

УДК 556.3:631.67

Лозовіцький П. С.

Інститут водних проблем і меліорацій УААН

ГІДРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ОЗЕРА-ВОДОСХОВИЩА САСИК У ЧАСІ

Приведено результати хімічного складу води озера Сасик за період 1966-2012 рр. і результати екологічної й іригаційної оцінки якості води за багаторічний період.

Ключові слова: вода, хімічний склад, оцінка, показники, важкі метали, гранично-допустимі концентрації.

Вступ. *Сасик* – до 1980 р. був найбільш солоним лиманом з нинішньої групи придунайських озер, який сполучався з морем протокою Кундукська прірва. Вхід у лиман з моря в більшості був закритий мілководним піщаним баром, але інколи течія промивала в барі звивистий фарватер глибиною до 1,2 м і морські води заповнювали лиман. Вирішальну роль у становленні і функціонуванні екосистеми Сасику відігравав процес постійного відновлення в ньому водних мас за рахунок водообміну з морем. Зовнішній

© П. С. Лозовіцький

водообмін був важливим елементом гідрологічного режиму, що визначав всі особливості гідрохімічного, гідробіологічного і гідрологічного режимів водного об'єкту.

У природному стані площа озера становила 210 км².

В озеро з півночі впадають 2 річки – Сарата і Кундук або Когильник, беручи свій початок з Молдови і протікають Причорноморською низовиною з півночі на південь. Сарата має довжину 120 км, площу водозбору 1250 км². Річище її частково розчищене і спрямлене. Вода зрегульована шлюзами, використовується для промислового й сільськогосподарського водопостачання та зрошення.

Когильник має довжину 243 км, площу басейну водозбору – 3910 км². На річці споруджено 2 шлюзи-регулятори, використовують для риборозведення.

На початку 70–х років минулого століття було прийняте рішення про будівництво каналу Дунай – Дніпро. За проектом розробленим інститутом УкрНДІПРОВОДГОСП передбачалося перетворити всі естуарії північно-західного Причорномор'я від дельти Дунаю до Дніпробузького лиману в накопичувачі прісної води для зрошення.

У червні 1978 р. морський лиман був відділений від моря греблею (висота 6 м, довжина 14,6 км), з нього викачана морська вода і створене Сасикське водосховище. Після спорудження самотічного каналу Дунай-Сасик довжиною 13,6 км, витратою 250 м³/с озеро-водосховище Сасик в 1980 р. наповнено прісною водою Дунаю. На південно-східному березі споруджено комплекс із насосної станції відкачки, звідси вода скидається у море. На зрошення з водоймища вода забиралась декількома насосними станціями, розташованими на східному березі північної ділянки водоймища.

У проекті Дунай-Дністровської зрошувальної системи водоймище передбачалося використовувати як накопичувач дунайської води і транзитну водойму-відстійник забруднених завислих речовин.

Нині площа озера 204,8 км², довжина 35 км, максимальні ширина 11,0 км, глибина 3,9 м. Проектний об'єм води 1 млрд. м³. Об'єм водосховища при нормальному підпертому рівні (НПР 0,2 мБС) складає 500,0 млн. м³. Рівень мертвого об'єму (РМО) – -100 см або 370 млн. м³. Вода оз. Сасик використовується для зрошення й експлуатується риболовними організаціями.

Мета досліджень. Мета досліджень – установити хімічний склад води озера та виявити закономірності його зміни у часі. Задачі: 1) виявлення динаміки зміни складу головних іонів, їх концентрації й мінералізації води в часі; 2) оцінювання хімічного складу води озера з придатності для зрошення [2,4,8,13], 3) оцінювання забруднення води озера, як водойми рибогоспо-дарського призначення, різними речовинами за методиками [10].

Методика досліджень. На основі результатів хімічних аналізів води [12] протягом 1966-2012 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, 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 171 значення.

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. Щоб краще зрозуміти зміни які відбулися в гідрохімічному плані в Сасику необхідно пригадати мінералізацію й хімічний склад води за стану лиману зв'язаного з Чорним морем, тобто за період 1966-1970 рр. В той час загальна мінералізація води в лимані становила 11797-17390 мг/дм³, що майже в 10 раз перевищувала нинішній стан. У хімічному складі води значно переважали токсичні солі хлору та натрію (табл. 1).

Одним з важливих факторів, що обумовлюють екологічну ситуацію у водоймищі, є гідрологічний режим – інтенсивність водообміну (обсяги надходження вод р. Дунай, стік річок Когильник і Сарата, об'єми води на зрошення та скид у море). В цілому водойма є слабко проточною (річний коефіцієнт водообміну коливається у межах 1,5-2,5).

У період 1980 – перша половина 1990-х років значні об'єми води з Сасику забирали на зрошення, у море скидали біля 600 млн. м³

Таблиця 1

Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості природної води
ліману Сасик – с. Борисівка за 1966-1970 рр.

Показники	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Число варіант
CO ₃ , мг/дм ³	22,5	1,7	5,9	13	32	20
HCO ₃ , мг/дм ³	194,6	4,4	15,2	180	238	20
Cl, мг/дм ³	7790,3	247,5	857,3	6240	9410	20
SO ₄ , мг/дм ³	1364,4	84,1	291,5	900	1785	20
Ca, мг/дм ³	224,1	3,7	12,8	201	245	20
Mg, мг/дм ³	592,2	23,2	80,4	429	690	20
Na, мг/дм ³	4313	172,8	598,5	3022	5480	20
K, мг/дм ³	181,4	3,0	10,4	160	200	20
Заг. мін., мг/дм ³	14682,5	400,9	1388,9	11797	17390	20
Жорсткість, мг-екв/дм ³	59,9	2,0	6,9	45,4	69,0	20

Примітка: таблиця створена за даними [11]

у рік, суттєво збільшилася сумарна річна витрата річок Когильник і Сарата (у середньому до 4.0 м³/с) у зв'язку зі стоком дренажних вод ДДЗС у ці річки. Коефіцієнт водообміну водосховища складав 2,24 рази на рік, тобто забезпечувалась відносно висока (для цієї водойми) проточність.

