

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КИЇВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ (ПОВІДОМЛЕННЯ 2: ЯКІСТЬ ВОДИ ТА ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ)

В.П. СТРОКАЛЬ,

кандидат педагогічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
Україна, м. Київ*

E-mail: vita.strokal@gmail.com;

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6876-1111>

А.В. КОВПАК,

*здобувач наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 101
«Екологія»*

E-mail: an.vs.kovpak@gmail.com;

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0588-1041>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
Україна, м. Київ*

Анотація. Стаття присвячена актуальній проблемі дослідження якості води Київського водосховища. В ній розкрито основні шляхи надходження хімічних елементів до водойми (у тому числі біогенних). Наведені дані стану води за хімічними показниками в розрізі років (2016-2021 рр.). В ході аналітичних досліджень з'ясовано, що у водоймі присутні значні перевищення концентрацій біогенних речовин (N, P, БСК, ХСК), які зумовлюють органічне забруднення, їхнє накопичення в водоймі відбувається природним (впливають фактори: температура повітря, напрямок вітру, інтенсивність течій водосховища), антропогенним шляхом (фактори впливу: інтенсифікація прогнозованих джерел забруднення як діяльність сільськогосподарських та промислових підприємств, будівництво на берегах водойми, скиди побутових відходів від житлово-комунальних господарств). До основних антропогенних джерел впливу на стан води є ТОВ «Агромас», ТОВ «Чіпси Люкс», ГЕС, несанкціоновані сміттєзвалища які є результатом відпочинку, стічні побутові відходи від комунальних господарств

та приватного сектору, розораність сільськогосподарських земель. Ще вагомими факторами впливу на стан води у водосховищі є нестабільна соціально-економічні (рівень розвитку держави та населення, рівень розвитку інноваційних технологій – наприклад очистки стічних вод) та політичні (нестабільна військова ситуація).

Ключові слова: Київське водосховище, гідрогеологічні умови, джерела забруднення, антропогенне навантаження на стан річки

Вступ.

Каскад Дніпровських водосховищ має комплексне призначення, оскільки забезпечує водопостачання промислових й сільськогосподарських центрів, населення міст та сіл. Київське водосховище, що є найвищим по каскаду, формує водний стік р. Дніпро, і має специфічні морфометричні особливості (гідрологічний, геологічний та біологічний режими, які розкриті у повідомленні 1) які дозволяють використовувати водосховище в гідроенергетиці, рекреації, зрошувальному землеробстві та рибному господарстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Гідрологи, біологи, екологи-агрохіміки, екологи-радіобіологи та екологи-аналітики у своїх працях виокремлюють основні екологічні проблеми функціонування водосховищ держави. Вивчення ступеня забруднення біогенними та органічними речовинами Київського та Канівського водосховищ, використовуючи метод біоіндикації для встановлення типу забруднення займалися вчені Klochenko P.D., Shevchenko T.F. (2019) [21]. Екологічні умови Київського водосховища та кондиційні фактори які є необхідними для риборозведення досліджували V. Litvinenko, G. Kotovska, O. Buzevitch,

D. Khrystenko (2021) [12, 22]. Дослідження щодо особливостей формування радіоактивного забруднення вищих водних рослин Київського водосховища представлені у працях Volkova E.N., Belyaev V.V., Prishlyak S.P. та інших [10, 20, 23]. Рівень радіонуклідного забруднення водойм Київського водосховища та рухливість радіонуклідів у водних екосистемах розкрито у працях М.І. Кузьменко, Д.І. Гудков [30]. Дослідження екологічного стану води Київського водосховища потребує постійного вивчення через вплив антропогенних факторів, наслідків військової агресії для водних ресурсів.

Матеріали та методи досліджень.

Мета – оцінити антропогенний вплив на стан води Київського водосховища та визначити основні джерела впливу. Методика досліджень враховувала системний підхід, зокрема був проведений аналіз даних води за хімічними показниками (2016-2020 рр. – моніторингові дані; 2021 – власні дослідження).

