

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ПІВДЕННОГО БУГУ

Вступ. Річка Південний Буг, бере початок біля с. Холодець Хмельницької області на підвищеній частині Подільської височини. Тече з північного заходу на південний схід територією Хмельницької, Вінницької, Кіровоградської, частково межею Одеської та Миколаївською областями і впадає в Бузький лиман, з'єднаний через Дніпровський лиман із Чорним морем. Довжина річки 792 км, площа басейну 63700 км² [8]. У басейні нараховується 6650 річок. Вода річки Південний Буг зрегульована у 6330 ставках об'ємом 667 млн. м³ та у 174 водосховищах корисним об'ємом 668,9 млн. м³. Середній багаторічний стік Південного Бугу у с. Олександрівка складає 2,81 км³, при середньорічній витраті за 84 роки досліджень (1814-2000 рр.) 89 м³/с.

Найбільші ліві притоки Південного Бугу - Інгул (довжина 354 км), Гірський Тікич (167 км), Велика Вись (166 км), Гнилий Тікич (157 км), Мертвовод (144 км), Чорний Ташлик (135 км), Соб (115 км), Синюха (111 км), Гнилий Яланець (103 км), праві – Чичиклія (156 км), Кодима (149 км), Рів (104 км), Громоклія (102 км), Савранка (97 км). Площа водозбору більшості приток Південного Бугу невелика 1000-2500 км². Лише Синюха, утворена зливанням Великої Висі й Тікича, має площу водозбору 16700 км², а витрата води в середньому досягає 33 м³/с із річним стоком біля 0,96 км³. Саме Синюха відіграє найбільшу роль у формуванні гідрологічного режиму річки Південний Буг [7,8].

На Південному Бузі розташовані великі промислові міста Хмельницький, Вінниця, Первомайськ, Вознесенськ, Миколаїв.

Річка протікає через дві геоморфологічні області: у верхній і середній частинах Волино-Подільською й Придніпровською височинами, у нижній - Причорноморською низовиною.

Різноманітність із півночі на південь ґрунтово-геологічних, кліматичних та інших умов зумовлює відповідні зміни хімічного складу річкових вод.

Мета досліджень. Мета досліджень – установити закономірності зміни хімічного складу води у часі. Досягається при вирішенні наступних задач: 1) виявлення динаміки зміни складу головних іонів, зростання їх концентрації й мінералізації води в часі; 2) виявлення закономірностей кореляційних зв'язків між умістом головних іонів та мінералізацією води; 3) виявлення закономірностей кореляційного зв'язку між витратами води у річці та мінералізацією стоку; 4) виявлення тенденції до зміни хімічного складу природної води у часі за оцінкою О.А. Алекіна [1], 5) оцінки забруднення води різними речовинами.

Методика досліджень. Для виявлення та встановлення основних закономірностей зміни інгредієнтів хімічного складу води р. Південний Буг у часі та виявлення впливу на ці показники витрат води й господарської діяльності (зарегулювання стоку) проаналізовано основні фактори, що впливають на їх формування, за результатами спостережень на стаціонарних гідрологічних та гідрохімічних постах у системі Держгідрометслужби за період 1939-2000 рр. На основі отриманих результатів вимірювань стоку води та хімічних аналізів води протягом періоду спостережень було складено банк даних за наступними показниками: витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$), уміст головних іонів (Ca, Mg, Na, HCO_3 , SO_4 , Cl), загальна мінералізація води, величина рН, уміст біогенних речовин (NH_4 , NO_2 , NO_3), уміст загального азоту й фосфору, мінерального фосфору, уміст зважених речовин, насиченість киснем, кольоровість води, перманганатна й біхроматна окислюваність (ПО, БО), біохімічне споживання кисню (БСК_5), уміст важких металів (Fe, Cr, Zn, Cu), уміст фенолів (Phen), уміст нафтопродуктів (НП), уміст синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Паралельні статистичні ряди даних хімічних аналізів містили 292 значення.

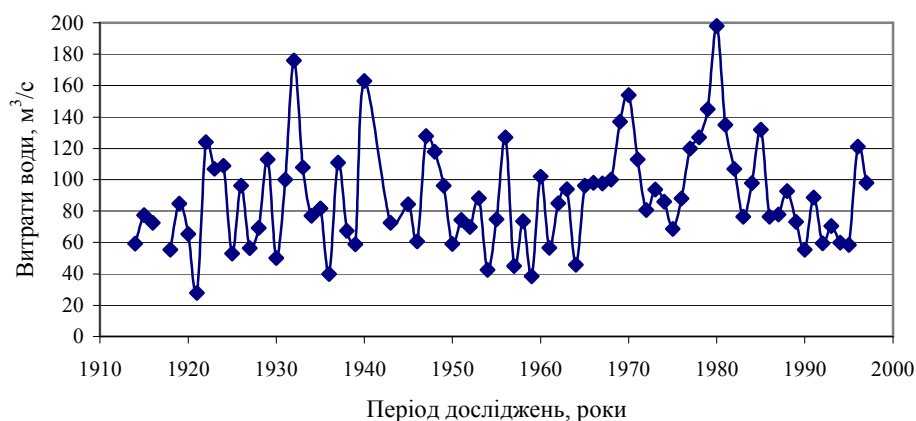
Треба підкреслити, що у частині проб води відібраних і проаналізованих у період 1971-1980 рр. на гідрохімічному пості р. Південний Буг - с. Олександрівка не було визначено усіх головних іонів, а тільки найбільш токсичні (Mg, Na, SO_4 , Cl). Уміст іонів яких не було визначено аналізом, розраховували в $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$ за методикою запропонованою автором раніше [5].

При зборі, формуванні бази даних було використано опубліковані дані досліджень Держгідрометслужби за 1939-1994 рр. у гідрологічних і гідрохімічних щорічниках [3]. Математико-статистичний аналіз зроблено на персональному комп'ютері з використанням стандартних обчислювальних програм "Excel".

Результати досліджень. Основна маса води у Південний Буг поступає з притоками у верхній та середній течії річки. Так, Бужок, Іква, Згар мають витрати близько $1,7\text{-}2 \text{ м}^3/\text{с}$, Десна, Рів, Соб, Ятрань, Чорний Ташлик, Велика Вись – $3\text{-}4,5 \text{ м}^3/\text{с}$, Дохна, Савранка, Синиця, Кодима – $1,4\text{-}2,4 \text{ м}^3/\text{с}$, Удич, Уманка, Циганка, Маньковка – $0,3\text{-}0,7 \text{ м}^3/\text{с}$, Гнилий Тікич, Гірський Тікич – $5,5\text{-}7,7 \text{ м}^3/\text{с}$, Синюха – близько $30 \text{ м}^3/\text{с}$. У нижній течії річки розміщені притоки Мертвовод, Чартала, Чичиклія, Гнилий Яланець, які мають незначні середньорічні витрати відповідно близько $0,5$, $0,2$, $2,5$ та $0,9 \text{ м}^3/\text{с}$. Лише Інгул, який упадає у Південний Буг поблизу м. Миколаєва має середньорічні витрати близько $8,8 \text{ м}^3/\text{с}$.

