

УДК 551.5+556.531.4+556.561

О. В. БІРЮКОВ, канд. геогр. наук, доц.

Харківський гідрометеорологічний технікум ОДЕКУ

вул. Кооперативна, 10, м. Харків, 61003

E-mail: alexbirukov@ukr.net <https://orcid.org/0000-0002-3486-5569>

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ БІОГЕННИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК ЗІ СТОКОМ р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ У МЕЖАХ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Мета роботи – дослідити просторово-часову зміну стоку води, концентрації біогенних речовин у воді та встановлення зв'язку між ними, на р. Сіверський Донець. **Методи.** Статистичний аналіз. **Результати.** Для дослідження динаміки стоку води та змін середньорічних концентрацій біогенних елементів у річці Сіверський Донець вибрані пости: на кордоні з Російською Федерацією (с. Огурцево); Печенізьке водосховище; м. Чулуїв; м. Зміїв. Для виявлення закономірностей у циклічних коливань стоку використано хронологічні та згладжені, за допомогою лінійного фільтру, часові ряди за періоди 1923-2016 рр. Періодичність фаз водності в середньому становить 3-5 років. Середні багаторічні концентрації фосфатів по постах знаходяться в інтервалі 0,65-1,96 мг/дм³, і коефіцієнт варіації 0,2, тобто мінливість фосфатів незначна. Середня концентрація нітритів по постах, за весь період спостережень змінюється у інтервалі 0,046-0,26 мг/дм³, а коефіцієнт варіації нітритів змінюється в межах 0,6-0,9, що вказує на мінливість показника у часі. Середні багаторічні концентрації нітратів по постах змінюються в інтервалі 0,71-4,96 мг/дм³, а коефіцієнт варіації нітратів становить 0,9. **Висновки.** Середньорічна концентрація біогенних речовин, на вказаних постах не має зв'язку з циклічністю водності річки, крім посту Печенізьке водосховище, де концентрація нітритів і фосфатів змінюються синхронно із середньорічними витратами води.

Ключові слова: водність, концентрація, нітрити, нітрати, фосфати, варіація

Biryukov A. V.

Kharkov Hydrometeorological College ODEKU

RESEARCH OF BIOGENIC SUBSTANCES CONCENTRATIONS AND THEIR CONNECTION WITH RUNOFF OF THE SIVERSKIY DONETS RIVER IN THE BORDERS OF THE KHARKIV AREA

Purpose. The purpose is to investigate the spatial-temporal change in the runoff of water, concentration of nutrients in water and establishment of communication between them, on the river Seversky Donets. **Methods.** Statistical analysis was used as a key method. **Results.** For the study of water flow and changes in average annual concentrations of nutrients in the Seversky Donets River, selected posts are located: on the border with the Russian Federation (Ogurtsovo village); Pechenezh reservoir; Chuguev city; city of Zmiev. To identify cyclical patterns in runoff fluctuations, chronological and smoothed, using a linear filter, time series for the periods 1923-2016 are used. To identify cyclical patterns in runoff fluctuations, chronological and smoothed, using a linear filter, time series for the periods 1923-2016 are used. The frequency of phases of water content is on average 3-5 years. The average perennial phosphate concentrations in posts are in the range of 0.65-1.96 mg/dm³, and the coefficient of variation is 0.2, that is, the variability of phosphates is negligible. The average concentration of nitrites by posts, for the entire observation period, varies in the range of 0.046-0.26 mg/dm³, and the coefficient of variation of nitrites varies in the range of 0.6-0.9, which indicates a significant variability of the indicator over time. The average annual concentrations of nitrates in the posts vary in the range of 0.71-4.96 mg/dm³, and the coefficient of variation of nitrates is 0.9. **Conclusions.** The average annual concentration of biogenic substances at the indicated positions has no relation to the cyclicity of the water content of the river, except for the Pechenezh reservoir, where the concentration of nitrites and phosphates changes in synchrony with the average annual water consumption.

Keywords: discharge water, concentration, nitrites, nitrates, phosphates, variation

Бирюков А. В.

Харьковский гидрометеорологический техникум ОГЭКУ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ СВЯЗЬ СО СТОКОМ р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ В ПРЕДЕЛАХ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель. Исследовать пространственно-временную изменчивость стока воды, концентрации биогенных веществ в воде и установления связи между ними, на р. Северский Донец. **Методы.** Статистический анализ. **Результаты.** Для исследования стока воды и изменений среднегодовых концентраций биогенных элементов в реке Северский Донец выбранные посты: на границе с Российской Федерацией (с. Огурцево); Печенежское водохранилище; м. Чулуев; м. Змиев. Для выявления циклической закономірности в колебаниях стока использованы хронологические и сглаженные, с помощью линейного фильтра, временные ряды за периоды 1923-2016 гг. Периодичность фаз водности в среднем составляет 3-5 лет. Сред-

ние многолетние концентрации фосфатов по постам находятся в интервале – 0,65-1,96 мг/дм³, и коэффициент вариации 0,2, то есть изменчивость фосфатов незначительна. Средняя концентрация нитритов по постам, за весь период наблюдений меняется в интервале 0,046-0,26 мг/дм³, а коэффициент вариации нитритов изменяется в пределах 0,6-0,9. Среднемноголетние концентрации нитратов по постам изменяются в интервале 0,71-4,96 мг/дм³, а коэффициент вариации нитратов составляет 0,9. **Выводы.** Среднегодовая концентрация биогенных веществ, на указанных постах не имеет связи с цикличностью водности реки, кроме поста Печенежское водохранилище, где концентрация нитритов и фосфатов меняются синхронно со среднегодовыми расходами воды.

Ключевые слова: водность, концентрация, нитриты, нитраты, фосфаты, вариация

Вступ

Тиск на водні ресурси постійно зростає, нерегламентоване водокористування призводить до погіршення якості водного середовища, це істотно впливає на екологію Харківської області. Аналіз сучасного стану річок басейну р. Сів. Донець та оцінка ступеню їхнього господарського використання показали, що при маловодній фазі циклу водності та великій нерівномірності річкового стоку інтенсивне водокористування призведе до виснаження і значного погіршення якості водних ресурсів [16]. Для раціонального використання водних ресурсів необхідний всебічний аналіз взаємозв'язків усіх компонентів ландшафтно-географічної системи в цілому, облік їхнього генезису і властивостей, закономірностей формування та змін під впливом природних і антропогенних факторів. В подальшому, якщо не вживати відповідних заходів, це може призвести до їх виснаження та понаднормативного забруднення вод регіону.

Мета роботи – дослідити просторово-часову зміну стоку води, концентрації біогенних речовин у воді та встановлення зв'язку між ними, на р. Сіверський Донець.

Біогенні речовини (сполуки *N* і *P*), наявні в природних водах, грають істотну роль в екологічних процесах, у водоймах, і впливають на хімічний склад і фізичні властивості води. Накопичення біогенних елементів у природних водах запускає розвиток водної рослинності, що призведе до якісної деградації водного об'єкта. Необхідність утримання процесу евтрофікації обумовлює необхідність виявлення зв'язків між біогенни-

ми речовинами та стоком води. При деструкції високомолекулярних органічних сполук природного та антропогенного походження збільшується забрудненість води і порушується нормальна життєдіяльність тварин і рослинних організмів [15].

Основним джерелом появи у природній воді NH_4 , а потім NO_2 і NO_3 є різні складні органічні речовини тваринного і рослинного походження, що містять в своєму складі білок. У результаті цього складного біохімічного процесу, що протікає за участю різних бактерій і ферментів, водне розщеплення кінцевого продукту розпаду білкових речовин [3].