Аналіз проб води проходив протягом 2021-2022 років на базі двох лабораторій, що є підрозділами Національного університету біоресурсів і природокористування України: Українська лабораторія якості і безпеки продукції агропромислового комплексу НУБіП України, акреди-

тована Національним агентством з акредитації України відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT), атестат про акредитацію зареєстрований в Реєстрі НААУ від 06 травня 2021 р. за № 20724; вимірювальна лабораторія якості води питної природної, стічної кафедри аналітичної, біонеорганічної хімії та якості води (сертифікат №ПТ 403/19). Варто зазначити, що між факультетом захисту рослин, біотехнологій та екології та лабораторією УЛЯБП НУБіП України укладений двохсторонній внутрішній договір про співпрацю у сфері наукових досліджень (https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/ugoda_vnutrishnyanya_mob_ulyabp.pdf).

Результати дослідження та їх обговорення.

Загалом більша частина водосховища перетворена на водно-болотні угіддя складної структури, що мають антропогенне походження [12]. Дослідження багатьох вчених [9-10; 12-15] щодо абіотичних та біотичних компонентів Київського водосховища дозволяють його віднести до категорії «антропогенно порушених екосистем». Антропогенне навантаження на стан водосховища носить системний характер. Це пов'язано із низкою чинників, які впливають на внутрішні та зовнішні процеси водойми. Досліджуючи проблему антропогенного навантаження на водну екосистему Київського водосховища, основна увага була зосереджена на антропогенних джерелах забруднення, які можуть погіршити стан, а також на аналізі основних шляхів надходження небезпечних речовин

(наприклад важких металів) до водойми.

Зокрема, слід зазначити, що у донних відкладах водосховища існує значна частина радіоактивних елементів (цезію-137, стронцію-90 та плутонію-239), що зумовлене аварією на ЧАЕС [10]. Дана ситуація пояснюється історичною довідкою з початку створення Київського водосховища (1964-1966 рр.) [18], де води водосховища затопили майже всю заплаву Дніпра, нижче від падіння р. Прип'ять – заплави пониззя Прип'яті та Тетерева. Відповідно, після того як сталася техногенна аварія на атомній електростанції в м. Чорнобиль (26.04.1986 р.) – води забрудненої річки Прип'ять та прилеглі водотоки почали в першу чергу надходити до Київського водосховища, і з часом акумулювалися в донних відкладах [10]. У дослідженнях вчених [20] підкреслено важливість ведення радіоекологічного моніторингу у водах Київського водосховища, оскільки вода з відти використовується як джерело питної та зрошувальної води. За даними програми 2022 року Safecast bGeigie Nano [19] радіаційний фон значно підвищився, що пов'язано із захопленням ЧАЕС під час повномасштабного вторгнення Російської Федерації до України (рис. 1).

Слід зазначити, що лівий берег Київського водосховища є найбільш привабливим для відпочинку. Проте, не слід забувати, що дно водосховища вкрите радіаційним мулом, а при високих температурах влітку (+30), водорості водосховища починають активно розмножуватися, спричинюючи «цвітіння» водойми. Звісно, температура є лише природнім фактором впливу на «цвітіння» водойми, сюди варто ще віднести ряд антропоген-

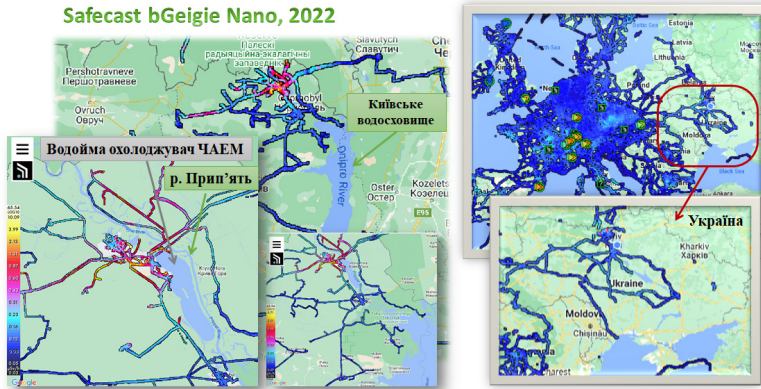


Рис. 1. Радіаційний моніторинг у Чорнобилі та інших частинах України в режимі он-лайн, станом на 21 липня 2022 року [19]

них чинників, зокрема надходження біогенних елементів до водойми, про що описуємо нижче.

