 помірну асиметрію.

Хімічний склад води досить строкатий і непостійний на протязі сезону, що залежить від природних факторів і водообміну з Каховським водосховищем. В межах поливних сезонів мінералізація води коливалася від 358 до 2242 мг/дм³. Вміст карбонатного іону сягає 40 мг/дм³, гідрокарбонатів – 170-390, сульфатів – 106-666, хлоридів 114-904, кальцію – 44-170, магнію – 39-132, натрію – 175-550, калію – 3-27 мг/дм³. Величина водневого показника рН змінювалася від 7,4 до 10,0 при середньоарифметичному значенні 8,66, тобто вода лиману має лужну і сильно лужну реакцію, що вище допустимих вимог для зрошення (табл. 2, рис. 3) [4].

Найвищу мінералізацію води в Білозерському лимані спостерігали в 1973 – 1978 рр, яка часто була близькою або й перевищувала 2000 мг/дм³.

Концентрація хлоридів змінювалась від 29,8 (18.05.77р.) до 904,1 (5.04.1973р.) мг/дм³. Концентрацію Cl⁻ нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (≤ 300 мг/дм³) мали 39,1% проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового

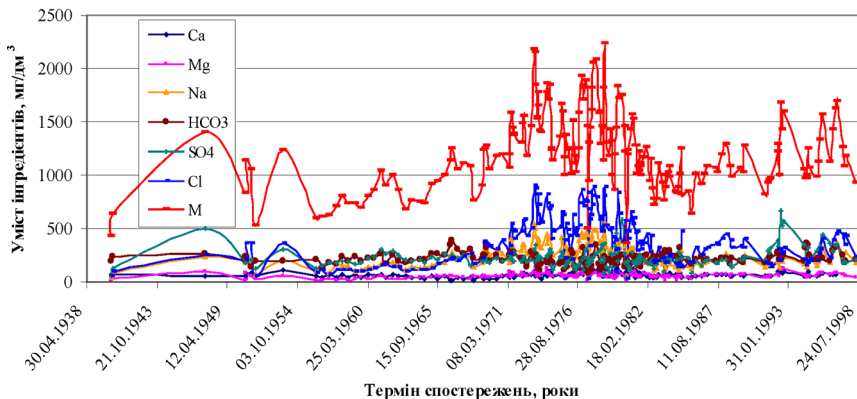


Рис. 3. Динаміка зміни компонентів хімічного складу води Білозерського лиману в часі

призначення ($\leq 350 \text{ мг/дм}^3$) – 49,7% проб води.

Уміст сульфатів змінювався від 43,5 (2.06.1980 р.) до 666,2 мг/дм³ (24.06.1992 р.). Концентрацію SO_4^{2-} нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($\leq 100 \text{ мг/дм}^3$) мали лише 3,0% проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ($\leq 500 \text{ мг/дм}^3$) – 98% проб води.

Уміст гідрокарбонатів мав найменші коливання від 87,8 (11.07.77 р.) до 390,4 (25.10.1966 р.) мг/дм³.

Серед катіонів у воді лиману частіше переважав натрій. Його концентрація разом з калієм коливалась від 36,7 (25.03.40) до 550 (10.10.78) мг/дм³. Концентрацію Na^+ нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($\leq 120 \text{ мг/дм}^3$) мали лише 7,1% проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ($\leq 200 \text{ мг/дм}^3$) – 40,6% проб води.

Уміст магнію коливався від 7,9 (1.10.57) до 132 (21.05.73) мг/дм³. Концентрацію магнію нижчу за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($\leq 40 \text{ мг/дм}^3$) мали лише 16,8% проб води, меншу за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ($\leq 50 \text{ мг/дм}^3$) – 31,5% проб води.

Кальцій змінювався від 13,8 (7.09.1966) до 170,74 (17.10.1979) мг/дм³. Жодна з проб води Білозерського лиману не перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення за вмістом кальцію.