Середньорічна витрата води у м. Сабарів при площі водозбору 9010 км^2 становить $28,9 \text{ м}^3/\text{с}$, у с. Тростяничик (площа водозбору 17400 км^2) – $51,1 \text{ м}^3/\text{с}$, у м. Первомайськ (площа водозбору 44000 км^2) – $79 \text{ м}^3/\text{с}$, у с. Олександрівка (площа водозбору 46200 км^2) $89 \text{ м}^3/\text{с}$.

Рис. 1. Динаміка середньорічних витрат води р. Південний Буг – с. Олександрівка



Середньорічні витрати води р. Південний Буг у с. Олександрівка змінювались від $28 \text{ м}^3/\text{с}$ у 1921 р. до $198 \text{ м}^3/\text{с}$ у 1980 р. (рис. 1). Варіанти більшості варіаційних рядів хімічного складу природної води р. Південний Буг у пункті спостережень с. Олександрівка за період

1939-2000 рр. мають близький до нормального або логнормальний розподіл ймовірностей.

Емпіричні криві розподілу вибіркової сукупності (292 значення, рис. 2) мають позитивну помірну асиметрію. Так, варіанти вибірки загальної мінералізації води розподілились наступним чином: 180-270 мг/дм³ – 3, 270,1-360 – 19, 360,1-450 – 57, 450,1-540 – 76, 540,1-630 – 56, 630,1-720 – 49, 720,1-810 – 21, 810,1-900 – 6, 900,1-990 – 2, 990,1-1080 мг/дм³ – 3 значення. Розглянутий емпіричний розподіл (рис. 2) відзначається близьким до симетричного, а частота повторень значень мінералізації води (y) описується поліноміальною функціональною залежністю п'ятого ступеню:

$$y = 6E-12x^5 + 2E-08x^4 - 2E-05x^3 + 0,013x^2 - 2,757x + 189,95,$$

де: $r = 0,9867$; $R^2 = 0,9737$.

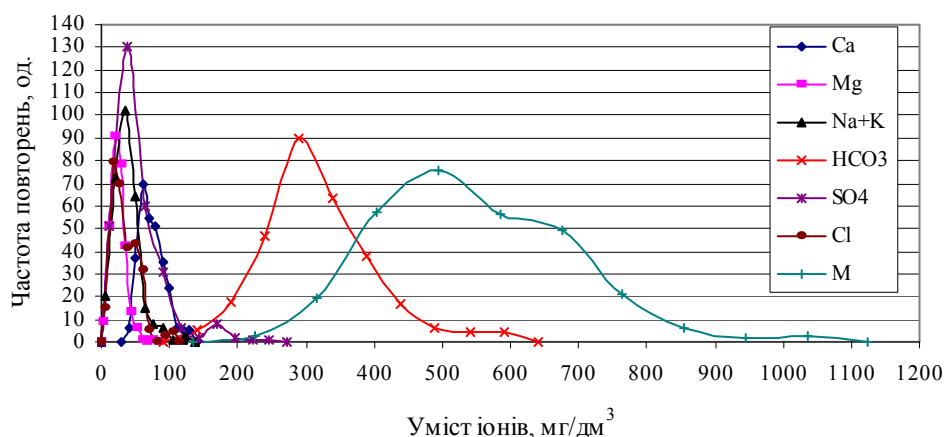


Рис. 2. Гістограми розподілу частоти повторень значень умісту іонів та мінералізації води р. Південний Буг – с. Олександрівка

Аналогічним чином розподілені й головні іони хімічного складу води (рис. 2).

Обробка й систематизація багаторічних даних хімічного аналізу води (1939-2000 рр.) р. Південний Буг – с. Олександрівка свідчить, що за період спостережень загальна мінералізація води змінювалася від 188 мг/дм³ (23.04.1941 р., прісна гіпогалінна) до 1070 мг/дм³ (14.12.2000 р., солонувата мезогалінна). Амплітуда коливання загальної мінералізації складала 882 мг/дм³, медіана - 523,15, мода – 572, асиметрія - 0,58793, ексцес - 0,57882. При цьому, найменше значення мінералізації води припадає на весняне водопілля, а найбільше – на зимову межень. Середньоарифметичне значення загальної мінералізації за весь період досліджень становить 546,1 мг/дм³ при стандартному відхиленні 144,9 мг/дм³. За окремі періоди часу мінералізація води змінювалася в таких межах: 1939-1950 рр. - 491,8 мг/дм³, за 1951-1960 - 509,6, 1961-1970 - 529,3, 1971-1980 - 551,3, 1981-1990 - 618,2, 1991-1995 - 672,2, 1996-2000 рр. – 653,3 мг/дм³ (табл. 1).

За період 1984-2000 рр. у зимову межень загальна середньоарифметична мінералізація становила - 663,7, за період весняного водопілля - 607,8, за період літньої межени - 644,3 мг/дм³ (табл. 2).

Отже, найбільш високі середньоарифметичні значення загальної мінералізації зафіксовано у зимову межень, коли переважає живлення річки за рахунок ґрунтових і підземних вод, найменші значення загальної мінералізації – у весняну повінь, коли переважає поверхневий стік за рахунок танення снігів.

Таблиця 1. Зміна хімічного складу води р. Південний Буг – с. Олександрівка у часі

Інгредієнти	1941 -1950	1951 -1960	1961 -1970	1971 -1980	1981 -1990	1991 -1995	1996 -2000
HCO ₃ ⁻	329, 7	326, 1	323, 5	325, 9	332, 1	363, 6	346, 5