Надходження важких металів, хімічних та біогенних елементів різного походження залежить від фізико-географічних та соціально-економічних умов існування суспільства, а також від кліматичних умов екосистеми [12].

Шляхи потрапляння хімічних елементів до Київського водосховища залежать від інтенсивності урбанізації, фізико-географічних та кліматичних умов регіону, соціально-економічних умов розвитку держави. В ході теоретичного аналізу літератури, синтезу наукових досліджень вчених з гідробіології, хімії, екології, та на основі власних досліджень виокремлюємо три основні шляхи:

- *Перший шлях – природній:* хімічні елементи (в т.ч. і важкі метали) можуть надходити через продукти абразії берегів, русла водойми, води приток (зокрема р. Прип'ять) [12]; процеси абразії спостерігаються у берегах водосховища – абразійно-зсувні та абразійно-обвальні бе-

реги з часів утворення водосховища сформувалися на правому його березі з с. Мижгір'я до с. Старі Петрівці [18], а також під час наших виїзних експедицій є підтвердженими; обвали та осипи спостерігаються від с. Сухолуччя до гирла р. Ірпінь та вздовж його (рис. 1).

- *Другий шлях – антропогенний:* визначається високим ступенем урбанізації (будівництво, яке призводить до накопичення значних відходів у водоймі) [12], сільськогосподарські та житлово-комунальні підприємства [6-7] (стічні води, які містять: а) біогенні речовини, що викликають евтрофікацію [6], нестачу кисню у водоймі [12], підвищують рівень азотовмісних сполук у водоймі [11]; б) важкі метали, що зумовлюють забруднення водойми і спричиняють її непридатність до риборозведення та інших видів користування [12]), сільськогосподарської активності [6-7] (застосування пестицидів – токсичні речовини, їх сполуки або суміші речовин хімічного чи біологічного походження, призначені для знищення, регуляції та припинення розвитку шкідливих організмів; агро-

хімікатів – органічні, мінеральні, бактеріальні добрива, хімічні меліоранти, регулятори росту рослин та інші речовини, що застосовуються для підвищення родючості ґрунтів, урожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості рослинницької продукції).

• *Третій шлях – змішаний:* поєднує кліматичні умови з антропогенною діяльністю (атмосферні опади: здатні переміщувати сконденсовані поллютанти від великих промислових об'єктів у водойму, при цьому немає значення на якій відстані знаходиться забруднювач-підприємство [12]; вітрова та водна ерозія: процеси здатні переміщувати забруднювачі до водойми в результаті повеней та вітрів [6])

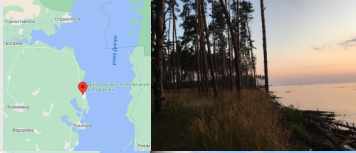

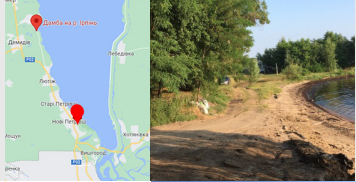
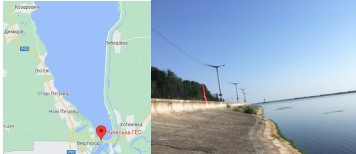
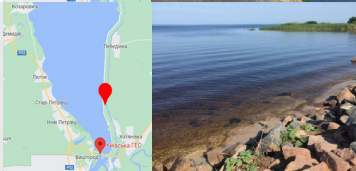
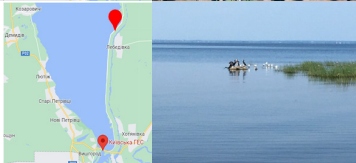
Проте в даний час варто виокремити ще один можливий шлях надходження різних елементів до водойми. Зокрема одним із шляхів надходження хімічних речовин до водойми з 2022 року виокремлюємо – військову активність. Науковці Академії наук України спрогнозували характер затоплення територій Київщини, спричиненого російським вторгненням. Зокрема інтенсивні бойові дії на північному заході від Києва та ушкодження дамби Ірпінського гідровузла призвели до загрози затоплення берегів Дніпра та сіл Казаровичі й Демидів [5, 26].