Визначення гідрохімічної характеристики води р. Сіверський Донець проводились у різні роки. Однією з перших комплексних робіт, з вивчення хімічного стану вод, є фундаментальне дослідження за редакцією М. С. Каганера, яке проводилось у кінці 60-х років минулого століття [14]. Сучасні дослідження гідрохімічного та екологічного режиму на р. Сів. Донець у різні роки проводились О. М. Крайнюковим, А. В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г. В. Коробковою, В. І. Осадчим, Н. М. Осадчою, А. П. Манченко, О. О. Ухань [2,7,16,9,12,1,17]. Дослідження змін концентрації біогенних речовин у басейні р. Сіверського Дінця виконане у роботах В.П. Самарина та О. О. Ухань [15,18]. Статистичний аналіз чинників формування біогенного складу води річки Десна за допомогою сумарних та різницевих інтегральних кривих зроблений Ю. А. Лузовіцькою та Н. М. Осадча [10].

Методика дослідження

Спостереження за хімічним станом і контроль за забрудненням у басейні р. Сіверський Донець виконує дві державні установи, Український гідрометеорологічний

центр та Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів (СД БУВР) [13].

Заснування Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів відноситься до 1961 року, коли у місті Слов'ян-

ську була організована Державна водна інспекція по басейну Сіверського Дінця, покликана здійснювати контроль якісного стану водних об'єктів басейну, а також якісного складу стічних вод, що скидають підприємства у водні об'єкти, дотримання норм і вимог, що існували на той момент. У різні роки починаючи з 1961 року, спостереження здійснюється по 93 постах [11]. На них проводяться спостереження раз на місяць за такими елементами: температурою води, рН, вмістом розчиненого кисню, БСК₅, іонним складом, основними забруднюючими елемен-

тами (сполуки азоту, фосфор, нафтопродукти, феноли і т. п.) за стандартними методами.

Деякі пости СД БУВР співпадають з постами Державної гідрометеорологічної служби на яких ведуться спостереження за водністю та хімічним складом.

При дослідженні динаміки змін середньорічних концентрацій біогенних елементів у річці Сіверський Донець нами вибрані такі пости, на яких ведуться спостереження за стоком та гідрохімічним станом це: 1. пост на кордоні з Російською Федерацією, пост с. Огірцеве; 2. пост Печенізьке водосховище; 3. пост м. Чугуєва; 4. м. Зміїв [11].

Результати досліджень

На першому етапі дослідження проводилась робота по встановленню циклічності змін середньорічних витрати води на цих постах.

Для виявлення закономірностей у циклічних коливаннях стоку використано хронологічні та згладжені, за допомогою лінійного фільтру, часові ряди за періоди спостережень. Період згладжування, прийнятий на рівні трьох років.

Для збереження крайніх членів часових вибірок їх згладжування здійснювалося за процедурою, запропонованою у роботі [5], тобто:

а) для першого та останнього члена ряду:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 1/6 (5Q_1 + 2Q_2 - Q_3) \text{ та} \\ Q_n &= 1/6 (5Q_n + 2Q_{n-1} - Q_{n-2}) \end{aligned} \quad (1);$$

б) для члена ряду:

$$Q_2 = 1/3(Q_1 + Q_2 + Q_3) \quad (2)$$

Для аналізу, циклічності водності, побудовано хронологічний ряд витрат води для всіх років спостережень, по чотирьом постах, згладжений за допомогою лінійного фільтру по 3-х річках (рис. 1).

З чотирьох постів найдовший ряд спостережень за стоком на посту м. Зміїв, розпочався у 1923 року. На початку вимірів на річці маловодна фаза. З 1925 р. спостерігається багатоводна фаза до 1933 року. Далі з 1934 по 1939 маловодна. З 1941 по 1943 рр. спостереження за стоком не проводились та відновилися з 1944 року. На графіку (рис. 1) можливо побачити, що з 1947

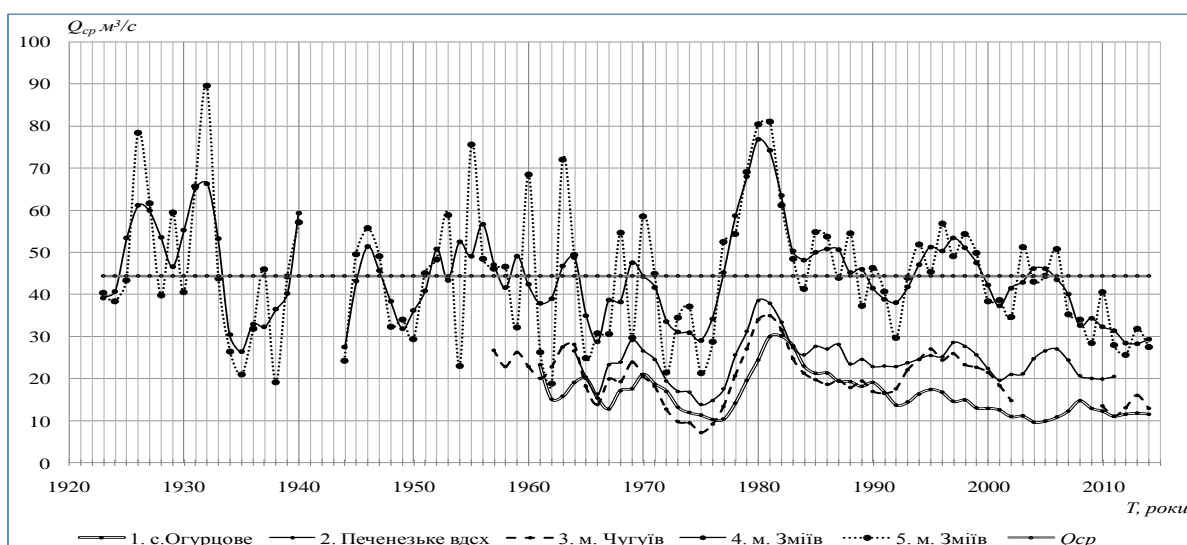


Рис. 1 – Річний стік на постах: 1. с. Огірцеве; 2. Печенізьке водосховище; 3. м. Чугуїв; 4. м. Зміїв (згладжений); 5. м. Зміїв (хронологічний)

по 1951 рр. є маловодна фаза. Починаючи з 1952 та по 1964 значення витрат води змінюються слабо, річний стік коливався в межах середньої величини. З 1965 по 1976 рр. спостерігається маловодна фаза. Починаючи з 1977 року спостерігається багатоводна фаза з максимумом у 1980 та закінченням у 1989р. Далі спостерігається зменшення стоку до 1993р. з 1994р. по 1999р. збільшення та з 2000 по 2014 знов зменшення.

На основі аналізу, згладжених за допомогою лінійного фільтру ряду, спостережень кривих стоку попередньо виявлені багатоводні і маловодні періоди.

Чітко визначити просторові закономірності коливань у рядах річного стоку не зовсім просто, оскільки вони залежать не лише від геліосиноптичних умов, але й від цілого комплексу фізико-географічних чинників: висотного положення водозборів, ландшафтів, рівня господарської діяльності на водозборах тощо. Проте наявні і деякі загальні риси у коливальних процесах стоку [4].