З другої половини 90-х років і по сьогоднішній день Сасик характеризується уповільненим зовнішнім водообміном, зниженням об'ємів забору води на зрошення, відносним зменшенням відмітки рівня поверхні водосховища. До 2000 р. коливання рівня водної поверхні Сасику повторювало коливання рівня води в Дунаї, з меншою амплітудою. Починаючи з другої половини 2000 року рівень води в озері фактично підтримується на нульовій відмітці відносно Балтійської системи. Відносно стабільний рівень води суттєво зменшує підтоплення прилеглих територій і наближає обсяги надходження ґрунтових і підземних вод до величин, характерних для лиману, сприяє стабілізації сольового режиму оз. Сасик у межах 1,5-2,0 г/л [14].

На екологічній оцінці якості води Дунаю, яку використовують для наповнення озера-водосховища зупинятися не буду, бо матеріали опубліковані в першому випуску «Часопису картографії» за 2011р. С.135-148 [7].

В озеро Сасик 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. Так, наприклад мінералізація води в р. Когильник в останні 30 років змінювалась від 1063 до 6336 мг/дм³, а концентрація токсичних іонів натрію, магнію, хлору та сульфатів відповідно досягала 1272, 370, 1400 та 2765 мг/дм³ (табл. 2). Тотожну за хімічним складом, але дещо вищу за мінералізацією воду приносить в озеро річка Сарата (до 9758 мг/дм³). Середній багаторічний стік води з басейну Когильника складає 44,5 млн. м³, Сарати – 11,4 млн. м³, що в сумі складає біля 11,2 % від нинішнього наповнення [9].

За даними Міжвідомчої комісії з встановлення режимів роботи Придунайських водосховищ у Сасику в 2010-2012 рр. підтримувався рівень до 0,2 мБС, що складає 496,5 млн. м³ наповнення [14].

Самопливне поповнення оз. Сасик дунайською водою через

Хімічний склад води річок Когильник та Сарата

Інгредієнти	Уміст, мг/дм ³				Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка		
р. Когильник						
Ca ²⁺	70,1	282,0	188,9	11,3	63,7	22,9
Mg ²⁺	59,8	370,0	198,8	17,2	97,6	35,2
Na ⁺	164,5	1272,0	597,0	54,5	308,5	111,2
K ⁺	4,6	27,5	14,0	1,11	5,91	2,29
CO ₃ ^{»-}	0	42,0	8,54	2,0	10,4	4,12
HCO ₃ ⁻	147,3	570,0	383,8	18,36	103,8	37,44
SO ₄ ⁻	247,7	2765,0	1281,59	133,72	756,44	272,73
Cl ⁻	134	1400,0	670,84	50,4	285,1	102,78
Мінералізація	1062,8	6336,0	3328,21	256,5	1451	523,1
pH, од.	7,2	8,8	8,17	0,09	0,47	0,18
р. Сарата						
Ca ²⁺	61,5	424	198,8	19,2	113,3	38,9
Mg ²⁺	17,1	435	172,7	16,4	97,1	33,3
Na ⁺	104,2	2208	814,9	92,3	546,1	187,6
K ⁺	3	26	12,8	1,1	6,1	2,25
CO ₃ ²⁻	0	20,8	4,54	1	6,1	2,11
HCO ₃ ⁻	152,5	723	363,3	26,4	156,1	53,6
SO ₄ ²⁻	129,6	3560	1133,7	143,4	848,2	291,4
Cl ⁻	83,4	2400	1040,8	112	662,5	227,5
Мінералізація	643	9758	3727,3	372,9	2206	757,8
pH, од.	7,25	8,8	8,17	0,08	0,41	0,17

канал Дунай –Сасик з одночасним скидом в море через шлюз-водоскид (в південно-східній частині озера) в 1986-1990 рр. складало 761 млн. м³, в 2002 – 290, в 2003 – 147, 2009 р – 407, в 2010 – 375,5, в 2011 р. – 521,3 млн.м³ [14].

Розглянемо зміну хімічного складу води озера Сасик за період спостережень 1986 – 2012 р. За цей час було проаналізовано й оцінено 158 проб води в пункті спостережень с. Борисівка.

Розподіл варіант у більшості варіаційних рядів хімічного складу природної води має близький до нормального логнормальний розподіл варіант і лише уміст кальцію – 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 гідрокарбонатно-кальцієвого та хлоридно-натрієвого складу.

Емпіричні криві розподілу вибіркової сукупності (за виключенням рН, калію й магнію) мають переважно позитивну помірну асиметрію.

З нормальним законом розподілу не зовсім узгоджуються вибірки значень рН, К⁺ і СО₃²⁻, де ексцес більший 3δ. Ці вибірки близькі до логарифмічно нормального закону розподілу, коли на формування випадкових величин рН і СО₃²⁻ впливають множинні незалежні фактори (температура повітря, розвиток синьо-зелених водоростей у літній період і ін.). Вибірка значень СО₃²⁻ має нульову моду, тому що значення які перевищують 0 у природній воді фіксується при рН вищому 8,2 [6].

Основні статистичні характеристики кількісної мінливості варіаційних рядів свідчать про значну мінливість майже всіх компонентів хімічного складу й загальної мінералізації природної води оз. Сасик (табл. 3).