Динаміка мінералізації й хімічного складу води лиману в часі

свідчить про зростання загальної мінералізації протягом 1955-1980 рр. Пізніше спостерігали деяке зниження вмісту головних іонів і стабілізації хімічного складу протягом наступного періоду до 2010 р. (табл. 3). За хімічним складом вода Білозерського лиману у всі роки досліджень мала хлоридно-сульфатний натрієвий, рідше – сульфатно-хлоридний натрієвий склад.

Таблиця 3

Динаміка зміни мінералізації й хімічного складу води Білозерського лиману за 1940-2010 рр.

Показники	1940-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
CO ₃ ²⁻ , мг/дм ³	17,1	17,7	8,88	4,1	8,5	11,4
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	202,1	248,9	186,9	214,8	251,3	226,5
Cl ⁻ , мг/дм ³	154,1	220,6	559,1	292,9	266,4	290,7
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	196,7	214,2	223,7	194,6	315,6	336,6
Ca ²⁺ , мг/дм ³	63,3	41,1	70,9	63,4	69,0	68,9
Mg ²⁺ , мг/дм ³	33,3	46,0	64,7	54,8	66,8	64,9
Na ⁺ , мг/дм ³	136,5	207,3	331,9	184,1	210,9	239,5
K ⁺ , мг/дм ³	7,1	9,3	11,7	9,0	9,6	9,6
Заг. мін., мг/дм ³	788,4	1002,2	1457,3	1017,6	1198,5	1248,6
pH, од.	8,56	8,82	8,50	8,32	8,37	8,55
Жорсткість, мг-екв/дм ³	5,90	5,84	8,87	7,68	8,95	8,79

Вода Білозерського лиману у 1940 –1960 рр. належала до прісної α-олігогалінної, в 1961-2010 рр. – до солонуватої β-мезогалінної [9].

За середньоарифметичною сумою іонів вода лиману характеризувалась таким чином: 1940-1960 рр. – 3 категорія якості (добра), 1961-1970, 1981-2010 рр. – 4-та категорія якості (задовільна), 1971-1980 – 5-та категорія якості (посередня) [10, 26, 29].

За вмістом хлоридів вода Білозерського лиману в 1940-1960 рр. належала до 5-ї категорії якості (помірно забруднена); 1961-1970, 1981-2010 рр. – до 6: 1971-1980 – до 7-ї категорії якості (сильно забруднена). За вмістом сульфатів вода в 1940-1960, 1981-1990 рр. – належала до 5 категорії якості; у 1961-1980 рр. – до 6; у 1991-2010 рр. – до 7-ї категорії якості (дуже брудної).

Жорсткість води лиману за період спостережень

змінювалась від 2,6 (2.06.1980 р.) до 14,72 (24.06.1992 р.) мг/дм³. Середньоарифметичні значення жорсткості води за окремі періоди досліджень змінювались від 5,84 (1961-1970 рр.) до 8,87 мг/дм³ (1971-1980 рр.) (табл. 3). Отже, вода лиману після 1971 р. є жорсткою для водопостачання [28].

Іригаційна оцінка якості води. Виконана іригаційна оцінка води Білозерського лиману за *методикою Буданова* (співвідношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$) [2], свідчить про варіювання показника в межах від 0,47 (12.02.1973 р.) до 15,79 (10.06.1986 р.) при середньоарифметичному значенні 3,55 за весь період досліджень (табл. 4).

У 89,6% проб води лиману співвідношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ було більшим граничнодопустимого рівня ($< 1,0$), тобто вода потребувала поліпшення хімічного складу шляхом внесення кальцієвих солей у вигляді гіпсу, фосфогіпсу, лігніну й ін. [2, 4, 7].

За виконаною іригаційною оцінкою за *методикою Буданова* [2], сума всіх речовин хімічного складу мг-екв/дм³ поділена на величину жорсткості ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) у воді лиману змінювалася від 2,71 (25.03.1940 р.) до 7,76 (1.10.1957 р.). При цьому, в 73,1% проб значення перевищували 4, тобто граничний рівень придатності води для зрошення за цим показником. Середньозважений результат іригаційної оцінки за цією методикою (табл. 3) становить 4,76.