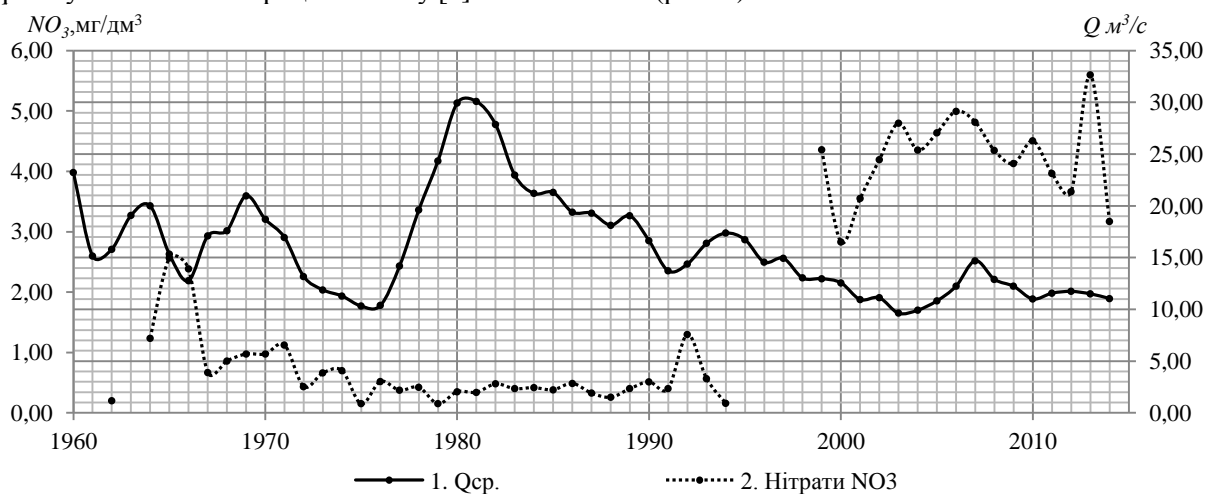


Рис. 2 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів NO_3 на р. Сів.Донець – с. Огірцеве

З хронологічного графіку (рис. 2) визначено, що середня річна концентрація нітратів NO_3 , у 1964-1967 рр. має відносно велике значення. В наступні роки вміст NO_3 у річкових водах поступово зменшується, з найменшим значенням $0,15 \text{ мг/дм}^3$ у 1975 та 1979 роках, що припадає на кінець маловодної фази водності, та початок багатоводної, де максимум спостерігається у 1980 році.

У другій половині 90-х років виміри концентрацій нітратів не проводились. Починаючи з 1999 року концентрація суттєво збільшується, у 8 разів та становить $4,32$

Як можливо визначити з рисунка 1 цикли водності для всіх постів однакові, є деякі не суттєві розбіжності, які викликані місцевими господарським впливом на стік р. Сів. Донець. Загальним для всіх постів є циклічність фаз 3-4 роки. Найбільш максимальна водність припадає на 1980 р. для всіх постів. Тривалість цього багатоводного циклу 10-13 років. Він закінчується у кінці 80-х, далі водність річки входить у маловодну фазу, на посту с. Огірцеве, з 1991 р. по теперішній час, тобто вже 26 років. На інших постах циклічність з періодам 3-8 роки.

Наступний крок роботи дослідження біогенних сполук: нітритів NO_2 , нітратів NO_3 , фосфатів. Для аналізу брались дані, у СД БУВР, середньорічна концентрація, яка розраховується як середньо арифметичне значення місячних концентрацій. Для дослідження середньорічної концентрації біогенних сполук побудовано хронологічний графік змін концентрацій та витрат води (рис. 2).

мг/дм^3 , збільшення спостерігаються до 2014 року.

Середня багаторічна концентрація нітратів, на посту с. Огірцеве, дорівнює $1,7819 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 1). Для статистичного аналізу змін середньорічних концентрацій, хронологічного ряду, відносно середнього багаторічного значення, розраховано коефіцієнт варіації по формулі [5]:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n}} \quad (3),$$

де C_v – коефіцієнт варіації; k_i – модульний коефіцієнт

$$k_i = C_v / C_{cp} \quad (4)$$

де C_i – середньорічна концентрація; C_{cp} – середня багаторічна концентрація; n –

кількість років спостережень, якій дорівнює 0,98. Відносно велике значення C_v говорить про значну варіацію середньорічної концентрації NO_3 , на посту с. Огірцеве, відносно її середнього значення, за весь період спостережень.

Таблиця 1
Середні багаторічні концентрації біогенних елементів за весь період спостережень на р. Сів. Донець

Пункт спостережень	$F, \text{км}^2$	$L, \text{км}$	$Q_{cp}, \text{м}^3/\text{с}$	$C_v (Q_{cp})$	Фосфати $\text{мг}/\text{дм}^3$	C_v фосфати	Нітрити $NO_2 \text{мг}/\text{дм}^3$	$C_v NO_2$	Нітрати $NO_3 \text{мг}/\text{дм}^3$	$C_v NO_3$
с. Огірцеве	5540	109	15,8	0,39			0,1082	0,64	1,7819	0,98
Печенізьке водосховище	8400	179	24,1	0,28	0,6539	0,24	0,0464	0,67	0,7107	0,93
м. Чугуїв	10300	216	20,0	0,44	0,6995	0,14	0,0873	0,91	1,0117	1,03
м. Зміїв	16600	260	44,4	0,34	1,9599	0,17	0,2581	0,98	4,9597	1,02

Для аналізу впливу біогенних сполук на екологічний стан р. Сів. Донець використовуються гранично допустимі концентрації (ГДК) для рибогосподарчих водойм, це $NO_3 = 40,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$, $NO_2 = 0,08 \text{ мг}/\text{дм}^3$, фосфати = $0,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$ [6,8]. На р. Сів. Донець пост с. Огірцеве перевищень ГДК для нітратів не відбулось.

Частота змін концентрації нітритів NO_2 на посту с. Огірцеве (рис. 3) відбувалась у більш широкому діапазоні. Збіжності з коли-

ванням водності, тобто синхронності або асинхронності, не спостерігається.

За весь період спостережень можливо виділяти три максимуми це 1972 – $0,3625 \text{ мг}/\text{дм}^3$, 1984 – $0,2964 \text{ мг}/\text{дм}^3$ та 1991 – $0,2875 \text{ мг}/\text{дм}^3$ роках. Мінімум дорівнює $0,0033 \text{ мг}/\text{дм}^3$ у 1963 році. Середньорічна концентрація NO_2 за весь період спостережень, дорівнює $0,1082 \text{ мг}/\text{дм}^3$ з коефіцієнтом варіації – 0,64 (табл. 1).

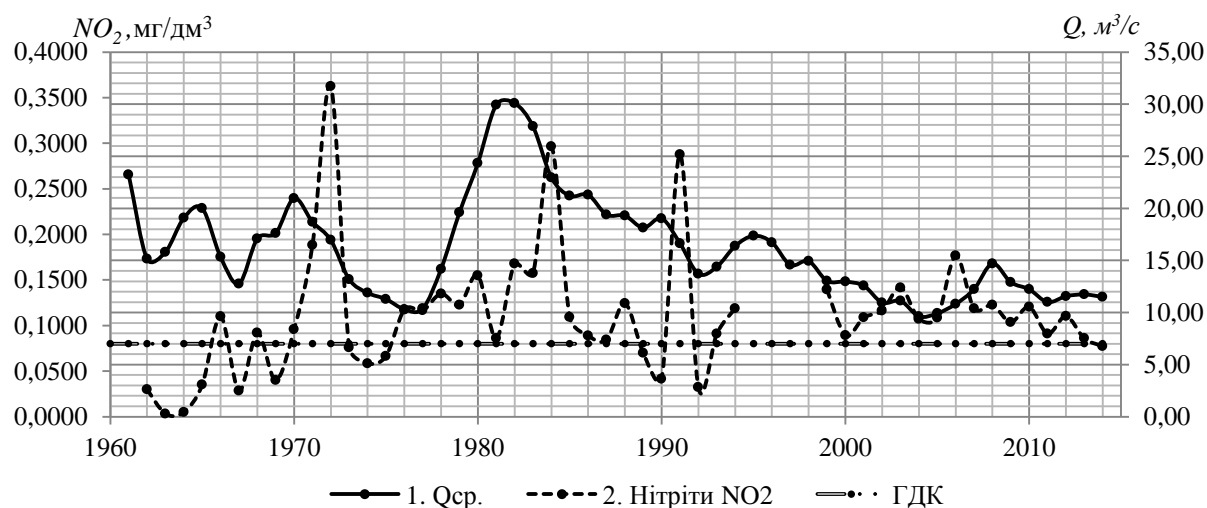


Рис. 3 –Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів NO_2 на р. Сів. Донець – с. Огірцеве

Вміст нітритів у воді р. Сів. Донець – с. Огірцеве у більшості років спостережень перевищує ГДК для рибогосподарчих водойм, у кілька разів. Амплітуда змін, концентрація NO_2 , у останні роки 1999-2014 рр. зменши-

лась та дорівнює $0,08 \text{ мг}/\text{дм}^3$, з мінімумом спостережень на рівні ГДК.