Варіанти вибірки загальної мінералізації води розподілилися в такий спосіб: 350-660 мг/дм³ – 1 значення; 660-970 – 3, 970-1280 – 8; 1280-1590 – 32; 1590-1900 – 48; 1900-2210 – 32; 2210-2520 – 18, 2520-2830 мг/л – 7; 2830-3140 – 3, 3140-3460 мг/дм³ – 3 значення (рис. 1).

За 1987 – 2012 рр. мінералізація води оз. Сасик змінювалась від 367 (01.07.92) до 3450 (12.10.87) мг/дм³ (рис. 2).

За найменшою сумою іонів 367 (01.07.92), вода оз. Сасик належала до 1 класу, 1-ї категорії якості (дуже чистої серед прісних

гіпогалинних), а за найвищим умістом 3450 (12.10.87) мг/дм³ – до 3 класу, 5-ї категорії якості (помірно забруднені серед β-мезогалинних). При цьому, 3,22 % проб мали мінералізацію до 1000 мг/дм³, 17,41 % – 1000-1500, 49,01 % – 1500-2000, 21,29 % – 2000-2500, 6,45 % – 2500-3000, 2,58 % проб – більше 3000 мг/дм³.

Середньоарифметичні значення загальної мінералізації води за різні коротші проміжки часу становили: 1983-1985 рр. – 1551,5 мг/дм³; 1986-1990 – 1993,9; 1991-1995 – 1798,7; 1996-2000 – 1713,7; 2001-2005 рр. – 1634,6; 2006-2012 – 1814,7 мг/дм³. Отже, найвищу мінералізацію води спостерігаємо в період 1986-1990 рр., а далі спостерігається поступове зниження мінералізації до 2005 р. і суттєве збільшення в 2006-2009 рр.

Уміст сульфатів у воді оз. Сасик коливався від 62,4 (01.07.92) до 1096 (12.10.87) мг/дм³. В одній пробі води з 155 уміст сульфатів був нижчим ГДК для водойм рибогосподарського призначення (100 мг/дм³), а в 45,8 % проб – перевищував ГДК для водойм побутово-господарського призначення [10].

Уміст хлоридів змінювався від 73,1 (01.07.92) до 1002 (12.10.87) мг/дм³. Лише 6,45 % проб води мали значення хлору нижчі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (300 мг/дм³) і 9,03 % проб – нижчі за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (350 мг/дм³).

Коливання гідрокарбонатів було найменшим від 116,4 (13.01.99) до 315 (13.04.87) мг/дм³. Середньоарифметичні значення концентрації аніонів за різні періоди досліджень подано у табл. 4.

Серед катіонів у воді озера Сасик переважав натрій, його концентрація разом з калієм коливалась від 68 (01.07.92) до 868 (12.10.87) мг/дм³. При цьому лише 3,23 % проб води за умістом натрію були нижчими за ГДК для водойм господарсько-побутового (200 мг/дм³) і 0,6 % проб – за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (120 мг/дм³).

Уміст магнію змінювався від 10,1 (01.07.92) до 145 (12.10.87) мг/дм³. Лише 1,94 % проб мали значення нижчі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (40 мг/дм³) і 2,58 % – ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (50 мг/дм³). Як видно з табл. 3 навіть середньоарифметичні значення вмісту магнію й натрію у воді оз. Сасик майже у всі виділені періоди досліджень перевищують ГДК для водойм рибогосподарського призначення в

2 і 3,3 рази відповідно.

Концентрація кальцію мала менші коливання ніж вищеназвані катіони, й змінювалася від 32,3 (01.07.92) до 123 (12.10.87) мг/дм³, що не перевищувало ГДК для водойм рибогосподарського призначення.

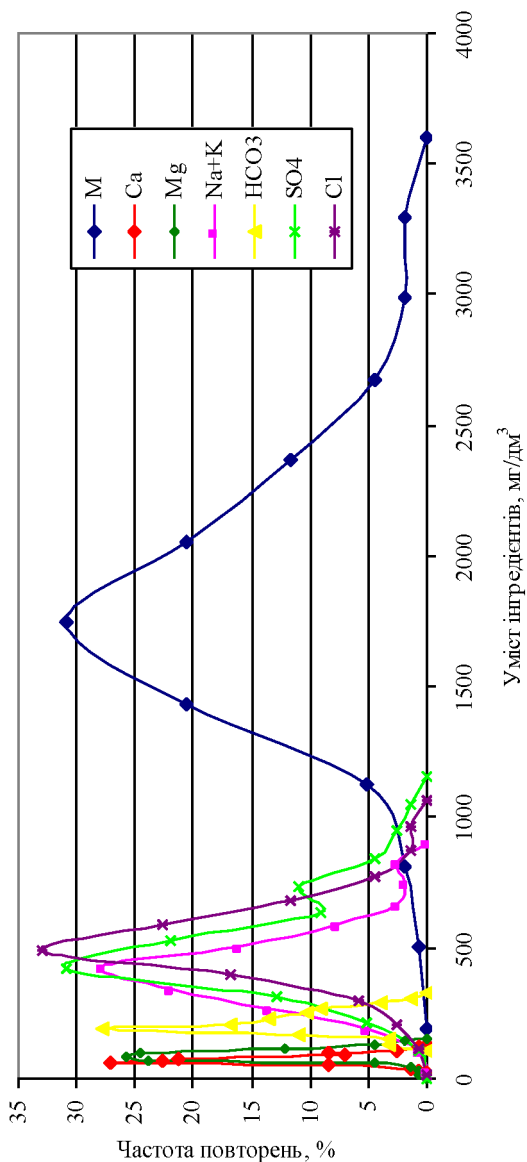


Рис. 1. Гістограми розподілу й частота повторень інгредієнтів хімічного складу води оз. Сасик – с. Борисівка за 1987-2012 рр.

Зміну мінералізації і головних іонів у часі показано на рис. 3.7.