Середньозважене співвідношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ у воді лиману також перевищувало допустиму величину (0,7) і становило 1,35. Отже, за методикою іригаційної оцінки за Будановим вода Білозерського лиману непридатна для зрошення.

Важливим критерієм оцінювання якості води для зрошення є вміст у ній магнію за методикою Сабольч й Дараб, який негативно діє на ґрунти при його вмісті в поливній воді понад 50% від суми кальцію і магнію [2]. Уміст магнію до суми кальцію та магнію змінювався від 13,49 (15.06.1983 р.) до 89,92% (14.04.1974 р.). За середньоарифметичним значенням співвідношення ($\text{Mg}/\text{Ca}+\text{Mg}$) $\times 100$) вода Білозерського лиману є непридатною для зрошення й викликає магнієве осолонцювання зрошуваних ґрунтів.

За методикою Департаменту сільського господарства США поливна вода з коефіцієнтом SAR, вищим за 8, вважається небезпечною, яка призводить до натрієвого осолонцювання ґрунтів [12]. У воді лиману коефіцієнт SAR змінювався від 1,50 (25.03.1940 р.) до 19,91 (13.07.1977 р.) при середньоарифметичному

Таблиця 4

Оцінювання якості води Білозерського лиману за іригаційними показниками

Інгредієнти	Уміст, мг/дм ³				Стандартне відхилення	Рівень надійності, 95,0 %	ГДК
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка			
Іригаційна оцінка якості води, мг-екв/дм ³							
Na/Ca	0,47	15,79	3,55	0,13	1,91	0,26	≤1,0
Na/Ca+Mg	0,36	2,81	1,35	0,05	0,45	0,06	≤0,7
Сума I/Ca+Mg	2,71	7,76	4,76	0,07	0,92	0,13	≤4,0
(Mg/Ca+Mg) 100	13,49	89,92	60,13	1,35	13,81	2,68	≤50
SAR	1,50	19,91	7,53	0,19	2,62	0,37	≤8,0
HCO ₃ -Ca	-3,54	5,52	0,71	0,14	0,70	0,27	≤1,5
Na+K/Сума катіонів	24,31	72,41	55,12	0,60	8,47	1,18	≤65,0
HCO ₃ мг-екв/дм ³	1,44	6,40	3,48	0,06	0,90	0,13	≤3,5
CO ₃ мг-екв/дм ³	0	0,72	0,15	0,02	0,17	0,02	Відс.
Cl, мг-екв/дм ³	0,84	25,50	10,64	0,43	6,02	0,84	≤3,0
∑ солей екв. Cl	1,97	28,70	13,54	0,42	5,95	0,82	≤5,0

значенні 7,53. Вода річки є сильно лужною з високою небезпекою натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів.

За методикою Можейко і Воротнік [8], вода лиману за співвідношенням суми натрію та калію до суми всіх катіонів переважно придатна для зрошення. Але ця методика мало придатна для умов України і може застосовуватись тільки при зрошенні піщаних ґрунтів [7].

За іншими нормами закладеними в державний стандарт України на поливну воду [4] вода Білозерського лиману також непридатна для зрошення.

Вода містить соду, а отже буде викликати підлучення ґрунту й натрієве осолонцювання.

Максимальний уміст хлору перевищує допустимі значення більш ніж в 7 разів, середньоарифметичний – більш ніж у 2 рази (табл. 4). Отже, вода загрозна щодо токсичного впливу на зрошувані рослини.

Розрахунок кількості гіпотетичних солей у воді лиману [4] дав наступні результати. Вода в період досліджень містила найбільш токсичну сіль – соду (табл. 5), яка викликає підлучення й натрієве осолонцювання зрошуваних ґрунтів. Так, уміст токсичних хлоридів натрію змінювався від 0,932 (16.01.1977р.) до 20,799 мг-екв/дм³ (6.02.1978р.), сульфатів натрію – від 1,595 до 20,799, сульфатів магнію – від 0 до 9,499, гідрокарбонатів магнію – від 0 до 4,634, нетоксичних сульфатів кальцію – від 0 до 7,307 мг-екв/дм³ (табл. 5).