Зміни концентрації нітратів на посту Печенізьського водосховища у 60-х роках відбуваються без зв'язку зі стоком (рис. 4).

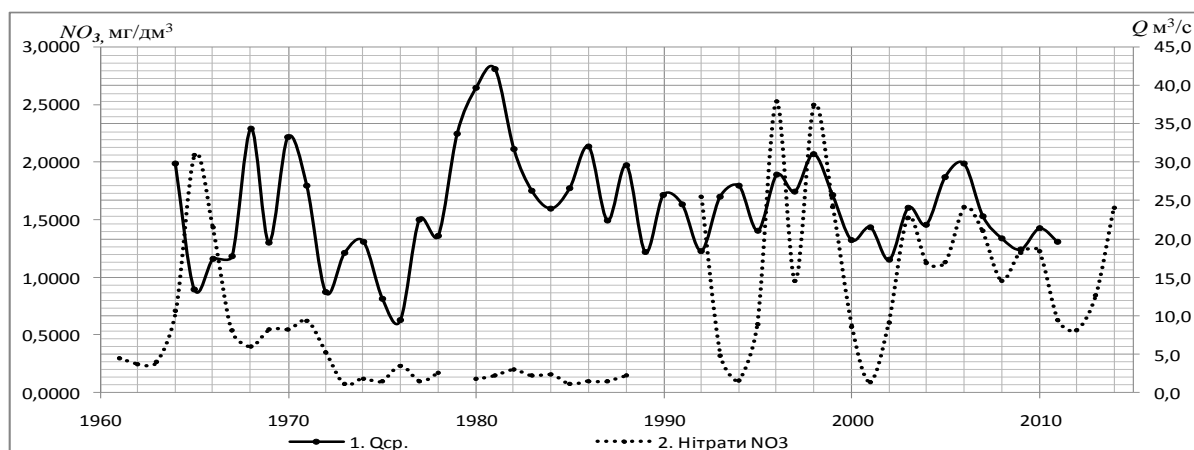


Рис. 4 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів NO_3 на р. Сів. Донець – Печенізьке водосховище

Мінімальні концентрації спостерігалися починаючи з 1973р. – $0,075 \text{ мг/дм}^3$ до 1988р. – $0,15 \text{ мг/дм}^3$ – це асинхронно до відносності з максимумом 1981р.

З 1992 року концентрація починає змінюватися у дуже широкому діапазоні з амплітудою $2,5 \text{ мг/дм}^3$. Зміни середньої річної концентрації синхронні з витратами води та припадають на багатоводну фазу. Синхронні коливання вмісту NO_3 зі стоком, спостерігаються і в 2000 роках.

За весь період спостережень, можливо виділити три максимум: у 1965 р. – $2,0667 \text{ мг/дм}^3$, 1996 р. – $2,5291 \text{ мг/дм}^3$ та 1998 р. – $2,4982 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 4).

Середнє багаторічне значення концентрації на р. Сіверський Донець – Печенізьке водосховище дорівнює $0,7107 \text{ мг/дм}^3$, це значно менше ніж у попередньому пункті

спостережень (табл. 1), C_v дорівнює 0,93. Перевишень ГДК не відбувалось за весь період спостережень.

Хронологічний графік концентрації нітритів на р. Сіверський Донець – Печенізьке водосховище (рис. 5) у більшості випадків синхронні з коливаннями середньорічних витрат води.

Максимальні значення вмісту NO_2 у воді, спостерігались у 1972 р. – $0,1475 \text{ мг/дм}^3$, 1987 р. – $0,1325 \text{ мг/дм}^3$ та 1993 р. – $0,1058 \text{ мг/дм}^3$. Мінімальна концентрація спостерігалась у 1963 р. – $0,0013 \text{ мг/дм}^3$. Середня багаторічна концентрація за весь період спостережень, дорівнює $0,1082 \text{ мг/дм}^3$ з коефіцієнтом варіації – 0,67 (табл. 1). За весь період спостережень перевищення ГДК відбувалось у максимумах 1972, 1980, 1987 і 1993 рр.

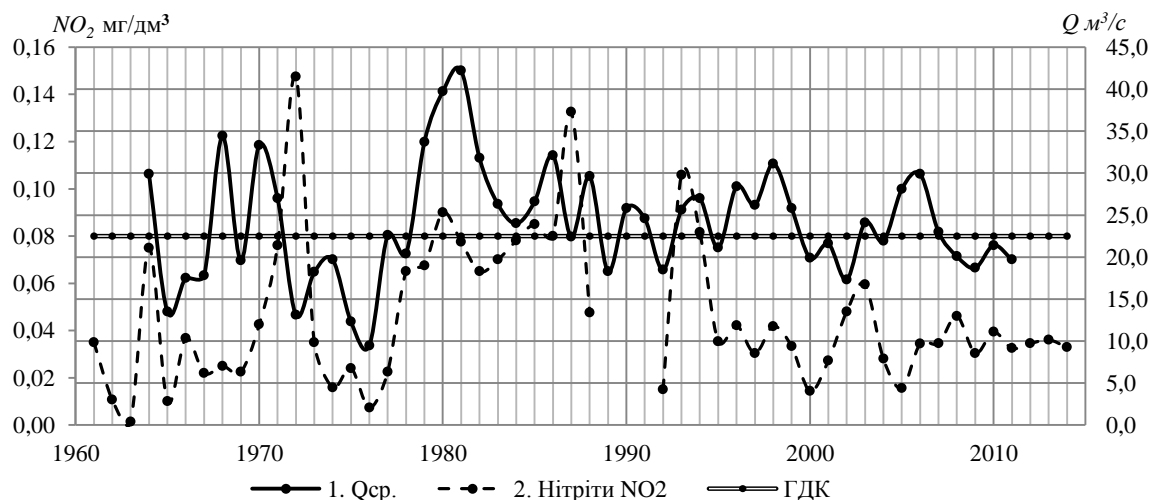


Рис. 5 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів NO_2 на р. Сів. Донець – Печенізьке водосховище

Спостереження за концентрацією фосфатів на р. Сіверський Донець – Печенізьке водосховище за даними СБ БУВР розпочалися з 1994 р. (рис. 6). Спочатку спостережень до 2001р. значення концентрації фосфатів асинхронні коливанням стоку. Починаючи з 2002 року, хронологічний графік

концентрації повністю синхронне з середньорічним витратам води. Середня багаторічна концентрація дорівнює $0,6539 \text{ мг/дм}^3$, коефіцієнт варіації становить $0,24$ (табл. 1). Значення середньорічної концентрації фосфатів перевищує ГДК за весь період спостережень.