За середньоарифметичними значеннями вода оз. Сасик в 1987 – 2012 рр. належала до солонуватої β -мезогалинної. За іонним складом – до хлоридного класу, натрієвої групи, першого типу, що

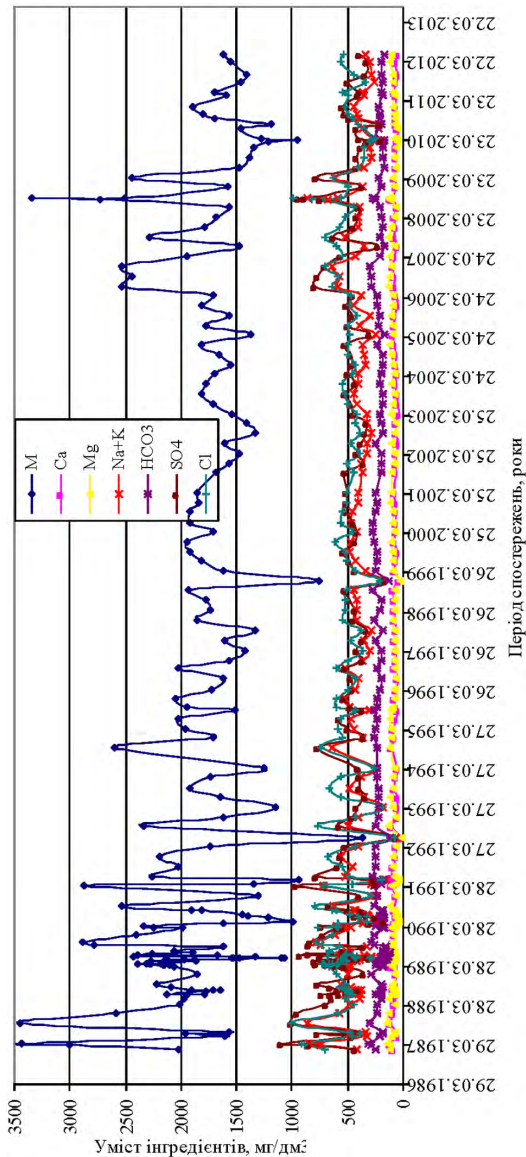


Рис. 2. Динаміка зміни в часі загальної мінералізації й деяких головних іонів у воді оз. Сасик – с. Борисівка

Таблиця 3

Статистичні характеристики кількісної і якісної мілливості природної води оз. Сасик – с. Борисівка за 1986–2012 рр.

Показники	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Рівень надійності
CO ₃ , мг/дм ³	3,2	0,5	5,5	0	30	0,967
HCO ₃ , мг/дм ³	211,3	3,2	39,7	158,0	315,0	6,240
Cl, мг/дм ³	521,5	11,9	149,7	73,1	1002,0	23,521
SO ₄ , мг/дм ³	515,1	14,5	182,5	62,4	1096,0	28,623
Ca, мг/дм ³	72,7	1,3	15,9	32,3	123	2,499
Mg, мг/дм ³	89,3	1,7	21,3	10,1	145	3,339
Na, мг/дм ³	422,9	10,8	136,4	68,0	868,0	21,43
K, мг/дм ³	9,8	0,4	2,8	0,9	16,0	0,729
Заг. мін., мг/дм ³	1838,7	38,4	482,3	366,9	3450	75,786
pH	8,2	0,03	0,32	6,9	8,98	0,052
Жорсткість, мг-екв/дм ³	11,0	0,18	2,3	2,45	18,08	

Зміна соляового складу води оз. Сасик – с. Борисівка

Інгредієнти	Середньорифметичний уміст, мг/дм ³									
	1966-1970	1983-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012	1983-2012		
CO ₃	22,5	1,57	4,96	1,33	1,84	1,61	1,67	3,25		
HCO ₃	194,6	141,6	198,3	236	233	204,4	216,90	211,60		
SO ₄	1364,4	460,8	597,6	465,7	432,0	443,7	481,40	512,00		
Cl	7790,3	427,9	549,9	490,6	491,5	468,8	493,3	510,00		
Ca	224,1	59,7	77,7	74,1	70,1	64,9	67,8	72,2		
Mg	592,2	68,4	93,6	87,5	80,1	94,1	88,4	89,5		
Na + K	4313	367,2	462,6	401,1	406,3	358,3	399,6	413,7		
K	181,4	10,5	10,2	9,6	9,5	9,6	7,8	9,7		
Мінералізація	14682,5	1551,5	1979,9	1748,1	1713,3	1634,6	1751,7	1814,7		
Жорсткість	59,9	8,6	11,9	10,9	10	11,1	10,66	10,95		

відповідає співвідношенню: $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$. [1]

За середньоарифметичними показниками мінералізації вода оз. Сасик у 1986-2012 рр. відносилася до 2 класу, 2-ої категорії якості серед солонуватих β -мезогалинних (добрі, чисті).

За вмістом хлоридів і забрудненням компонентами сольового складу вода озера Сасик у 1986-2012 рр. відносилася до 2 класу, 3 категорії якості (досить чисті), а за вмістом сульфатів – до 2 класу, 2 категорії якості (дуже добрі, чисті) у всі періоди досліджень.

Жорсткість води оз. Сасик змінювалась від 2,45 (01.07.92) до 22,69 (12.10.87) мг-екв/дм³, а середньоарифметичні значення за менш короткі проміжки часу – від 9,99 до 11,93 мг-екв/дм³, тобто вода непридатна для комунального водопостачання.

Оцінювання якості води за еколого-санітарними показниками. До трофо-сапробіологічних показників якості води відносяться: температура, жорсткість, зважені частки, рН, уміст кисню і насичення ним води, концентрація NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 , перманганатна й біхроматна окиснюваність, біологічне споживання кисню протягом п'яти діб, хімічне споживання кисню.