Розрахунок *кількості токсичних солей в еквівалентах хлору* розраховано за кількістю гіпотетичних солей [4]. За середньоарифметичним значенням цього показника 11,734 мг-екв/дм³ вода лиману придатна для зрошення лише піщаних ґрунтів. При зрошенні інших типів ґрунтів викликати засолення.

Отже, за більшістю методів іригаційної оцінки вода Білозерського лиману є непридатною для зрошення й вимагає перед поливом насичення кальцієвими солями, ліквідації соди й розбавлення прісною водою [2, 4, 5, 7, 8, 12].

Оцінювання якості води за еколого-санітарними показниками. Уміст зважених речовин у воді лиману змінювався від 5,0 до 241,0 мг/дм³ (табл. 6). За середньоарифметичним значенням вмісту зважених часток (36,61 мг/дм³) вода належала до 5-ї категорії якості (помірно забруднена).

Величина рН води за період досліджень змінювалась

Таблиця 5

Уміст гіпотетичних солей у воді Білозерського лиману

Інгредієнти	Уміст, мг-екв/дм ³					Рівень надійності, 95,0 %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	
NaCO ₃	0	0,667	0,150	0,017	0,182	0,035
Ca(HCO ₃) ₂	0,665	2,00	1,878	0,029	0,297	0,057
Mg(HCO ₃) ₂	0	4,634	1,558	0,097	0,993	0,193
NaHCO ₃	0	2,161	0,248	0,044	0,453	0,088
CaSO ₄	0	7,307	1,051	0,125	1,281	0,249
MgSO ₄	0	9,499	2,242	0,174	1,782	0,347
NaSO ₄	1,595	20,799	9,327	0,371	3,783	0,736
CaCl ₂	0	1,755	0,020	0,017	0,173	0,033
MgCl ₂	0	4,650	0,470	0,093	0,948	0,184
NaCl	0,932	20,799	11,731	0,409	4,169	0,811
KCl	0	0,454	0,205	0,011	0,115	0,023

Оцінювання води Білозерського лиману за трофо-сапробіологічними показниками

Інгредієнти	Уміст, мг/дм ³					Рівень надійності, 95,0 %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	
Завислі речовини	5,0	241,0	36,61	16,03	59,96	34,62
pH	7,8	10,0	8,66	0,05	0,45	0,11
Жорсткість, мг-екв/дм ³	2,66	12,08	6,86	0,26	2,14	0,51
Кольоровість	20,0	168,0	73,62	10,68	38,53	23,28
Температура °C	0,8	26,2	13,22	2,53	9,48	5,47
O ₂ , мг/дм ³	7,08	18,02	11,35	0,87	3,25	1,88
O ₂ , % насичення	81,0	133,0	103,5	4,06	15,22	8,78
Запах, бали	0	0	0	0	0	0
БО, мгO ₂ /дм ³	15,9	218,2	68,92	17,91	64,59	39,03
БСК ₅ , мгO ₂ /дм ³	2,66	11,9	6,08	0,69	2,57	1,48
N-NH ₄	0,19	3,48	1,17	0,22	0,84	0,47
N-NO ₃	0,242	10,6	4,36	0,84	2,80	1,88
N-NO ₂	0	0,957	0,192	0,077	0,290	0,167
Фосфати	0	0,225	0,087	0,018	0,071	0,039
P, заг	0,014	0,266	0,118	0,020	0,079	0,044

від 7 до 10 – середньо лужна. *За середньозваженою величиною рН* вода лиману належить до 6-ї категорії якості [9,10].

У воді лиману концентрація азоту аміаку змінювалась від 0,19 до 3,48 мг/дм³. За середньоарифметичними значеннями (1,17 мг/дм³) вода річки належала до 6-ї категорії якості (брудна).