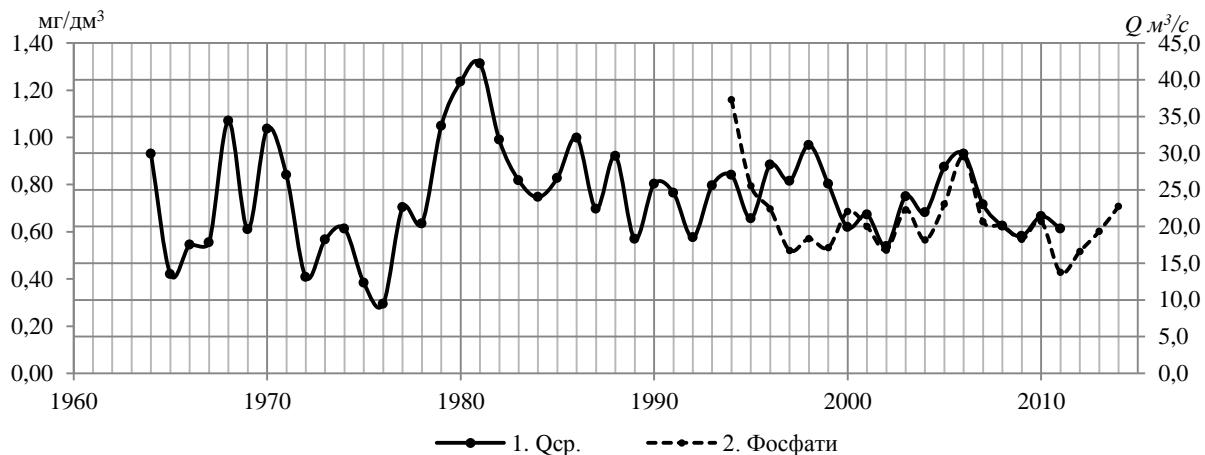


Рис. 6 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації фосфатів на р. Сів. Донець – Печенізьке водосховище

На посту р. Сіверський Донець – м. Чугуїв хронологічний графік концентрації нітратів (рис. 7) з початку спостережень 1967р. змінюється синхронно з витратами води до 1974 р., а починаючи з 1975р. концентрація практично не змінюється та знаходиться на мінімальному рівні. За весь період спостережень можливо виділити один максимум у 1998 році – $3,6191 \text{ мг/дм}^3$. Мінімум концентрації спостерігався у 1979 р. – $0,1000 \text{ мг/дм}^3$.

У 80-х роках хронологічний графік NO_3 асинхронний, спостерігається збільшення витрат води та зменшення концентрації. Починаючи з 1994 р. концентрації збільшуються у декілька разів. Середньобагаторічне значення концентрації за весь період спостережень дорівнює $1,0117 \text{ мг/дм}^3$, $C_v = 1,03$ (табл. 1). Перевищень ГДК не спостерігалось.

Концентрація нітритів на посту р. Сіверський Донець – м. Чугуїв змінюється без видимого зв'язку зі стоком (рис. 8).

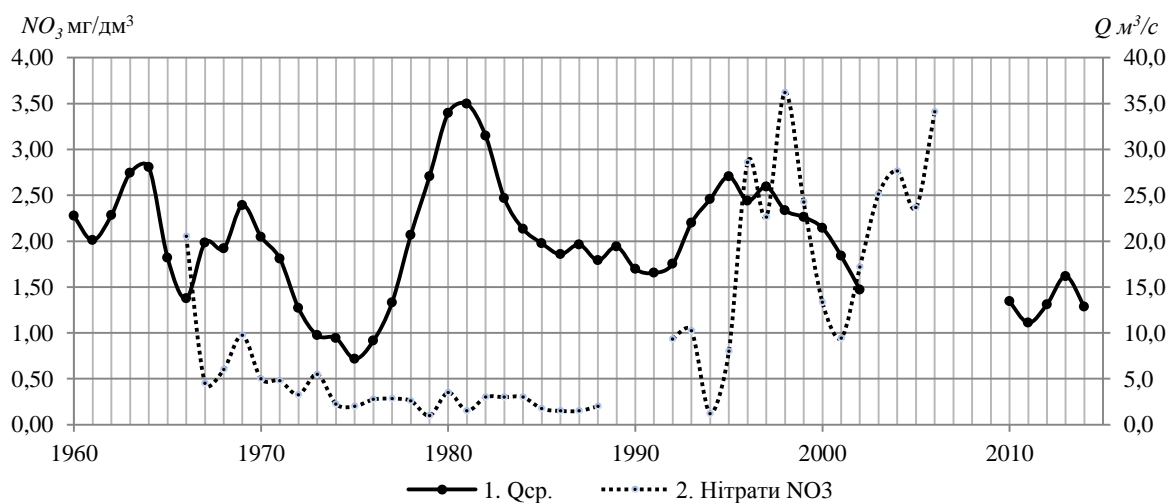


Рис. 7 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів NO_3 на р. Сів. Донець – м. Чугуїв

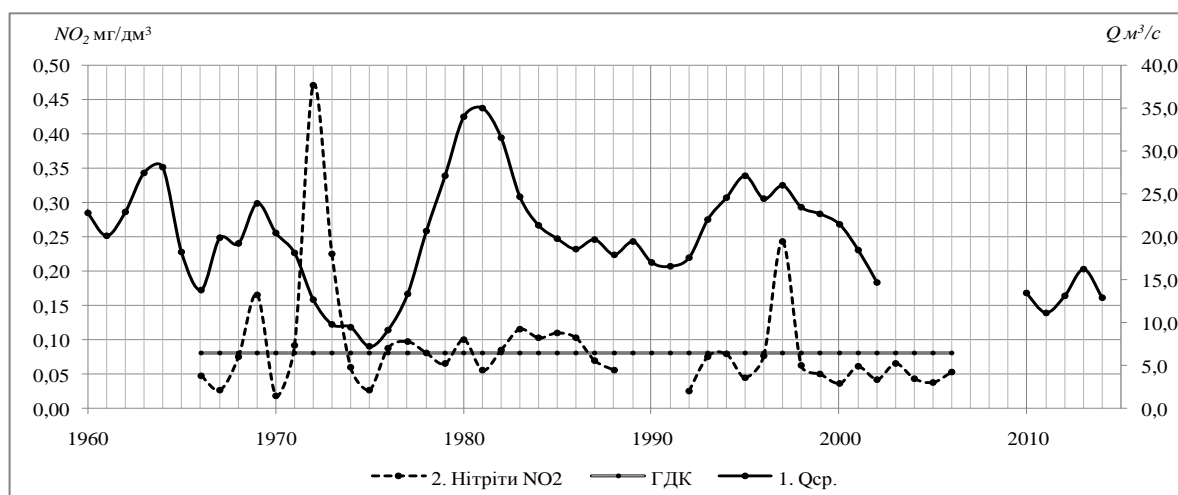


Рис. 8 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів NO_2 на р. Сів. Донець – м. Чугуїв

Максимами спостережень у 1972 році – $0,4700 \text{ мг/дм}^3$ та у 1997 р. – $0,2431 \text{ мг/дм}^3$. За весь період, мінімальні значення концентрації NO_2 , зафіксовані у 1970 р. – $0,0175 \text{ мг/дм}^3$, 1975 р. – $0,265 \text{ мг/дм}^3$, 1992 р. – $0,243 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 8). Середньорічна концентрація NO_2 дорівнює $0,0873 \text{ мг/дм}^3$, що вище за

ГДК для рибогосподарчих потреб, $C_v = 0,91$ (табл. 1). Перевищення ГДК спостерігалися у 1971-73 рр., 1976-77 рр., 1997 р.

Спостереження за фосфатами на посту Сіверський Донець – м. Чугуїв почалось у 1994 році зміни відбуваються без зв'язку з середньорічними витратами води (рис. 9).