SO ₄ ²⁻	23,3 5	35	42,3	49,8	75,2	80,5	83,7
Cl	18,3	21,1	29,3	35,1	50,5	54,7	50,4
Ca ²⁺	65,4	71,7	71,6	73,2	80,8	86,2	76,7
Mg ²⁺	21,9 0	20,6 0	22,1 0	23,8 0	28,8 0	32,8 0	27,9 0
Na ⁺ + K ⁺	33,1	35,1	40,5	43,5	50,8	54,4	68,1
K ⁺	-	-	-	14,6	15,5	15,2	14,8
Мінералізація	491, 75	509, 6	529, 3	551, 3	618, 2	672, 2	653, 3
Жорсткість	5,1	5,3	5,4	5,6	6,4	7,0	6,1
pH	7,3	7,6	8	7,9	7,7	7,8	8,1
CO ₂	-	-	16,5	12,3	4,9	7,5	7,4
Si	3,38	3,8	5,59	4,61	2,5	1,03	4,17
NO ₂	0,00 2	0,01 36	0,16 13	0,08 957	0,02 22	0,00 8378	0,02 886
NO ₃	0,18 5	1,35 4	1,97 6	0,48 1	0,81 3	0,85 9	1,64 8
NH ₄	-	-	-	4,11 6	0,38 1	0,38 2	0,60 6
Фосфати	-	-	-	0,02 7	0,13 7	0,12 9	0,13 7
P, загальний	-	-	0,17 5	0,14 8	0,26 4	0,17 8	0,20 9
O ₂	-	12,0 7	12,1	8,6	11,6	12,7	12,3
Кольоровість	-	26,6	25,4	18,5	20,8	36,6	19,8
Прозорість	-	-	13,7	19,3	20,4	23,3	23,5
Зважені речовини	-	-	-	37,8	59,7	21,9	23,8
Жорсткість	-	0,79	5,9	5,4	5,2	6,6	6,7
Si	-	3,52	3,48	5,04	2,6	1,5	1,9
Cu	-	-	-	0,00 0116	0,00 401	0,01 748	0,00 518
Zn	-	-	-	0,00 14	0,00 511	0,07 69	0,04 65
Fe	0,07 5	0,18 6	1,30 3	0,71 3	0,21	0,37	0,2
Cr	-	-	-	0,00 196	0,00 86	0,00 9	0,00 4517
Mn					0,01	0,04 89	0,03 09
Ni					0,04 2	0,05 1	0,03 8
Co					0,01 35	0,03 26	0,01 89
ПО	7,05	7,78	10,0 8	8,78	-	-	-
БО	-	-	25	41,9	20,3	28,0 4	26,3

БСК ₅	-	-	-	5,14	4,66	5,36	5,44
Феноли	-	-	-	0,03 42	0,00 06	0	0
НП	-	-	-	0,46 18	0,03 362	0,01 888	0,00 78
СПАР	-	-	-	0,05 55	0,01	0,00 286	0,00 16
Q, м ³ /с	75,3	105, 1	118, 4	180, 6	120, 1	66,6	117, 6

Таблиця 2. Хімічний склад води р. Південний Буг – с. Олександрівка за період 1984-2000 рр. за різні періоди року, мг/дм³

Період	Витрата, м ³ /с	а ²⁺	М g ²⁺	N а ⁺	К ⁺	Н СО ₃ ⁻	S О ₄ ²⁻	Cl -	С ума
Весняна повінь	181,4	3,9	32 ,3	33 ,4	11 ,0	32 9,5	77 ,9	44 ,8	60 7,8
Літня межень	64,2	9,3	32 ,4	44 ,2	18 ,2	34 3,0	85 ,9	51 ,5	64 4,3
Зимова межень	86,6	5,4	34 ,8	42 ,4	17 ,5	35 4,2	84 ,0	55 ,1	66 3,7

За ступенем мінералізації природна вода р. Південний Буг відносилася до *прісної 2 категорії (доброї)* до 1950 р., і до *прісної 3 категорії (досить доброї)* протягом наступного періоду досліджень за методикою [4,6].

Уміст переважаючого аніона гідрокарбонату у воді за цей період змінювався від 117,2 мг/дм³ (15.03.1969) до 614 мг/дм³ (12.09.1993), тобто мінімальне значення менше за максимальне у 5,2 рази, при середньоарифметичному значенні – 319,4 мг/дм³ і стандартному відхиленні – 81,7 мг/дм³. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: медіана – 306,95, мода – 302, ексцес – 1,21, асиметрія – 0,75, стандартна похибка – 4,78. Середньоарифметичні значення умісту НСО₃ у воді за різні періоди досліджень приведені у табл. 1. Отже, найвищий уміст гідрокарбонатів - у змову межень, найнижчий – у весняну повінь. Крім того, середньоарифметичні значення умісту гідрокарбонатів у воді р. Південний Буг незначно зростали до 1995 року (табл. 1).

Уміст переважаючого катіона – кальцію змінювався від 34,9 мг/дм³ (16.05.1950) до 136,0 мг/дм³ (09.10.1992), при середньоарифметичному значенні – 73,7 мг/дм³ із стандартним відхиленням 18,9 мг/дм³. Середня багаторічна величина умісту кальцію у воді Південного Бугу у зимову межень – 85,4 мг/дм³, у літню межень – 79,3, у весняну повінь – 83,9 мг/дм³.

Уміст сульфатів у воді р. Південний Буг змінювався від 7,6 мг/дм³ (9.04.1962) до 260 мг/дм³ (30.10.91). Середня багаторічна величина умісту сульфатів у воді - 53,45 мг/дм³ при стандартному відхиленні 38,2 мг/дм³. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: медіана – 40,85, мода – 26,9, ексцес – 6,54, асиметрія – 2,27, стандартна похибка – 2,23. Відмічено постійне зростання середньоарифметичних даних умісту SO₄ із 23,4 мг/дм³ за 1939-1950 рр. до 83,7 – за період 1995-2000 рр. . З 1984 р. до 2000 р. у зимову межень середньоарифметичний уміст сульфатів становив – 84,0, у літню межень – 85,9, у весняну повінь – 77,9 мг/дм³. За умістом сульфатів вода відносилася до *відмінної* у 1939-1950 рр., *доброї* – у 1951-1980, *досить доброї - задовільної* - у 1980-2000 рр. [3,6].

Уміст хлоридів у воді змінювався від 1,7 (9.04.1962) до 109 мг/дм³ (16.11.1984 р.). Середньоарифметичне значення умісту хлору у воді Південного Бугу за весь період

досліджень $34,5 \text{ мг/дм}^3$, при стандартному відхиленні $19,4 \text{ мг/дм}^3$. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: медіана – 29,2, мода – 20,2, ексцес – 1,38, асиметрія – 1,04, стандартна похибка – 1,14. За середньоарифметичним умістом хлору у 1939-1960 рр. ($18,3\text{-}21,1 \text{ мг/дм}^3$) вода відносилася до *відмінної*, у 1961-1985 – до *доброї*, у 1985-2000 – до *досить доброї* [3,6]. З 1984 р. до 2000 р. у зимову межень середньоарифметичний уміст хлоридів становив – 55,1, у літню межень – 51,5, у весняну повінь – $44,8 \text{ мг/дм}^3$.