У воді оз. Сасик уміст *зважених часток* змінювався від 6,8 (06.07.2000) до 745 (14.10.92) мг/дм³. При цьому лише 12,5 % проб мали значення вмісту завислих речовин нижчі за ГДК (20 мг/дм³). За середньоарифметичними значеннями умісту зважених часток вода у періоди 1986-1990 і 1996-2005 рр. відносилася до 3 класу 5-ої категорії якості (помірно-забруднена), в період 1991-1995 та 2006-2012 рр. – до 5 класу, 7-ої категорії якості (дуже брудна) [10]. Мілководність Сасику, значні об'єми накопичених донних відкладів, вітро-хвильова діяльність обумовлює значну каламутність води (прозорість за диском Секкі у водоймі рідко перевищує 0,2 м).

За прозорістю вода озера Сасик у 1987-2000 рр. відносилася до 4 класу 6-ої категорії якості (брудна), а в 2001-2012 рр. – до 5 класу 7-ої категорії якості (дуже брудна).

Вода озера Сасик мала величину рН від 6,9 (10.07.2003) до 8,95 (19.06.1989), тобто за весь період досліджень реакція води змінювалась від нейтральної до середньолужної. В 51,65 % проб води рН перевищувала 8,2, що свідчить про наявність у її складі соди, яка викликає натрієве осолонцювання зрошуваних ґрунтів. Отже, вода озера загрозлива для осолонцювання зрошуваних ґрунтів не тільки за надмірного вмісту натрію й магнію, а й наявності соди.

За середніми значеннями величини рН вода озера у 1986-1995 рр. належала до 3 класу 4-ї категорії якості (задовільна), у 1996-2012 рр. – до 2 класу 3-ї категорії якості (добра) й характеризувалася у всі періоди досліджень як середньо лужна (табл. 5).

У воді озера Сасик уміст *азоту аміаку* змінювався від 0 (10 % проб) до 0,8 (17.05.2011) мг/дм³. В 11,88 % проб уміст NH₄ перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,39 мг/дм³), в 21,88 % проб – граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,3 мг/дм³). При цьому 12,87 % проб відносились до 4 категорії якості (слабко забруднені), 8,91 % проб – до 5 категорії якості (помірно забруднені). За середньоарифметичними значеннями вмісту азоту аміаку вода озера Сасик у 1986-1990 рр. відносилась до 1 класу, 1 категорії якості (дуже чиста), в 1991-1995 рр. – до 2 категорії якості (чиста), в 1996-2012 рр. – до 2 класу 3 категорії якості (досить чиста) [10].

Аміак є кінцевим неорганічним продуктом складного процесу мінералізації органічних речовин, які містять азот. Іони амонію засвоюються рослинами при фотосинтезі й окислюються в нітрити й нітрати. Нітрити в свою чергу є найтоксичнішою сполукою, що містить азот.

Концентрація NO₂ в оз. Сасик змінювалась від 0 (13.10.88,10.07.91) до 0,19 (11.01.2001) мг/дм³. В 44,4 % проб уміст нітритів перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення, в 76,8 % проб – граничну межу 3 категорії екологічної оцінки, тобто всі ці проби є як мінімум слабко забрудненими, а 4,0 % проб є дуже брудними. За середньоарифметичними значеннями вмісту нітритів вода озера у 1986-2005 рр. відносилась до 3 класу 5 категорії якості (помірно забруднена), а в 2006-2012 рр. – до 3 класу, 4 категорії якості (слабко забруднена) [10].

В оз. Сасик концентрація *NO₃* змінювалась від 0 (13.10.88) до 10,7 (10.01.91) мг/дм³. У 2 % проб уміст нітратів перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення (9 мг/дм³), в 33,66 % проб – граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,5 мг/дм³). За середньоарифметичними значеннями вмісту нітратів вода озера у 1987-1990 відносилась до 3 класу 5 категорії якості (помірно забруднена), в 1991-1995 рр. – до 4 класу 6 категорії (брудна) 1996-2005 рр. до 3 категорії якості (досить чистою), а в 2006-2012 рр. – до 3 класу 4 категорії якості (слабо забруднена).

Зміна еколого-санітарних показників води озера Сасик у часі

Інгредієнти	Період досліджень					
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012	
pH, од	8,3	8,2	8,1	8,0	8,11	
NO ₃ , мг/дм ³	0,046	0,028	0,026	0,049	0,018	
NO ₃ , мг/дм ³	0,833	1,59	0,467	0,481	0,553	
NH ₄ , мг/дм ³	0,059	0,153	0,197	0,284	0,26	
N заг, мг/дм ³	0,94	1,77	0,69	0,813	0,816	
O ₂ , мгO ₂ /дм ³	10,7	9,1	8,6	9,1	8,89	
% насичення O ₂	88,17	83,00	78,84	80,94	81,2	
CO ₂ , мг/дм ³	5,0	4,7	3,4	5,4	5,93	
Прозорість, см	29,3	29,91	24,0	18,7	11,14	
Кольоровість	13,9	17,4	19,0	21,9	10,91	
Зваж. реч., мг/дм ³	50,0	114,9	43,2	44,0	148,2	
ПО, мгO/дм ³		5,7	4,59	7,5	6,65	
БО, мгO/дм ³	13,8	21,8	16,1	36,2	30,3	
БСК ₅ , мгO ₂ /дм ³	2,99	2,84	2,35	3,98	5,5	
PO ₄ , мг/дм ³	0,2	0,1	0,08	0,05	0,06	
P, заг. мг/дм ³	0,22	0,2	0,1	0,1	0,12	
Si, мг/дм ³	1,9	1,1	2,2	2,8	2,77	
ІЗВ	1,737	1,577	1,325	1,747	1,696	

У воді оз. Сасик *концентрація фосфатів* змінювалась від 0,005 (15.01.1998, 11.01.2007) до 2,9 (17.05.1990) мг/дм³. ГДК для водойм рибогосподарського призначення не встановлено, а для

господарсько-побутового призначення $3,5 \text{ мг/дм}^3$. В $54,16 \%$ проб уміст фосфатів перевищував граничну межу 3 категорії екологічної оцінки ($0,05 \text{ мг/дм}^3$). За середньоарифметичними значеннями вмісту фосфатів вода озера у 1986-1990 рр. відносилася до 5 категорії якості (помірно забруднена), у 1991-1995 рр. – до 4 категорія якості (слабо забруднена), в 1996-2012 рр. – до 3 категорії якості (досить чиста).