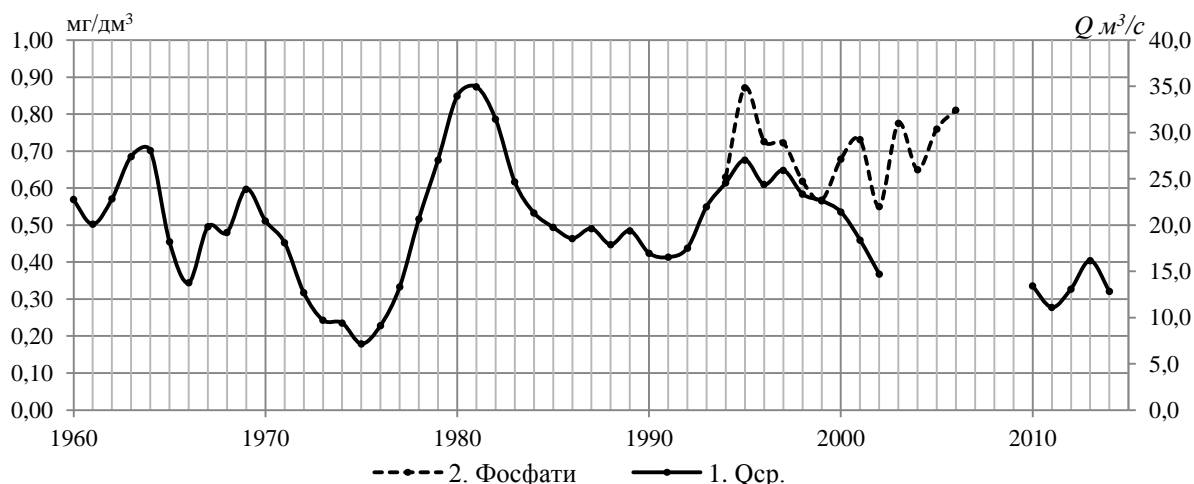


Рис. 9 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації фосфатів на р. Сів. Донець – м. Чугуїв

Середньорічне значення концентрації фосфатів дорівнює $0,6995 \text{ мг/дм}^3$, $C_v = 0,14$. Перевищення ГДК для рибогосподарчих потреб спостерігається за весь період спостережень.

Хронологічний графік, концентрації NO_3 , на р. Сіверський Донець – м. Зміїв, на початку спостережень, у 1961р., асинхронний коливанию стоку з максимумом у 1966 р. – $4,510 \text{ мг/дм}^3$, який відповідає мінімальній витраті води. Починаючи з 1967 р. кон-

центрація нітратів мало змінюється на мінімальному рівні (рис. 10). У 1994 році спостерігався мінімум за період спостережень – $0,200 \text{ мг/дм}^3$, далі значення NO_3 поступово збільшується до $12,0 \text{ мг/дм}^3$ та вже знаходяться на цьому рівні до кінця спостережень.

Середньорічна концентрація за весь період спостережень становить $4,9597 \text{ мг/дм}^3$, $C_v = 1,02$ (табл. 1). Це майже у 5 разів вище попереднього поста. Перевищення ГДК не спостерігається за весь період спостережень.

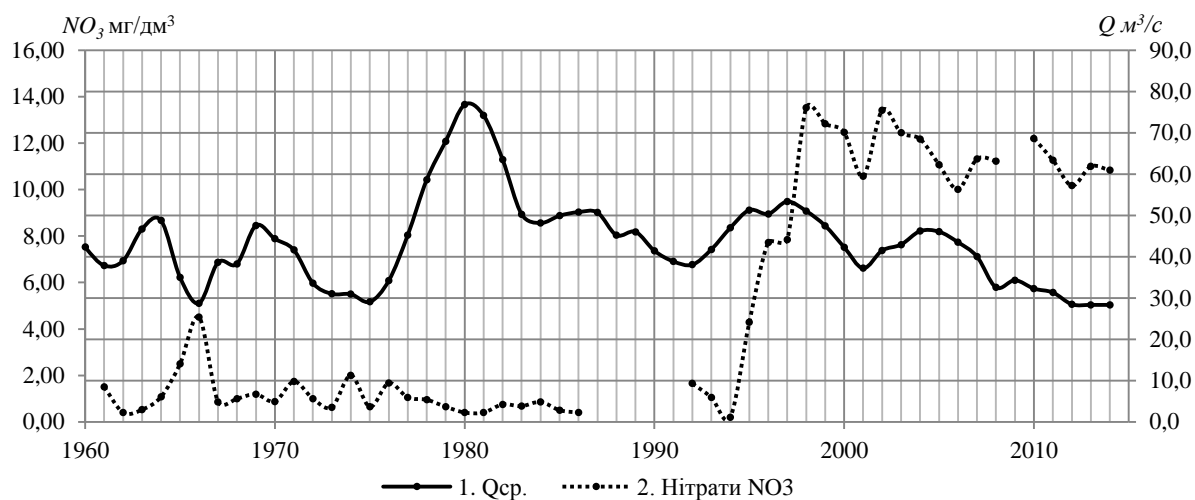


Рис. 10 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів NO_3 на р. Сів. Донець – м. Зміїв

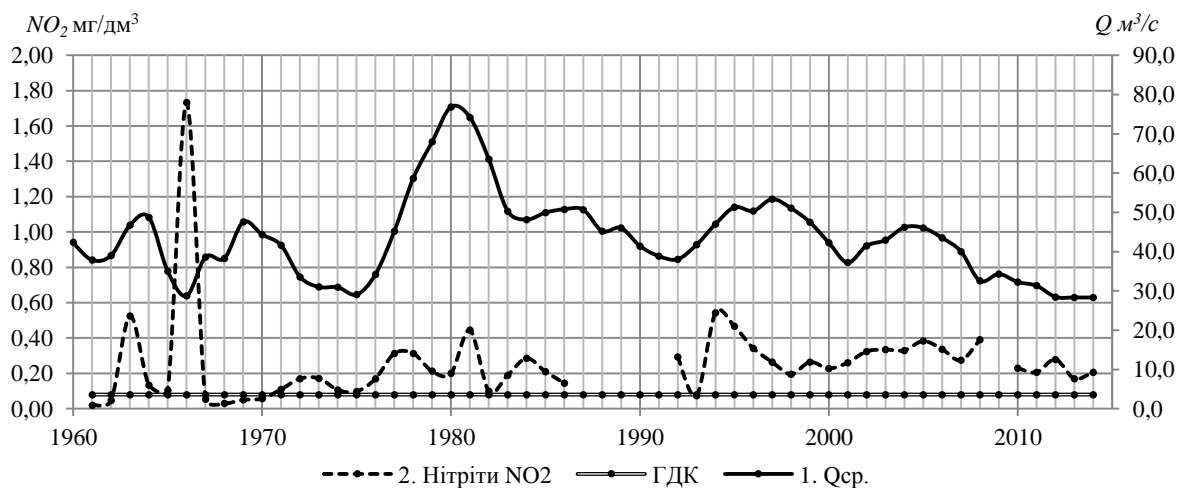


Рис. 11 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів NO_2 на р. Сів. Донець – м. Зміїв

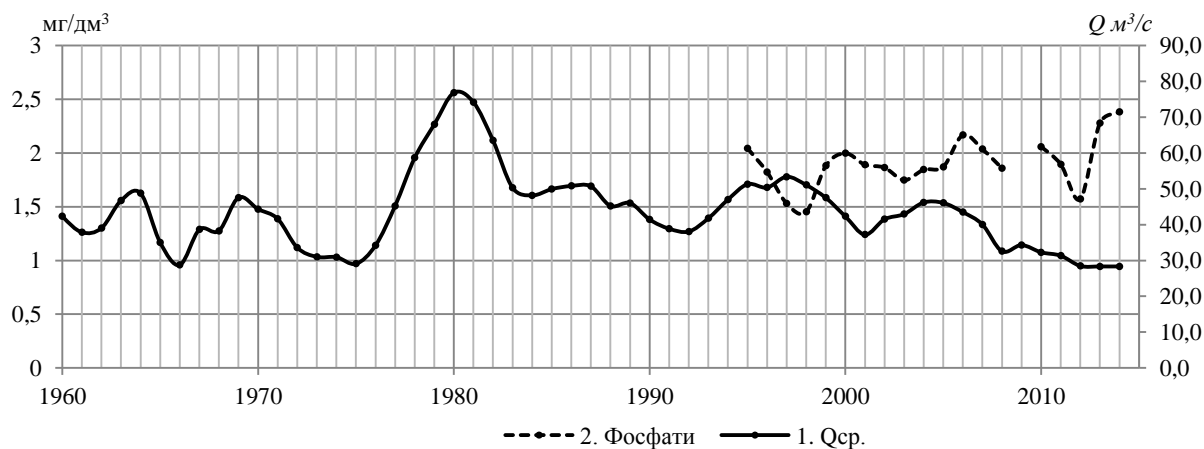


Рис. 12 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації фосфатів на р. Сів. Донець – м. Зміїв

Концентрація нітратів на посту р. Сіверський Донець – Зміїв у 60-х роках змінюється без видимого зв'язку зі стоком, з максимумом у 1966 р. – 1,733 мг/дм³ (рис. 11).