Концентрація NO₂ у воді змінювалась від 0 до 0,957 мг/дм³. За середньоарифметичним показником (0,192 мг/дм³) вода відносилася до 7-ої категорії якості (дуже брудна) [9]. Необхідно відмітити, що нітритний азот є найбільш токсичним із сполук азоту і може шкідливо позначатися на життєдіяльності живих організмів.

Уміст азоту нітратного у воді Білозерського лиману за роки досліджень змінювався від 0,242 до 10,6 мг/дм³. За середньозваженими значеннями умісту азоту нітратного (4,36 мг/дм³) вода відносилася до 7 категорії якості й була дуже брудною.

Уміст фосфатів у воді змінювався від 0 до 0,225 мг/дм³. За середньоарифметичним значенням умісту фосфатів вода лиману відносилася до 4 категорії якості.

У воді Білозерського лиману уміст кисню коливався від 7,08 до 18,2 мгО₂/дм³. За середньоарифметичним показником умісту кисню (11,35 мгО₂/дм³) вода річки відноситься до 1 категорії якості.

Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб для окислення органічних речовин, що містяться у воді в аеробних умовах змінювалось від 2,66 до 11,9 мгО/дм³ (табл. 5). Граничнодопустимий рівень БСК₅ у водоймах рибогосподарського призначення 2,25 мгО₂/дм³, для водойм господарсько-побутового й питного призначення – 3, гранична межа 3 категорії екологічної оцінки – 2,1 мгО₂/дм³. В 93% проб води БСК₅ перевищувало ГДК для водойм господарсько-побутового, питного призначення й граничну межу 3 категорії екологічної оцінки. За середньоарифметичним показником біологічного споживання кисню протягом 5 діб (6,08 мгО/дм³) вода належала до 5 категорії якості (помірно забруднена) [9].

Хімічне споживання кисню (характеризує забруднення води органічними речовинами і визначає кількість кисню, що витрачається на окислення як легко так і важко окиснюваних органічних і неорганічних речовин, які містяться у воді сильним окисником – біхроматом калію). Цей показник у воді змінювався від 15,9 до 218,2 мгО/дм³, при середньоарифметичному значенні 68,98 мгО/дм³, що є вищим за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (15 мгО/дм³). Отже, 100% проб води

річки мають значення ХСК вищі за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення, а 90,0% проб – вищі за гранична межу 3 категорії екологічної оцінки – 25 мгО/дм³.

За середньоарифметичними значеннями ХСК (табл. 6), тобто за забрудненням органічними речовинами, вода відносилася до 7 категорії якості (дуже брудна).

Оцінювання 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 у воді змінювався від 0,02 до 0,16 мг/дм³. При цьому, 64,7% проб води за умістом нафтопродуктів перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення та граничну межу 3 категорії якості. Жодна з проб води не перевищувала ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (0,3 мг/дм³). За середньоарифметичним показником умісту нафтопродуктів вода відносилася до 4 категорії якості й була слабо забрудненою (табл. 7) [9].

Уміст синтетичних поверхнево-активних речовин у воді мав коливання від 0 до 0,09 мг/дм³. За середньозваженими значеннями СПАР вода відносилась до 4 категорії якості.

Концентрація фенолів за роки досліджень у воді змінювалась від 0 до 0,012 мг/дм³. При цьому частина проб (50,0%) мали значення вищі від ГДК для водойм рибогосподарського призначення [10] й вищі за граничний рівень 3 категорії якості. Отже, вода лиману за середньозваженим умістом фенолів відносилася до 4 категорії якості (помірно забруднена) [9].

У водні об'єкти СПАР потрапляють у значних кількостях із господарсько-побутовими й промисловими стічними водами. У поверхневих водах СПАР перебувають у розчиненому й сорбованому станах, а також у поверхневій плівці води водного об'єкта.