У воді оз. *Сасик* уміст кисню змінювався від $2,7$ (21.08.2010) до $14,8$ (10.02.1987) $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, а насичення від 17 до 114% . Лише 1% проб води мав насичення киснем менше ГДК для водойм рибогосподарського призначення. За середньоарифметичними значеннями насичення киснем вода в 1986-1995 та 2001-2012 рр. належала до 2 класу 3 категорії якості (досить чиста), в 1996-2000 рр. – до 3 класу 4 категорії якості (слабо забруднена).

В оз. *Сасик* перманганатна окиснюваність води змінювалась від $2,4$ (14.01.92) до $30,7$ (15.01.98) $\text{мгO}/\text{дм}^3$. По $2,8 \%$ проб води оз. *Сасик* за перманганатною окиснюваністю дуже забруднені ($> 20 \text{ мгO}/\text{дм}^3$) й брудні ($15-20 \text{ мгO}/\text{дм}^3$), а $15,3 \%$ проб – помірно забруднені ($10-15 \text{ мгO}/\text{дм}^3$) органічними речовинами. За середньоарифметичними значеннями вода в 1991-1995 та 2001-2012 рр. належала 3 категорії якості, а в 1996-2000 рр. – до 2.

Біхроматна окиснюваність змінювалась від $3,19$ (14.04.98) до $78,9$ (10.07.2002) $\text{мгO}/\text{дм}^3$. При цьому, $12,33 \%$ проб води озера були дуже забрудненими органічними речовинами, $13,69 \%$ – забрудненими, $6,85 \%$ проб – помірно забрудненими. За середньоарифметичними значеннями забруднення органічними речовинами вода озера в 1986-1990 рр. належала до 2 категорії якості, 1991-2000 рр. – до 3, в 2001-2012 рр. – до 5 категорії якості.

Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб з води оз. *Сасик* змінювалось від $0,43$ (15.04.99) до $26,2$ (17.05.2011) $\text{мгO}/\text{дм}^3$. В $54,45 \%$ проб БСК₅ перевищувало ГДК для водойм господарсько-побутового призначення ($3 \text{ мгO}/\text{дм}^3$). За середньоарифметичними значеннями біологічного споживання кисню протягом п'яти діб вода в 1986-2005 рр. належала 3 класу 4 категорії (слабо забруднена), а в 2006-2012 рр. – до 3 класу 5 категорії якості (помірно забруднена органічними речовинами).

Хімічне споживання кисню у воді оз. *Сасик* змінювався від $24,4$ (28.03.2010) до 115 (13.04.2004) $\text{мгO}/\text{дм}^3$, а середнє значення в 2001-2005 рр. становило $60,06$, в 2006-2012 р. – $49,75 \text{ мгO}/\text{дм}^3$. ГДК

**Зміна специфічних показників токсичної дії
у воді оз. Сасик у часі, мг/дм³**

Інгредієнти	Сасик – Борисівка						
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012		
НП	0,054	0,29	0,056	0,019	0,018		
СПАР	0,015	0,033	0,017	0,016	0,038		
Феноли	0,00521	0,00525	0,00475	0,00442	0,00261		
F	0,367	0,37	0,395	0,501	0,488		
α-ГХЦГ	0,0000078	0,00000013	0,00000011	0	0,000003		
ДДТ	5,58333E-06	0,000000043	0	0	0,000006		
ДДЕ	0,0000031	0,00002125	0	0,000000128	0,000004		
Hg	0,00038	0,00032	0,00039	0,00044	0,00049		
Cu	0,00111	0,00092	0,00233	0,0032	0,006		
Zn	0,00975	0,00226	0,00333	0,0037	0,0049		
Fe	0,14	0,127	0,096	0,187	0,36		
Cr6+	0,00058	0,00085	0,00473	0,00426	0,0099		

для водойм господарсько-побутового призначення 15 мгО/дм³, гранична межа 3 категорії екологічної оцінки – 25 мгО/дм³.

Оцінка якості води за специфічними показниками токсичної дії.

Уміст у природній воді річок нафтопродуктів, фенолів, СПАР,

фторидів, ціанідів, пестицидів, важких металів та радіоактивності відноситься до специфічних показників токсичної й радіаційної дії.

Уміст *нафтопродуктів* у воді озера Сасик змінювався від 0 (31,25 % проб) до 0,62 (10.10.91) мг/дм³. В 43,75 % проб води уміст НП перевищує ГДК для водойм рибогосподарського призначення й граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,05 мг/дм³), а 5,2 % проб є дуже брудними (7 категорія якості). За середньоарифметичними значеннями вода озера в 1986-1990, 1996-2000 рр. належала до 3 класу, 4 категорії якості (слабко забруднена), в 1991-1995 рр. – до 6 категорії якості (брудна), в 2001-2012 рр. – до 2 категорії якості (чиста, табл. 6).

Уміст у воді оз. Сасик *СПАР* змінювався від 0 (34,67 % проб) до 0,08 (11.07.2007, 11.10.2007, 13.07.2010) мг/дм³. За середньоарифметичними показниками вода в 1986-1990, 1996-2005 рр. належала до 3 категорії якості, а в 1991-1995 та 2006-2012 рр. – до 4 категорії якості екологічної оцінки [10].