Середнє багаторічне значення концентрації дорівнює 0,2581 мг/дм³ з $C_v = 0,98$ (табл. 1). Це значення перевищує ГДК для рибогосподарських водойм, у 3 рази. Перевищення спостерігалось практично за весь період спостережень, за винятком у 1961-62 рр., 1967-71рр. та у 1994 р.

Зміни у концентраціях фосфатів на р. Сіверський Донець – м. Зміїв відбувались без зв'язку з водністю річки (рис. 12). Амплітуда дорівнює 1 мг/дм³. Середньорічна концентрація фосфатів за весь період спо-

стережень дорівнює 1,9 мг/дм³. Перевищення ГДК для рибогосподарчих потреб спостерігається за весь період спостережень.

Для аналізу концентрації біологічних сполук по довжині річки Сіверський Донець побудовано графік змін концентрації (рис. 13).

На кордоні з РФ пост с. Огірцеве концентрації середні багаторічні дещо перевищують ГДК для рибогосподарських водойм. Вміст NO_3 не перевищує ГДК. Далі за течією йде пост Печенізьке водосховище. На цьому посту концентрація біогенних елементів не перевищує ГДК та дещо менша за пост с. Огірцеве, на нашу думку це вплив Печенізького водосховища, яке є акумулятором води та хімічних сполук, що містяться у ній.

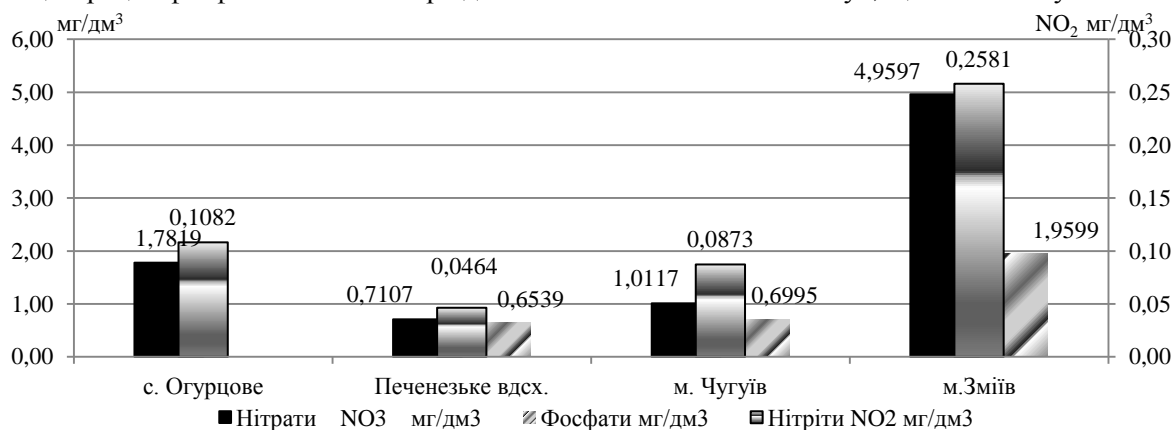


Рис. 13 – Зміна концентрації біогенних сполук по доважені р. Сів. Донець

Наступний пункт м. Чугуїв концентрації збільшуються для нітритів середня багаторічна концентрація на рівні ГДК. Далі за течією пост м. Зміїв де концентрація збільшується у декілька разів для NO_3 у 4 рази, NO_2 у 3 рази, фосфати у 10 разів.

Отримані результати є першим етапом більш широкого дослідження. Наступ-

ним кроком роботи планується розширити кількість постів по р. Сів. Донець та її приток.

Визначити природні та антропогенні фактори які впливають на формування змін стоку та концентрації біогенних сполук на території дослідження.

Висновки

1. Визначені цикли водності для р. Сіверський Донець на чотирьох досліджуваних постах. Періодичність фаз водності у середньому становить 3-5 років. Максимальна водність спостерігалась у 1978-1984 рр., з максимальним середньорічним значенням у 1980 році. Тривалість цього багатогодового циклу 10-13 років. З 2000 років на річці спостерігається фаза мінімальної водності.

2. Середньорічна концентрація біогенних сполук, на досліджуваних постах не має тісного зв'язку з циклічністю водності у

річці, крім спостережень на Печенізькому водосховищі. На якому концентрації нітритів та фосфатів змінюються синхронно з середньорічними витратами води.

3. Обчислені значення коефіцієнту варіацій середньорічних концентрацій біогенних речовин. Аналіз цих розрахунків показує, що концентрації фосфатів змінюються з року у рік слабо, на відміну від концентрацій нітритів та нітратів.

4. Середньорічна концентрація нітратів NO_3 має загальну тенденцію для всіх постів. У 60-х та 70-х роках вона змінюється

ся, у більшості випадків, асинхронно з водністю до кінця 70-х років, далі її значення знаходяться на мінімальному рівні (водність річки максимальна), до середини 90-х років. Починаючи з середини 90-х її значення дуже суттєво збільшуються у 3 – 4 рази. Перевищення концентрації ГДК на всіх постах відсутні.

5. Середньорічна концентрація нітритів NO_2 зменшується однаково для всіх постів. Хронологічний графік коливається без видимого зв'язку зі стоком води, крім поста Печенізьке водосховище де зміни відбуваються синхронно з витратами води. Середнє багаторічне за весь період спостережень перевищує ГДК на постах: с. Огірцеве та м. Зміїв.

6. Середньорічна концентрація фосфатів змінюється синхронно з середньоріч-

ними витратами води, на посту Печенізьке водосховище та інших постах відбуваються зміни без видимого зв'язку зі стоком води. Середньорічне значення перевищує ГДК для рибогосподарського призначення на всіх постах де проводились спостереження. Середнє багаторічне значення концентрації на посту м. Зміїв – $2,0 \text{ мг/дм}^3$ перевищує ГДК у 10 разів.

7. Зміна концентрації біогенних елементів по довжині р. Сіверський Донець відбувається не однозначно. На другому посту (Печенізьке водосховище) вона зменшується а далі починає збільшуватись з максимумом у останньому посту спостережень (м. Зміїв) де вона збільшується у декілька разів. Такі зміни доводять що на річці є суттєве антропогенне навантаження.