Уміст у воді, іншого токсичного інгредієнту – натрію в сумі з калієм також змінювався в значних межах від $0,5 \text{ мг/дм}^3$ (18.11.1961) до 166 мг/дм^3 (12.09.1993). Середньоарифметичний уміст Na+K у воді річки за весь період досліджень склав $41,3 \text{ мг/дм}^3$, при стандартному відхиленні $23,7 \text{ мг/дм}^3$. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: медіана – 36,9, мода – 23,8, ексцес – 5,0, асиметрія – 1,72, стандартна похибка – 1,38. Середньоарифметичний уміст Na+K у воді Південного Бугу постійно зростав з $33,1 \text{ мг/дм}^3$ у 1939-1950 рр. до $68,1 \text{ мг/дм}^3$ – за 1995-2000 рр. (див. табл. 1).

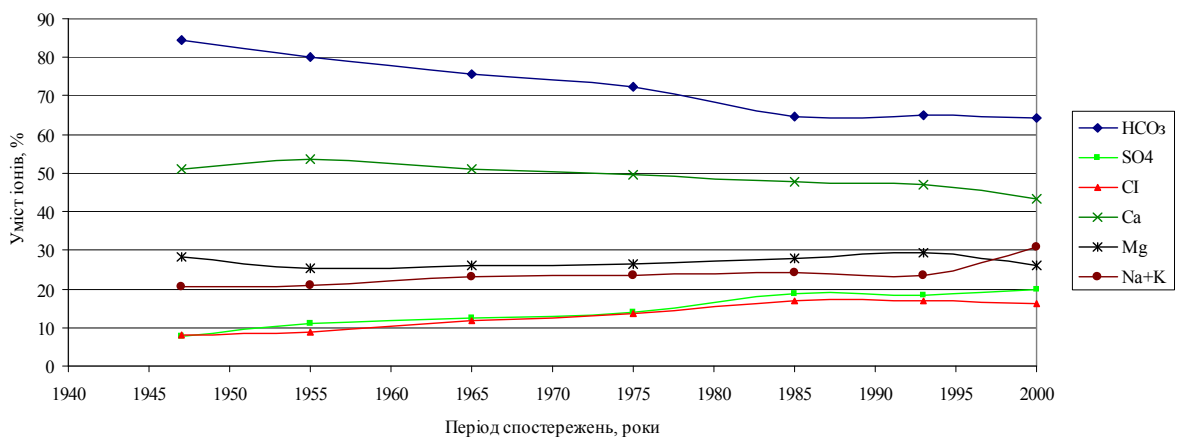
З 1971 р. у Південному Бузі окремо визначається уміст калію. За цей період його концентрація змінювалася від $1,3 \text{ мг/дм}^3$ (9.02.1991 р.) до 70 мг/дм^3 (12.09.1993 р.). Середньоарифметичні значення становлять $14,9 \text{ мг/дм}^3$, при стандартному відхиленні $10,7 \text{ мг/дм}^3$. Варіаційний ряд складає 75 значень. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: медіана – 14, мода – 10, ексцес – 5,7, асиметрія – 1,97, стандартна похибка – 1,35. З 1984 р. до 2000 р. у зимову межень середньоарифметичний уміст калію становив – 17,5, у літню межень – 18,2, у весняну повінь – 11, мг/дм^3 .

Уміст магнію у воді Південного Бугу змінювався від $1,0 \text{ мг/дм}^3$ (15.03.1969) – $78,0 \text{ мг/дм}^3$ (9.02.1991). Середньоарифметичні значення його за весь період досліджень становлять $24,8 \text{ мг/дм}^3$, при стандартному відхиленні $10,6 \text{ мг/дм}^3$. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: медіана – 23,8, мода – 20,7, ексцес – 1,96, асиметрія – 0,87, стандартна похибка – 0,61. Середньоарифметичне значення умісту магнію за окремі періоди досліджень змінювалось з $21,9 \text{ мг/дм}^3$ за 1939-1950 р. до $32,8 \text{ мг/дм}^3$ за 1990-1995 рр. У 1996-2000 рр. середньоарифметичний уміст магнію у воді річки був дещо меншим – $27,9 \text{ мг/дм}^3$ (див. табл. 1).

У воді р. Південний Буг – с. Олександрівка з 1939 р. до 1990 р. постійно знижувався середньоарифметичний відсотковий уміст переважаючого аніона - гідрокарбонатів від 84,4 %-екв у 1939-1950 рр. до 64,5 %-екв – у 1981-1990 рр. (рис. 3). У 1991-1995 рр. відсотковий уміст гідрокарбонатів незначно зріс, а у наступні п'ять років знову знижувався. Уміст переважаючого катіона кальцію незначно зростав у період з 1939 р. (51,1 %-екв) до 1960 р. (53,6 %-екв). З 1970 р. відсотковий уміст кальцію знизився до величини меншої 50 %-екв. У цей період зростав відсотковий уміст натрію, хлоридів, сульфатів. При цьому, змінювався хімічний склад води з гідрокарбонатного кальцієвого у 1939-1970 рр., до гідрокарбонатного кальцієво-магнієво-натрієвого – у 1971-1995, гідрокарбонатного кальцієво-натрієво-магнієвого – у 1995-2000 рр. [1].

Рис. 3. Динаміка відсоткового умісту головних іонів у воді Південного Бугу

Жорсткість води р. Південний Буг за період спостережень змінювалася від 2,83



(13.04.1956) до 11,66 (9.10.1992) при середньоарифметичному значенні 5,7 мг-екв/дм³. Для питного призначення може використовуватися вода з жорсткістю не більше 7 мг-екв/дм³. У Південному Бугу – с. Олександрівка у 18,5 % проб жорсткість води вища за допустиму.

За еколого-санітарними гідрофізичними та гідрохімічними показниками вода річки Південний Буг – с. Олександрівка за період досліджень змінювалась від відмінної до занадто поганої. Так, уміст завислих речовин у воді р. Південний Буг змінювався від 0,4 (14.05.1992) до 472,0 мг/дм³ (1.04.85) при середньоарифметичному значенні 42,4 мг/дм³. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: стандартне відхилення – 75,9, медіана – 19,9, мода – 0,4, ексцес – 19,8, асиметрія – 4,3, стандартна похибка – 8,4, кількість значень - 100. *За умістом зважених часток вода р. Південний Буг у 1971-1990 рр. відноситься до 5-6 категорії якості – тобто посередньої - поганої, у 1991-2000 рр. – до 4 категорії – задовільної [4,6].*

Величина рН води змінювалась від 7,0 (23.04.1941) до 8,5 (11.02.1971) при середньоарифметичному значенні 7,87. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: стандартне відхилення – 0,3, медіана – 7,85, мода – 7,6, ексцес – 0,4, асиметрія – -0,13, стандартна похибка – 0,02, кількість значень - 150. Середньоарифметичні значення величини рН для різних періодів досліджень змінювались від 7,3 за 1939-1950 рр. до 8,1 за період 1995-2000 рр. З 1984 до 2000 рр. величина рН води Південного Бугу змінювалась від 7,5 до 8,45. *Такі розбіжності у величині рН відповідають п'ятій категорії якості – посередня.*

Вода р. Південний Буг часто буває забруднена біогенними речовинами, СПАР, фенолами, нафтопродуктами та важкими металами, але є й періоди коли умісту забруднювачів не виявляли. На більшість компонентів-забруднювачів воду Південного Бугу до 1961 р. навіть не аналізували.