Уміст міді у воді змінювався від 0 до 0,016 мг/дм³. При цьому, 40,0% проб води мали уміст міді вищий за значення ГДК для водойм рибогосподарського значення [10] і 90,0% проб – за граничний рівень 3 категорії якості. За середньоарифметичним значенням вмісту міді вода належала до 4 категорії якості [9].

Концентрація цинку у воді змінювалась від 0 до 0,03 мг/дм³.

В 40,0% проб уміст цинку був вищим за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($>0,01$ мг/дм³), а 12,0% проб мали значення вищі за граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,02 мг/дм³).

Таблиця 7
Статистична характеристика умісту специфічних речовин токсичної дії у воді Білозерського лиману, мг/дм³

Інгредієнти	Уміст, мг/дм ³						Рівень надійності, 95,0 %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення		
Феноли	0	0,012	0,0028	0,001	0,0037	0,0022	
НП	0,02	0,16	0,074	0,011	0,041	0,025	
СПАР	0	0,09	0,036	0,007	0,027	0,016	
ІЗВ, од	1,46	10,39	4,44	0,56	2,32	1,19	
Fe, заг	0	0,42	0,155	0,01	0,038	0,02	
Cu ²⁺	0	0,018	0,0091	0,001	0,004	0,0031	
Zn ²⁺	0	0,03	0,0089	0,0025	0,009	0,005	
Cr ⁶⁺	0	0,014	0,0016	0,0009	0,0035	0,0018	

За середньозваженим вмістом **цинку** вода в лимані за період досліджень належала до 1 категорії якості.

Уміст заліза у воді Білозерського лиману змінювався від 0 до 0,42 мг/дм³. За середньозваженим умістом **заліза** вода відносилася до 1 категорії якості.

Уміст Cr⁶⁺ у воді лиману змінювався від 0 до 0,014 мг/дм³.

Розрахунок індексу забруднення води (ІЗВ) [10] за обмеженим числом інгредієнтів (відношення середньоарифметичного значення до гранично допустимих концентрацій амонійного й нітратного азоту, НП, фенолів, БСК₅, розчиненого кисню – тут ГДК ділиться на середнє значення) дав наступні результати. В окремих пробах ІЗВ змінювався від 1,46 до 10,39, тобто якість води змінювалася від 3 категорії (помірно забруднена) до 7 (надзвичайно брудна). При цьому 52,9% проб води мали рівень забруднення вищий 3 категорії якості (>2,5). Середньозважені показники забруднення води Білозерського лиману за ІЗВ в період досліджень становили 4,44, що відповідає 4 категорії екологічної якості (забруднена) за трофо-сапробіологічними показниками.

Загальна оцінка води **за всією множиною показників** (за так званою функцією міри R, [10]) наведена у табл. 8 і свідчить, що вода відносилася до 4 категорії, тобто посередньої якості.

Таблиця 8

Загальне оцінювання якості води Білозерського лиману за всією множиною показників

Категорії якості води	Кількість показників відповідної категорії та загальна оцінка якості води
1	3
2	0
3	0
4	6
5	2
6	1
7	4
Загальна оцінка R	71/16 = 4,44
Категорія якості	4

Висновки. Мінералізація води Білозерського лиману змінювалась від 358 до 2243 мг/дм³, належала до солонуватої

β-мезогалинної. Середньорічні значення мінералізації (1204 мг/дм³) перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення й зрошення, а вода за цим показником екологічної якості відноситься до 4 категорії – задовільної.

За іонним складом вода відносилася до хлоридного класу, натрієвої групи, першого типу.

Уміст сульфатів у воді лиману змінювався від 44 до 666 мг/дм³. Середньоарифметичне значення – 292,8 мг/дм³, що відповідає 6 категорії якості. Уміст сульфатів в 19,0% проб перевищував ГДК для водойм побутово-господарського призначення (500 мг/дм³), тобто вода дуже забруднена компонентами сольового складу.