Література

1. Osadchy V., Osadcha N., Nabyvanets Ju. Chemical composition and water quality fsurface watersin Ukraine // Environmental Health Risk II, WIT Press, Southampton, Boston. 2003. 15-24.
2. Krainiukov O. M. Timchenko V. D. Economic consequences of anthropogenic water pollution (by using pechenizky reservoir as an example). Karazin University Journal of Ecology. 2018(19). 66-74.
3. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444с.
4. Гопченко Є.Д., Діденко Г.В., Довгич М.І. Особливості багаторічної мінливості річного стоку деяких річок України. Наук. праці УкрНДГМІ. 2007. Вип. 256. С. 223-232.
5. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки. Одеса: ТЕС. 2014. 484 с.
6. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм : (чинний від 09.08.1990). К: Міністерство рибного господарства СРСР. 1990. 45 с.
7. Крайнюков О. М. Сучасний екологічний стан водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. № 3-4. 2015. С. 71-77.
8. Клименко М. О., Вознюк Н. М., Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод [Електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів та природокористування. Київ, 2012. Вип. 1(30). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf (дата звернення: 12.04.2019).
9. Коробкова Г. В. Сучасний екологічний стан басейну річки Сіверський Донець в межах Харківської області. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія». № 14. 2016. С. 66-70.
10. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М. Аналіз чинників формування біогенного складу води річки Десна за допомогою сумарних та різницевих інтегральних кривих. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. Т. 1. С. 85-94.
11. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. веб-сайт. URL:<http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення: 12.04.2019).
12. Осадча Н.М., Осадчий В.І. Особливості формування хімічного складу поверхневих вод України у 2000 р. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. К.: Ніка-Центр. 2001. Т.ІІ. С. 379 – 389.
13. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів. Про Управління. веб-сайт. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua>(дата звернення: 12.04.2019).
14. Ресурси поверхностных вод СССР: Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 3. Бассейн Северского Донца и рек Приазовья. / Под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 492 с.
15. Самарина В.П. Пространственно-временная изменчивость биогенных веществ в воде р. Оскол. Вод. ресурсы. Т. 35. №3. 2008. С. 364-369.
16. Сучасний екологічний стан української частини річки Сіверський Донець (експедиційні дослідження) / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, А.В. Колісник та ін.: Х.: ВПП «Контраст», 2011. 340 с.
17. Ухань О. О., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Манченко А. П. Особливості формування хімічного складу поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець. Наук. пр. УкрНДГМІ. 2002. Вип. 250. С. 262–277.
18. Ухань О.О., Осадчий В.І. Вплив природних та антропогенних чинників на формування режиму біогенних елементів у поверхневих водах басейну Сіверського Дінця. Наук. праці УкрНДГМІ. 2011. Вип. 261. С. 163-178.

References

1. Osadchy, V., Osadcha, N., Nabyvanets, Ju. (2003). Chemical composition and water quality of surface waters in Ukraine. *Environmental Health Risk II, WIT Press, Southampton, Boston*. 15-24 [in English].
2. Krainiukov, O. M. Timchenko, V. D. (2018). Economic consequences of anthropogenic water pollution (by using pechenizky reservoir as an example). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*. (19). 66-74 [in Ukrainian].
3. Alekin, O.A. (1970). Osnovy gidrohimii [Basics of hydrochemistry]. *Leningrad: Gidrometeoizdat*,. 444 [in Russian].
4. Gopchenko, Ye. D., Didenko, G.V., Dovgy`ch, M.I. (2007). Osobly`vosti bagatorichnoyi minly`vosti richnogo stoku deyaky`x richok Ukrayiny`. [Features of long-term variability of annual runoff of some rivers of Ukraine]. *Naukovi praci UkrNDGMI*, (256), 223-232 [in Ukrainian].
5. Gopchenko, Ye.D., Loboda, N.S., Ovcharuk, V.A. (2014). Gidrologichnirozrakhunky`. [Hydrological calculations. Tutorial]. *Odesa: TES*. 484 [in Ukrainian].
6. Grany`chno dopusty`mi znachennya pokazny`kiv yakosti vody` dlyary`bogospodars`ky`xvodojm. Zagal`ny`jperelik GDK i OBRV shkidly`vy`xrechovy`ndlyavody` ry`bogospodars`ky`xvodojm (chy`nny`j vid 09.08.1990). [Maximum allowable values of water quality indicators for fishing reservoirs. General list of MAC and OBRV of harmful substances for water in fish-water reservoirs (effective from 08.09.1990)]. K.: *Ministerstvo ry`bongo gospodarstva SSSR*. 45
7. Krajnyukov, O. M. (2015). Suchasny`j ekologichny`j stan vodny`x ob`yektiv basejnu richky` Sivers`ky`j donecz`. [The current ecological state of water bodies of the Seversky Donets river basin] *Lyudy`na ta dovkillya. Problemy` neoekologiyi*. (3-4). 71-77 [in Ukrainian].
8. Kly`menko, M. O., Voznyuk, N. M., Verbecz`ka, K. Yu. (2012). Porivnyal`ny`j analiz normaty`viv yakosti poverxnevny`x vod. [Comparative analysis of surface water quality standards]. *Naukovi dopovidi Nacional`nogo universy`tetu bioresursiv ta pry`rodokory`stuvannya*. 1(30). Available at: http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf [in Ukrainian].
9. Korobkova, G. V. (2018) Suchasny`j ekologichny`j stan basejnu richky` Sivers`ky`j Donecz` v mezhax Xarkivs`koyi oblasti. [The current ecological state of the Siversky Donets River basin within the Kharkiv region.]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»* (14). 66-70 [in Ukrainian].
10. Luzovicz`ka, Yu. A., Osadcha, N. M. (2017). Analiz chy`nny`kiv formuvannya biogennogo skladu vody` richky` Desna za dopomogoyu sumarny`x ta rizny`cevy`x integral`ny`x kry`vy`x. [Analysis of the factors of formation of the nutrient composition of the Desna River water with the help of total and difference integral curves]. *Gidrologiya, gidroximiya i g`idroekologiya*. K.: *Nika-Centr*. (1). 85-94.
11. Monitory`ng ta ekologichna ocinka vodny`x resursiv Ukrayiny. (2019). [Monitoring and ecological assessment of water resources of Ukraine. website]. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWater-Mon/GDKMap/Index> [in Ukrainian].
12. Osadcha N.M., Osadchy`j V.I. (2001). Osobly`vosti formuvannya ximichnogo skladu poverxnevny`x vod Ukrayiny` u 2000 r. [Features of formation of the chemical composition of surface waters of Ukraine in 2000] *Gidrologiya, gidroximiya i g`idroekologiya*. K.: *Nika-Centr*. (2). 379- 389 [in Ukrainian].
13. Sivers`ko-Donecz`ke basejnove upravlinnya vodny`x resursiv. Pro Upravlinnya. (2019). [Siversky-Donets Basin Water Resources Department. About Managing]. *Website*. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua> [in Ukrainian].
14. Kaganer, M. (1967). *Resursy` poverxnostny`x vod SSSR: Tom 6. Ukraina i Moldaviya. Vy`pusk 3. Bassejn Severskogo Don-cza i rek Priazov`ya*. [Resources of surface waters of the USSR: Volume 6. Ukraine and Moldova. Issue 3. Pool of the Seversky Donets and the rivers of the Azov Sea.]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 492 [in Russian].
15. Samarina, V. (2008). Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost` biogeny`x veshhestv v vode r. Oskol. [Spatio-temporal variability of nutrients in the water of the Oskol River.]. *Vod. resursy*. 35(3). 364-369 [in Russian].
16. Gry`cenko, A.V., Vasenko, O.G., Kolisny`k, A.V. (2011). Suchasny`j ekologichny`j stan ukrayins`koyi chasty`ny` richky` Sivers`ky`j Donecz` (ekspedy`cijni doslidzhennya) [The current ecological state of the Ukrainian part of the river Siversky Donets (expeditionary researches)]. Kharkiv: *VPP «Kontrast»*,. 340 [in Ukrainian].
17. Uxan`, O. O., Osadchy`j, V. I., Osadcha, N. M., Manchenko, A. P. (2002). Osobly`vosti formuvannya ximichnogo skladu poverxnevny`x vod basejnu r. Sivers`ky`j Donecz` [Features of formation of the chemical composition of surface waters of the river Siversky Donets river]. *NaukovipraciUkrNDGMI*,250. 262–277 [in Ukrainian].
18. Uxan`, O.O., Osadchy`j, V.I. (2011). Vply`v pry`rodny`x ta antropogenny`x chy`nny`kiv na formuvannya rezhy`mu biogeny`x elementiv u poverxnevny`x vodax basejnu Sivers`kogo Dincya. [Influence of natural and anthropogenic factors on the formation of the regime of biogenic elements in the surface waters of the Seversky Donets basin]. *Naukovi praci UkrNDGMI*, 261. 163-178 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 22.04.2019