Не виявлено концентрації NO₂ у 18,6 % проб. Такі проби виявляли як у 1959 так і у 1999 р. у всі періоди року крім січня. Максимальні концентрації NO₂ були зафіксовані в період зимової межени - 2,84 мг/дм³ (6.01.1992), 1,256 (15.02.1969), 1,235 (15.03.1965), 1,105 мг/дм³ (15.03.1969) Середньоарифметичні рівні забруднення за весь період досліджень – 0,0769 мг/дм³. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: стандартне відхилення – 0,25, медіана – 0,014, мода – 0, ексцес – 69,7, асиметрія – 7,43, стандартна похибка – 0,016, кількість значень - 226. Середньоарифметичні значення умісту нітритів змінювались від 0,002 мг/дм³ за період 1939-1950 рр. (*вода другої категорії - добра*) до 0,1613 – за період 1961-1970 рр. (*вода восьмої категорії якості – занадто погана*). Варто відмітити, що найвищі середньоарифметичні показники забруднення природної води р. Південний Буг нітритами були у період 1961-1970 рр. У подальшому уміст NO₂ у воді річки знижувався й становив 0,08957 мг/дм³ у 1971-1980 рр. (*шоста категорія якості – вода погана*), 0,0222 мг/дм³ – у 1981-1990 (*п'ята категорія якості – вода посередня*), 0,008378 мг/дм³ – у 1991-1995 (*третья категорія якості – вода досить добра*), 0,02886 мг/дм³ у 1996-2000 рр. (*п'ята категорія якості – вода посередня*) (табл. 1) [3,6].

Максимальні концентрації NO₃ у воді р. Південний Буг – с. Олександрівка були зафіксовані в період зимової межени - 14,96 мг/дм³ (3.12.1990 р.), 5,23 мг/дм³ (17.11.91 р.), 5,0 мг/дм³ (18.11.1961 р.), 4,59 мг/дм³ (2.02.1999 р. Необхідно відмітити, що за період досліджень (1939-2000 рр.) лише 4,1 % проб води не мали умісту нітратів, 43,7 % проб відповідали якості відмінна, 6 % проб – добра, 10,8 % проб – досить добра, 6,6 % проб - задовільна. Більшість проб у яких не виявили нітратів припадає на період 1959,1993 рр., а востаннє проби без умісту нітратів відмічено у 1994 р. Середньоарифметичні рівні забруднення нітратами за весь період досліджень – 0,8175 мг/дм³. Елементи описової статистики для цього ряду значень були такими: стандартне відхилення – 1,49, медіана – 0,31, мода – 0,1, ексцес – 48,7, асиметрія – 5,8, стандартна похибка – 0,115, кількість значень - 167. Середньоарифметична величина умісту NO₃ у воді Південного Бугу – с.

Олександрівка зростала від $0,185 \text{ мг/дм}^3$ за період досліджень 1939-1950 рр. (вода відмінна) до $1,976 \text{ мг/дм}^3$ у 1961-1970 рр. (вода погана). У подальший період якість води за умістом NO_3 змінювалась від *досить доброї* (1971-1980 рр.) до *посередньої* (1981-1995 рр.), *поганої* (1995-2000 рр.) [4,6].

Максимальні концентрації NH_4 у воді Південного Бугу – с. Олександрівка були зафіксовані у період зимової межени - $35,0 \text{ мг/дм}^3$ (22.02.1979 р.), $8,9 \text{ мг/дм}^3$ (23.02.79 р.), $7,4 \text{ мг/дм}^3$ (29.01.79 р.), $5,5 \text{ мг/дм}^3$ (12.02.79) у період літньої межени – $9,5 \text{ мг/дм}^3$ (25.06.1979), $7,15 \text{ мг/дм}^3$ (10.05.79 р.), $5,0 \text{ мг/дм}^3$ (10.07.1997 р.). 6,3 % аналізованих проб не містили азоту аміаку, 22 % проб – відповідали якості *відмінна*, 12,6 % проб – *добра*, 15,7 % проб – *досить добра*, 21,2 % проб - *задовільна*. Середньоарифметичні рівні забруднення нітратами за весь період досліджень – $1,0178 \text{ мг/дм}^3$. Найвища середньоарифметична величина умісту NH_4 у воді Південного Бугу за період 1971-1980 рр. складала $4,116 \text{ мг/дм}^3$ (*сьома категорія якості – вода дуже погана*), у 1981-1995 рр. відповідала якості – *задовільна*, у 1995-2000 рр. – *посередня*.

Уміст фосфору фосфатів змінювався від 0 мг/дм^3 10.02.1995 р. до $0,633$ (21.02.1992 р.) і до $1,24 \text{ мг/дм}^3$ (16.02.1972 р.). Загалом 4,7 % проб містили фосфатів менше $0,015 \text{ мг/дм}^3$ (вода дуже чиста), 3,8 % проб мали уміст $0,015-0,03 \text{ мг/дм}^3$ (вода чиста), 6,6 % - $0,031-0,05 \text{ мг/дм}^3$ (вода досить чиста), 33 % - $0,051-0,1 \text{ мг/дм}^3$ (вода слабо забруднена), 35,8 % - $0,101-0,2 \text{ мг/дм}^3$ (вода помірно забруднена), 7,5 % - $0,201-0,3 \text{ мг/дм}^3$ (вода сильно забруднена), 4,7 % - $0,301-0,6 \text{ мг/дм}^3$ (вода брудна), 3,9 % проб мали концентрацію вищу за $0,6 \text{ мг/дм}^3$ і були *дуже брудними*. Середньоарифметичні рівні забруднення фосфатами за весь період досліджень $0,139 \text{ мг/дм}^3$. За середньоарифметичними значеннями фосфатів фосфору вода Південного Бугу у 1971-1980 рр. відносилася до *чистої*, у 1981-2000 рр. – до *помірно забрудненої*.

Уміст загального фосфору змінювався від 0 мг/дм^3 (15.02.1969, 1.12.1969, 26.03.1970, 12.02.1974 р.) до $1,07 \text{ мг/дм}^3$ (28.10.1988 р.) і до $1,47 \text{ мг/дм}^3$ (9.03.1986 р.). Середньоарифметичні рівні забруднення загальним фосфором за весь період досліджень – $0,19 \text{ мг/дм}^3$.