Уміст хлору у воді лиману змінювався від 30 до 904 мг/дм³, при середньоарифметичному – 377, що відповідає 7 категорії екологічної якості – брудна. В 27,8% проб води уміст хлору перевищував значення 300 мг/дм³ – верхнє граничне значення 7 категорії екологічної якості. Максимальний уміст хлору у воді перевищує допустимі значення для зрошення більш ніж в 7 разів, середньоарифметичний – більш ніж у 2 рази. Отже вода загрозлива щодо токсичного впливу на зрошувані рослини.

Вода лиману за період досліджень була забрудненою за умістом зважених часток, нітритів, азоту аміаку, фосфатів, органічних речовин.

Вода лиману була забрудненою й специфічними токсичними речовинами – СПАР, фенолами, нафтопродуктами, важкими металами.

За величиною розрахованих **ІЗВ** вода лиману оцінюється як помірно забруднена й знаходиться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми.

Розрахунок кількості гіпотетичних солей у воді лиману свідчить про наявність найбільш токсичної солі – соди, яка викликає підлучення й натрієве осолонцювання зрошуваних ґрунтів. Так, уміст токсичних хлоридів натрію змінювався від 0,932 до 20,799 мг-екв/дм³, сульфатів натрію – від 1,595 до 20,799, сульфатів магнію – від 0 до 9,499, гідрокарбонатів магнію – від 0 до 4,634, нетоксичних сульфатів кальцію – від 0 до 7,307 мг-екв/дм³

За більшістю методів іригаційної оцінки вода Білозерського лиману непридатна для зрошення, вимагає перед поливом насичення кальцієвими солями, зниження лужності й ліквідації соди та розбавлення прісною водою.

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

Література:

1. Алёкин О. А. К вопросу о химической классификации природных вод [Текст] / О. А. Алёкин // Вопросы гидротехники. – 1946. – Сер. 4. – Вып. 32. – 240 с.

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

3. Гидрологический ежегодник. 1936-1990 гг. [Текст]. – Т. 2. – Вып. 4.

4. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії : ДСТУ 2730-94 [Текст]. – [Чинний від 1.01.1995]. – К. : Держсоживсандарт України, 1995. – 14 с. – (Державний стандарт України).

5. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171-10) [Текст]. – [Чинні від 12.05.2010]. – Київ, 2010. – 42 с. – (Державні санітарні норми та правила).

6. Клімат України [Текст] / [За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко] ; Ред. : В. М. Ліпінський та ін. – Київ : Раєвський, 2003. – 343 с.

7. Лозовіцький П. С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів : навч. посіб. [Текст] / П. С. Лозовіцький. – К. : Київський університет, 2010. – 276 с.

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

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

10. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод [Текст] / С. І. Сніжко // Київ. : Ніка-Центр, 2001. – 262 с.

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

12. Циркуляр № 969 Департамента сельского хозяйства США. Классификация оросительной воды (сокр., пер. с англ.) [Текст]. – М. : 1955. – 18 с.

П. С. Лозовицкий

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ БЕЛОЗЕРСКОГО ЛИМАНА

Приведено сравнительные результаты химического состава и минерализации воды Белозерского лимана – г. Каменка-Днепровская за период 1940-2010 гг. Изложено результаты экологической оценки качества воды по критериям солевого состава, эколого-санитарным показателям и содержанию специфических веществ токсического действия. Рассчитано индекс загрязнения воды и выполнена общая оценка загрязнения по всей совокупности показателей.

Ключевые слова: экология, вода, химический состав, минерализация, оценивание, загрязнение, тяжелые металлы, элементы.

P. Lozovitskii

ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN BILOZERSKII LYMAN

Comparative results of chemical composition and water salinity town are given for Bilozerskii Lyman – Kamjanka-Dneprovska the periods of 1940-2010. The article presents the results of environmental assessment of water quality on criteria of components of the salt content pollution, environmental sanitation indexes and content of specific substances toxic effects. Index of water pollution was calculated and the overall assessment of pollution was made by the whole set of indicators.

Key words: ecology, water, chemical composition, salinity, assessment, pollution, heavy metals, elements.

Надійшла до редакції 25 липня 2015 р.