Концентрація *фенолів* у воді озера змінювалася від 0 (13.01.2009, 12.01.2010) до 0,009 (12.01.1989) мг/дм³. В 87,1 % проб уміст фенолів перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення й граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,001 мг/дм³), що свідчить не про одинокі, а регулярні забруднення води цими речовинами. За середньоарифметичними значеннями вмісту фенолів вода оз. Сасик в 1986-1995 рр. відносилася до 6 категорії якості (брудна), в 1996-2012 рр. – до 5 (помірно забруднена). Варто відмітити, що уміст фенолів у воді Дунаю є вищим, ніж в озері й зменшення водообміну між озером Сасик та Дунаєм після 1995 р. сприяє зниженню їх вмісту [7].

Уміст *фторидів* у воді оз. Сасик змінювався від 0,28 (10.01.1990, 11.07.1994) до 0,62 (15.10.2009) мг/дм³, тобто жодна з проб не перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення (1,5 мг/дм³), але в усіх пробах уміст був вищим за граничний рівень 3 категорії екологічної оцінки (0,15 мг/дм³). 27,6 % проб води оз. Сасик мали значення вищі за 0,5 мг/дм³ (брудні, 6 категорія якості), а ін. 72,4 % проб відносилися до помірно брудних (5 категорія якості). За середнім умістом фторидів вода Сасику у всі періоди досліджень відносилася до 5 категорії якості (помірно забруднена).

Сумарний вміст хлор органічних пестицидів (α -ГХЦГ,

γ-ГХЦГ, ДДТ, ДДЕ й ін.) у воді оз. Сасик змінювався від 0 до 0,09 мг/дм³. За умістом пестицидів вода озера в найгірших поодиноких випадках належала до 5 категорії якості (помірно забруднена), в переважній більшості проб – була чистою. В поодиноких випадках у воді виявляли вміст трєфлану і гексахлорану.

Уміст **цинку** у воді Сасику змінювався від 0 (09.10.1990, 14.01.1992, 25.09.1995) до 0,054 (12.01.1988) мг/дм³. У 5 % проб уміст цинку перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення. За середнім умістом **цинку** вода в озері Сасик в 1986-1990рр. належала до 3-ї категорії якості, в 1991-2012 рр. – до 2 категорії якості [10].

Уміст **Cr⁶⁺** у воді змінювався від 0 (32 % проб) до 0,024 (10.07.2008) мг/дм³. В 63,88 % проб уміст хрому перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення. Отже, забруднення Cr⁶⁺ носять системний характер і є значними.

Концентрація **заліза загального** у воді Сасику змінювалася від 0 (15,1 % проб) до 0,9 (13.10.1994) мг/дм³. В 37,2 % проб уміст заліза перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення й граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,1 мг/дм³), тобто всі ці проби забруднені. За середнім вмістом **заліза загального** вода озера в 1986-1995 та 2001-2012 рр. належала до 4 категорії якості, в 1996-2000 рр. – до 3 категорії якості.

Уміст **міді** у воді озера змінювався від 0 (04.07.1988, 17.05.1990, 18.10.1996) до 0,1 (05.04.1989, 17.04.1989) мг/дм³. В 40,5 % проб уміст міді у воді озера Сасик перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,001 мг/дм³) і в 23,8 % проб – граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,002 мг/дм³). За середніми значеннями вода озера в 1986-1990 рр. відносилася до 2 категорії якості, в 1991-1995 – до 1, в 1996-2012 рр. – до 4 [10].

Індекс забруднення води змінювався від 0,307 (13.03.2010) до 7,93 (21.08.2010). За величиною розрахованих **ІЗВ** вода оз. Сасик у всі періоди досліджень оцінюється як помірно забруднена й знаходиться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми.

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 **державним стандартом України** (ДСТУ 2730-94) концентрація токсичних іонів в еквівалентах хлору у воді оз. Сасик протягом всього періоду досліджень змінювалася від 5,49 (15.04.1993) до 30,46 (12.10.1987), а середні значення у вегетаційний період становили 15,25, у міжвегетаційний – 16,44. Отже, вода відноситься до другого класу (обмежено придатна для зрошення) може викликати вторинне засолення ґрунтів [4].

За величиною рН більшою 8 та наявністю соди вода також непридатна для зрошення чорноземних лужних ґрунтів, бо здатна викликати підлучення ґрунтів. В 42,8 % проб уміст хлору перевищує граничні значення (до 15 мг-екв/дм³) для 2 класу води. Тобто, вода з високим умістом хлору токсично діятиме на рослини. Цьому сприятиме й наявність соди.

За методикою Можейко й Воротнік [8], вода придунайських озер за співвідношенням суми натрію та калію до суми всіх катіонів обмежено придатна для зрошення. Але ця методика мало придатна для умов України, хоч і закладена в державний стандарт на поливну воду [4].

За виконаною іригаційною оцінкою **за методикою Буданова** [2], вода в придунайських озерах не придатна для зрошення. Сума всіх речовин хімічного складу мг-екв/дм³ поділена на величину жорсткості ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) у всі періоди досліджень перевищувала 4 (гранична межа для середньо- і важкосуглинкових ґрунтів, (табл. 7). Вода буде викликати засолення ґрунтів.

В оз. Сасик співвідношення **Na/Ca** змінювалось від 1,83 (1.07.1992) до 7,59 (21.04.1989) мг/дм³. при тому, що мало б бути не більше одиниці, а співвідношення Na/Ca+Mg також перевищувало допустиму величину у всіх пробах і змінювалось від 0,73 (15.04.1993) до 2,58 (11.11.1989) за допустимого 0,7. Отже, виконана іригаційна оцінка якості води оз. Сасик за методикою Буданова (яка найбільш підходить для умов України) свідчить про можливість засолення й осолонцювання зрошуваних ґрунтів як за натрієм так, і за магнієм.