Уміст кисню у воді р. Південний Буг змінювався від $2,57 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (3.04.1980 р., *занадто погана*) до $18,33 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (25.04.1971 р., *відмінна*). За умістом кисню 89,9 % проб відповідали якості *відмінна*, 3,5 % - *досить добра*, 1,5 % - *задовільна*, 2,2 % - *посередня*, 0,7 % - *дуже погана*, 2,2 % проб – *занадто погана*. Середньоарифметичні рівні насичення води киснем за весь період досліджень – $11,63 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (*відмінна*). Отже, за *середньоарифметичним* умістом кисню вода р. Південний Буг у всі періоди досліджень відносилася до *відмінної*.

Перманганатна окислюваність води змінювалась від $0 \text{ мгO}/\text{дм}^3$ (29.01.1979 р., вода *відмінна*) до $42,6 \text{ мгO}/\text{дм}^3$ (10.03.63) і до $77,2 \text{ мгO}/\text{дм}^3$ (1.02.1968 р., вода *занадто погана*). За перманганатною окисністю 6,1 % аналізованих проб мали *відмінну якість*, 23,7 % - *добрю*, 32,8 % - *досить добру*, 15,3 % - *задовільну*, 7,6 % проб – *посередню*, 16,8 % проб – *погану*, 1,5 % проб – *дуже погану*, 3,8 % проб – *занадто погану*. Середньоарифметичні показники за 1939-1979 рр. становили $8,8 \text{ мгO}/\text{дм}^3$ при стандартному відхиленні $7,79 \text{ мгO}/\text{дм}^3$. За середньоарифметичними показниками якості води в окремі періоди досліджень була: у 1939-1960 рр. *доброю*; у 1961-1970 – *поганою*; у 1971–1979 рр. - *посередньою*.

Біхроматна окислюваність за період досліджень з 1963 до 2000 рр. мала також значні коливання від $5,6 \text{ мгO}/\text{дм}^3$ (*відмінна якість води*, 26.07.1984 р., 16.11.84 р.) до $152,8 \text{ мгO}/\text{дм}^3$ (22.02.1979 р., *дуже погана*). За біхроматною окислюваністю 20,3 % проб мали *відмінну якість*, 26,8 % проб – *добрю*, 15,9 % проб - *досить добру*, 10,1 % проб – *задовільну*, 17,4 % проб – *посередню*, 4,3 % проб – *погану*, 2,9 % проб – *дуже погану*, 2,3 % проб – *занадто погану*. За середньоарифметичними показниками біхроматної окислюваності вода р. Південний Буг у 1963-1970 рр. та 1981-1990, 1995-2000 рр. була *задовільною*, у 1971-1980 рр. – *поганою*, у 1991-1995 рр. – *досить доброю*.

Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб (БСК₅) для окислення органічних речовин, які містяться у воді р. Південний Буг – с. Олександрівка в аеробних умовах змінювалося від 0,64 мгО₂/дм³ (16.01.85, *вода дуже чиста*) до 11,87 мгО₂/дм³ (6.01.1990 р., *вода брудна*). За величиною БСК₅ 2,6 % аналізованих проб були *дуже чистими*, 5,2 % проб – *чистими*, 5,2 % проб – *досить чистими*, 39 % проб – *слабо забрудненими*, 23,4 % проб – *помірно забрудненими*, 24,6 % проб – *дуже забруднені*. За середньоарифметичними показниками біологічного споживання кисню вода у 1980-2000 рр. відносилась до п'ятої категорії якості – *помірно забрудненої*, що сприяє загрози антропогенної евтрофікації водойми.

Уміст синтетичних поверхнево-активних речовин у воді Південного Бугу змінювався від 0 мг/дм³ (23.03.1985 р., 20.01.1988 р., 6.10.1993 р. і ін. *дуже чистої*) до 0,13 мг/дм³ (1.12.1980 р., 25.01.1981 р., *сильно забрудненої*). 52,2 % проаналізованих проб не мали умісту СПАР і відносились до *дуже чистих*, 26,6 % проб – *були чистими*, 14,4 % проб – *досить чистими*, 4,4 % проб – *слабо забрудненими*, 2,6 % проб – *помірно забрудненими*. Середньоарифметичні значення СПАР за весь період досліджень (1979-2000 р.) становили 0,0118 мг/дм³, при стандартному відхиленні – 0,024 мг/дм³. За середньоарифметичними показниками умісту СПАР вода Південного Бугу у 1981-1990 рр. відносилась до п'ятої категорії якості – *помірно забрудненої*, у 1991-2000 рр. – до другої категорії якості - *чистої* [6].

Уміст фенолів у воді р. Південний Буг змінювався від 0 мг/дм³ (9.08.1976 р., 16.11.1984 р., 14.06.92 р. і ін., *вода дуже чиста*) до 0,07 мг/дм³ (31.11.1977) і до 0,46 мг/дм³ (25.08.1979 р., *вода дуже брудна*). Варто відмітити, що у 84,5 % проб умісту фенолів *не було виявлено* - *вода дуже чиста*, 1,9 % проб – *вода чиста*, 3,9 % проб – *вода помірно забруднена*, 6,8 % проб – *вода сильно забруднена*, 2,9 % проб – *вода дуже брудна*. Середньоарифметичні значення умісту фенолів за весь період досліджень (1976-2000 рр.) 0,0063 мг/дм³, при стандартному відхиленні 0,045 мг/дм³.

Уміст нафтопродуктів у водах Південного Бугу - с. Олександрівка змінювався від 0 (9.09.1978, 06.12.1993 р. і ін., *вода дуже чиста*) 3,68 мг/дм³ (31.11.1977 р., *вода дуже брудна*). За період досліджень (1977-2000 рр.) у 69,9 % проб води нафтопродуктів не виявлено. У 18,3 % проб води уміст нафтопродуктів був вищим за 0,1 мг/дм³, тобто вищим за граничнодопустиму концентрацію. За середньоарифметичними значеннями умісту нафтопродуктів вода Південного Бугу у 1977-1980 рр. відносилась до 7 категорії якості – *брудної*, у 1981-1995 рр. до *досить чистої*, у 1995-2000 рр. - до *чистої* [4,6].

Лише близько 2 % проб води Південного Бугу містили залишки пестицидів або продукти їх розкладання – метаболіти. Так, наприклад, у пробі води відібраній 6.04.1986 р. було виявлено α-ГХЦГ – 0,000002 мг/дм³, 10.05.1979 γ-ГХЦГ – 0,000007 мг/дм³, 6.01.1990 р. ДДЕ – 0,000028 мг/дм³, 2.08.1993 гексахлоран – 0,00002 мг/дм³. Установлена нормативом гранично допустима сума залишків пестицидів у воді (0,001 мг/дм³) є значно більшою за суму, виявлену у воді р. Південний Буг, тобто вода за специфічними показниками токсичності відноситься до 1-2 категорії якості і є *чистою* - *дуже чистою*.

У воді річки виявлено уміст важких металів міді, цинку, заліза, хрому, нікелю, марганцю, кобальту. У жодній із проб не було виявлено свинцю.

Уміст міді змінювався від 0 мг/дм³ (10.05.1979, 17.07.1994 р. і ін.) 0,138 мг/дм³ (2.11.1992 р.). Загалом 14,4 % проб не містили міді (*вода дуже чиста*), 4,4 % проб мали концентрацію меншу за 0,001 мг/дм³ (1 категорія якості – *вода дуже чиста*), 10 % - 0,0011-0,002 мг/дм³ (*вода досить чиста*), 56,6 % - 0,0021-0,01 мг/дм³ (*вода слабо забруднена*), 7,8 % - 0,011-0,025 мг/дм³ (*вода помірно забруднена*), 3,3 % проб були *сильно забруднені* (0,026-0,05 мг/дм³), 2,2 % проб були *брудними* (0,051-0,1 мг/дм³) і 1,3 % проб були *дуже брудними*. За середньоарифметичними значеннями вода р. Південний Буг – с. Олександрівка у 1971-1980 рр. за умістом міді відносилась до *чистої-дуже чистої*, у 1981-1990, 1995-2000 рр. – до *слабо забрудненої*, у 1991-1995 рр. – до *помірно забрудненої*.

Уміст цинку у воді Південного Бугу змінювався від 0 мг/дм³ (5.08.1982, 6.04.1984,

22.05.1994 і ін.) до 0,33 мг/дм³ (9.10.1992 р., *вода дуже брудна*). 15,7 % проб води не містили цинку, 37,3 % проб мали концентрацію нижчу за 0,01 мг/дм³ (*дуже чиста-чиста*), 16,9 % - 0,011-0,02 мг/дм³ (*досить чиста*), 7,2 % - 0,021-0,05 мг/дм³ (*слабо забруднена*), 14,5 % - 0,051-0,1 мг/дм³ (*помірно забруднена*), 6 % - 0,101-0,2 мг/дм³ (*сильно забруднена*), 1,2 % - 0,201-0,3 мг/дм³ (*брудна*), 1,2 % проб мали концентрацію більшу 0,3 мг/дм³ (вода восьмої категорії якості - *дуже брудна*). За середньоарифметичними значеннями вода у 1971-1990 рр. за умістом цинку відносилася до *чистої-дуже чистої*, у 1991-1995 рр. - до *помірно забрудненої*, у 1995-2000 рр. - до *слабо забрудненої*.

Уміст загального заліза змінювався від 0 мг/дм³ (19.08.1957, 11.02.1971, 16.11.1987, 2.04.1994 і ін.) до 6,4 мг/дм³ (9.03.1965), 7,72 мг/дм³ (5.04.1969), 8,8 мг/дм³ (25.04.1971 р.). Загалом з 1948 по 2000 рр. 4,6 % проб води Південний Буг не містили умісту заліза, 15,5 % проб мали концентрацію 0,01-0,05 мг/дм³ (вода *дуже чиста*), 10,7 % - 0,051-0,1 мг/дм³ (вода *досить чиста*), 53,0 % - 0,101-0,5 мг/дм³ (вода *слабо забруднена*), 6,7 % - 0,501-1,0 мг/дм³ (вода *помірно забруднена*), 4,4 % - 1,01-2,5 мг/дм³ (вода *сильно забруднена*), 3,5 % - 2,51-5,0 мг/дм³ (вода *брудна*), 1,6 % проб води були *дуже брудними*. За середньоарифметичними показниками уміст загального заліза у воді річки зростав із 0,075 мг/дм³ у 1948-50 рр. (вода *досить чиста*) до 1,303 мг/дм³ у 1961-70 рр. (вода *сильно забруднена*). У 1971-1980 рр. вода Південного Бугу відносилася до *помірно забрудненої*, у 1981-2000 рр. була *слабо забрудненою*.

Уміст хрому у воді Південного Бугу змінювався від 0 мг/дм³ (27.02.1978, 1.12.1992 та ін., вода *дуже чиста*) до 0,069 мг/дм³ (23.04.1976) та 0,094 (9.08.1976, вода *брудна*). Загалом з 1976 по 2000 рр. 9,6 % проб не містили умісту хрому (вода *дуже чиста*), 8,5 % проб мали концентрацію нижчу за 0,002 мг/дм³ (вода *чиста*), 16,0 % - 0,0021-0,005 мг/дм³ (вода *досить чиста*), 34 % - 0,0051-0,010 мг/дм³ (вода *слабо забруднена*), 23,4 % - 0,011-0,025 мг/дм³ (вода *помірно забруднена*), 6,4 % - 0,0251-0,050 мг/дм³ (вода *сильно забруднена*), 2,1 % проб мали концентрацію 0,051-0,10 мг/дм³ (вода *брудна*).

Уміст марганцю у воді р. Південний Буг змінювався від 0,002 мг/дм³ (6.08.1988, 19.02.1990, 16.08.1990 р., вода *дуже чиста*) до 0,247 мг/дм³ (10.02.1992 р., вода *помірно забруднена*). За середньоарифметичними показниками умісту марганцю вода Південного Бугу у 1985-2000 рр. відносилася до 2 категорії якості - *чистої*.

Уміст нікелю змінювався від 0 мг/дм³ (19.02.1990 р., вода *дуже чиста*) до 0,13 мг/дм³ (6.01.1990 р., вода *дуже брудна*). За середньоарифметичними показниками умісту нікелю вода Південного Бугу була *помірно забрудненою* у 1981-1990 та 1996-2000 рр. і *сильно забрудненою* - у 1991-1995 рр.

Вода р. Південний Буг використовується на зрошення земель, невеликих за площею (522-7727 га) зрошувальних систем у межах Миколаївської обл.: Білоусівської, Каменської, Щербинівської, Новоодеської, Петрівської, Водяно-Лоринської, Вознесенської, Вольнівської, а також Південно-Бугської (12,2 тис. га) і ін., із загальною площею зрошення близько 70 тис. га.

За іригаційними показниками вода придатна для зрошення без внесення кальцієвих солей. Так, співвідношення у воді $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ складає 0,4-0,83, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ - 0,35-0,58, $\text{Na}^++\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}+\text{Na}^++\text{K}^+$ - 0,27-0,38, $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ - 0,22-0,49, величина SAR - 1,28-1,78.