Важливим критерієм є 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. За цією методикою (табл. 7) вода оз. Сасик також непридатна для зрошення й викликатиме магнієве осолонцювання

Оцінювання якості води оз. Сасик за іригаційними показниками у різні періоди

Показники оцінювання	1966-1970	1983-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012
Na/Ca	16,9	4,81	5,04	4,46	4,90	4,80	4,92
Na/Ca+Mg	3,2	1,44	1,69	1,58	1,69	1,39	1,58
Сума K+A/Ca+Mg	8,55	4,90	5,42	5,15	5,34	4,77	5,17
(Mg/Ca+Mg)*100	81,10	70,0	66,0	63,83	64,86	70,26	67,75
SAR	48,88	9,55	11,43	10,14	10,64	9,09	10,40
HCO3-Ca	-8,01	0,05	-0,63	0,16	0,32	0,10	0,03
Na+K/	74,08	57,74	61,83	58,59	62,43	57,50	60,38
Ca+Mg+Na+K*100	233,8	19,25	17,92	14,51	14,58	13,90	15,53
Екв. Cl							

зрошуваних ґрунтів.

За методикою *Департаменту сільського господарства США* вода озера Сасик сильно лужна з високою небезпекою підлучення й осолонцювання. Лише 15% проб води мають значення SAR нижче 8. Всі інші небезпечні для натрієвого осолонцювання ґрунтів [13].

Отже, за більшістю методів іригаційної оцінки вода оз. Сасик непридатна для зрошення, вимагає перед поливом насичення кальцієвими солями, зниження лужності й ліквідації соди та розбавлення прісною водою [5].

Висновки. Гідрологічний режим Сасику (інтенсивність водообміну) – обсяги надходження вод р. Дунай каналом Дунай-Сасик, стік річок Когильник і Сарата, об'єми води на зрошення та скид у море. Нормальний підпертий рівень Сасику 0,2 мБС при об'ємі 500,0 млн. м³.

Середній багаторічний стік води річок, що впадають в Сасик, з басейну Когильника – 44,5 млн. м³, Сарати – 11,4 млн. м³, що в сумі складає біля 11,2 % від наповнення.

Сасик є слабо проточною водоймою, річний коефіцієнт водообміну коливається в межах 1,5-2,5.

Річки, що впадають в Сасик, підвищують його мінералізацію й забруднюють сольовий склад. Мінералізація води Когильника 1063-6336 мг/дм³, а концентрація токсичних іонів натрію, магнію, хлору та сульфатів відповідно досягала 1272, 370, 1400 та 2765 мг/дм³. Тотожну за хімічним складом, але дещо вищу за мінералізацією воду приносить в озеро річка Сарата (до 9758 мг/дм³).

Мінералізація води оз. Сасик в період 1986-2012 рр. змінювалась від 367 до 3450 мг/дм³, належала до солонуватої β-мезогалинної. Середньорічні значення мінералізації перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення й зрошення.

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

Уміст сульфатів у воді оз. Сасик змінювався від 62,4 до 1096 мг/дм³. Лише в одній пробі води з 155 уміст сульфатів був нижчим за ГДК для водойм рибогосподарського призначення, а в 45,8 % проб – перевищував ГДК для водойм побутово-господарського призначення.

Уміст хлору в 93,55 % проб, натрію в 99,4 %, магнію в 98,06 % проб води озера був вищим за ГДК для водойм рибогосподарського

призначення.

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

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

За величиною розрахованих *ІЗВ* вода оз. Сасик у всі періоди досліджень оцінюється як помірно забруднена й знаходиться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми.

За більшістю методів іригаційної оцінки вода оз. Сасик 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 / Алёкин О. А // Вопросы гидротехники. Ленинград, : Гидрометиздат, 1946. – 240 с.

2. *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.

3. Гидробиологические исследования Дуная и придунайских водоемов. К. : Наукова Думка, 1987. – 148 с.

4. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії : ДСТУ 2730-94. – [Введений з 1995-01-01]. – 14 с. – (Державний стандарт України).

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

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

7. Екологічна оцінка якості вод Дунаю / [Лозовицький П. С.,

Молочко А. М., Бібік В. М., Лозовицький А. П., Молочко М. А. // Часопис картографії. – 2011. – Вип. 1. – С. 135-148.

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

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

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

11. *Тимченко, В. М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов северо-западного Причерноморья / Тимченко В.М. – Киев : Наукова Думка, 1990. – 240 с.

12. Унифицированные методы анализа вод. М. : Химия, 1973. – 253 с.

13. Классификация оросительной воды / Циркуляр № 969 Департамента сельского хозяйства США. (сокр. пер. с англ.). – 1955.

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

П. С. Лозовицький

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА-ВОДОХРАНИЛИЩА САСЫК ВО ВРЕМЕНИ

Приведены результаты химического состава воды озера-водохранилища Сасик за период 1966-2012 гг. и результаты экологической и ирригационной оценки качества за многолетний период.

Ключевые слова: вода, химический состав, оценка, показатели, тяжелые металлы, предельно-допустимые концентрации.

P. Lozovitskyi

HYDROLOGY REGIME AND WATER QUALITY ESTIMATION OF LAKE-RESERVOIR SASYK IN TIME

Blask soils residual preserved condition for irrigation chemical of

mineralized subsoil waters lake-reservoir Sasyk of period 1966-2012.

Key words: water, chemical composition, value, index, heavy metals, limit permit concentration.

Надійшла до редакції 4 лютого 2013 р.