Висока величина водневого показника рН вимагає зниження лужності перед поливами, особливо в літні місяці.

Висновки. За період спостережень загальна мінералізація води р. Південний Буг у пункті спостережень с. Олександрівка змінювалася від 188 мг/дм³ (*прісна гіпогалинна*) до 1070 мг/дм³ (*солонувата мезогалинна*). За ступенем мінералізації природна вода р. Південний Буг відносилася до *прісної 2 категорії (доброї)* до 1950 р., і до *прісної 3 категорії (досить доброї)* протягом наступного періоду досліджень за методикою [3,6].

За умістом сульфатів вода відносилася до *відмінної* у 1939-1950 рр., *доброї* – у 1951-1980, *досить доброї - задовільної* - у 1980-2000 рр.

За середньоарифметичним умістом хлору у 1939-1960 рр. вода відносилася до *відмінної*, у 1961-1985 – до *доброї*, у 1985-2000 – до *досить доброї* [3,6].

У воді р. Південний Буг з 1939 р. до 1990 р. постійно знижувався середньоарифметичний відсотковий уміст гідрокарбонатів та кальцію і зростав уміст натрію, хлоридів, сульфатів. При цьому, змінювався хімічний склад води з гідрокарбонатного кальцієвого у 1939-1970 рр., до гідрокарбонатного кальцієво-магнієво-натрієвого – у 1971-1995, гідрокарбонатного кальцієво-натрієво-магнієвого – у 1995-2000 рр. [1].

За умістом зважених часток вода р. Південний Буг у 1971-1990 рр. відноситься до 5-6 категорії якості – тобто посередньої - поганої, у 1991-2000 рр. – до 4 категорії – задовільної [3,6].

За величиною рН вода відповідає п'ятій категорії якості – посередня.

За показниками забруднення природної води р. Південний Буг нітритами вона була у 1971-1980 рр. *поганою*, у 1981-1990 – *посередньою*, у 1991-1995 – *досить доброю*, у 1996-2000 р. – *посередньою*.

За умістом NO₃ вода Південного Бугу – с. Олександрівка у період досліджень 1939-1950 рр. була *відмінною*, у 1961-1970 рр. – *поганою*, у 1971-1980 рр. - *досить доброю*, у 1981-1995 рр. - *посередньою*, у 1995-2000 рр. - *поганою*.

За умістом NH₄ вода Південного Бугу у 1971-1980 рр. відносилась до *дуже поганої*, у 1981-1995 рр. – *задовільної*, у 1995-2000 рр. – *посередньої*.

За умістом фосфатів фосфору вода Південного Бугу у 1971-1980 рр. відносилася до *чистої*, у 1981-2000 рр. – до *помірно забрудненої*.

За умістом розчиненого кисню вода р. Південний Буг у всі періоди досліджень відносилася до *відмінної*.

За середньоарифметичними показниками перманганатної окислюваності якість води в окремі періоди досліджень була: у 1939-1960 рр. *доброю*; у 1961-1970 – *поганою*; у 1971–1979 рр. - *посередньою*.

За біхроматною окислюваністю вода р. Південний Буг – с. Олександрівка у 1963-1970 рр. та 1981-1990, 1995-2000 рр. була *задовільною*, у 1971-1980 рр. – *поганою*, у 1991-1995 рр. – *досить доброю*.

За середньоарифметичними показниками біологічного споживання кисню за 5 діб вода Південного Бугу – с. Олександрівка у 1980-2000 рр. відносилась до п'ятої категорії якості – *помірно забрудненої*, що сприяє загрози антропогенної евтрофікації водойми.

За умістом СПАР вода Південного Бугу у 1981-1990 рр. відносилася до п'ятої категорії якості – *помірно забрудненої*, у 1991-2000 рр. – до другої категорії якості - *чистої* [6].

За умістом фенолів вода річки у 1971-1980 рр. відносилася до брудної, у 1981-1990 рр. – до *досить чистої*, у 1991-2000 рр. – до *дуже чистої*.

За умістом нафтопродуктів вода Південного Бугу у 1977-1980 рр. відносилася до 7 категорії якості – *брудної*, у 1981-1995 рр. до *досить чистої*, у 1995-2000 рр. - до *чистої*.

Лише близько 2 % аналізованих проб води Південного Бугу містили залишки пестицидів або продукти їх розкладання – метаболіти. За їх сумарним умістом вода р. Південний Буг відноситься до 1-2 категорії якості і є *чистою - дуже чистою*.

За умістом міді вода р. Південний Буг – с. Олександрівка у 1971-1980 рр. відносилася до *чистої-дуже чистої*, у 1981-1990, 1995-2000 рр. – до *слабо забрудненої*, у 1991-1995 рр. – до *помірно забрудненої*.

За середньоарифметичними значеннями умісту цинку вода р. Південний Буг – с. Олександрівка у 1971-1990 рр. відносилася до *чистої-дуже чистої*, у 1991-1995 рр. - до *помірно забрудненої*, у 1995-2000 рр. – до *слабо забрудненої*.

За середньоарифметичними показниками умісту марганцю вода Південного Бугу у

1985-2000 рр. відносилася до 2 категорії якості - *чистої*.

За умістом загального заліза воді річки у 1948-50 рр. відносилася до *досить чистої*, у 1951-1960 рр. - *слабо забрудненої*, у 1961-1970 рр. - *сильно забрудненої*, у 1971-1980 рр. - *помірно забрудненої*, у 1981-2000 рр. - була *слабо забрудненою*.

За іригаційними показниками вода придатна для зрошення усіх типів ґрунтів без внесення кальцієвих солей, але висока величина водневого показника рН вимагає зниження лужності перед поливами, особливо в літні місяці.

Література

1. Алёкин О.А. К вопросу о химической классификации природных вод. // Вопросы гидротехники. Ленинград.: Гидрометиздат, 1946, 240 с.
2. Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек. Киев 1962. 255 с.
3. Гидрологический ежегодник. 1936-1990 гг. т. 2. вып. 5.
4. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України: Методика. КНД 211.1.4.010.94.-К., 1994, - 37 с.
5. Лозовицкий П.С. Опыт дисперсионного анализа химического состава оросительных вод юга Украины // М.: Почвоведение. 2003. № 12. С. 1491-1502.
6. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ. "Ніка-Центр". 2001. 262 с.
7. Справочник по водным ресурсам // Под редакцией Б.И. Стрельца. К. Урожай, 1987. 304 с.
8. Український радянський енциклопедичний словник. К., Головна редакція Української Радянської Енциклопедії, т.2. 1987. 736 с.; т 3. 1987. 736 с.

Надійшла до редакції 12.05.08 р.