Нами були здійснені експедиційні дослідження протягом 2021 року з врахуванням сезонності (весна – квітень; літо – липень; осінь – жовтень; зима – початок лютого). Місяця для дослідження були виокремлені залежно від прогнозованих джерел впливу на стан водної екосистеми, джерела забруднення висвітлені у працях [6-7]. Загалом всі проби води

поділили на основні 6 точок, які тим чи іншим чином пов'язані із впливом антропогенної діяльності (або військової) на стан якості води у водосховищі. Характеристика їх наведена у таблиці 1. Кожна з цих точок включала три проби води, які після аналізу, нами були усереднені. В ході експедицій нами було встановлено, що на правому березі водосховища спостерігаються абразійно-обвальні осипні берега. Вздовж берегів сіл Лютіж та Старі Петрівці – берега мають осипи та обвали, також поблизу відбувається великомасштабне будівництво. Слід зазначити що вздовж правого берега загалом знаходяться приватні садибні ділянки, які на 75 % не мають централізованого водовідведення, а земельні ділянки піддаються постійному розоренню. Також на цьому боці знаходяться сільськогосподарські та промислові підприємства (ТОВ «Чіпси Люкс», ТОВ «Агромас»). Ліва сторона Київського водосховища загалом представлена значною кількістю баз відпочинку, оскільки територія відноситься до природних зон з лісопарковими масивами.

Вздовж даної лінії біля берегів нами було неодноразово встановлено низку несанкціонованих сміттєзвалищ (включаючи мікро- та макропластик у водоймі), задуха риб, активне розмноження водоростей у літній період. Реалії нашої експедиції виходять з того що слід розуміти, з одного боку ліві берега водосховища мають досить красивий краєвид з водою, камінням, білим піском та лісом, з іншого боку – в деяких частинах знаходяться затоплені села із кладовищами під зеленою водою з жовтою піною та купою сміття після відпочивальників.

1. Характеристика об'єктів дослідження Київського водосховища

Точки відбору	Характеристика об'єктів дослідження вздовж каскаду Київського водосховища річки Дніпро	Схема відбору проб з авторською фото-фіксацією
1	Дніпровсько-Тетерівський заповідник; с. Сухолуччя, Вишгородський р-н, Київська обл., розташоване на берегах Київського водосховища; зверху від точки відбору впадає р. Прип'ять та р. Тетерів	
2	с. Козаровичі, Вишгородський р-н, Київська обл., розташоване на берегах Київського водосховища; біля гирла р. Ірпінь, поруч була дамба (з березня 2022 року її було зруйновано українськими військовими з метою запобігти захвату міста Київ); в р. Ірпінь впадає р. Кізка, біля якої було розташоване ТОВ «Агромас» (бренд «Гаврилівські курчата»)	
3	с. Нові Петрівці, Вишгородський р-н, Київська обл., розташоване на берегах Київського водосховища; нижче гирла р. Ірпінь; за 3 км. вище до с. Старі Петрівці знаходиться ТОВ «Чіпси Люкс»	
4	м. Вишгород, Київська обл., Київська ГЕС, питний водозабір м.Київ	
5	Київська дамба, Хотянівка, Вишгородський р-н., Київська обл., по дамбі Київського водосховища від ГЕС у сторону Лебедівки (за 10 км від ГЕС по дамбі); поблизу бази відпочинку «Shelest» та «Goodlife Park»	
6	Київська дамба, Вишгородський р-н., Київська обл., по дамбі Київського водосховища від ГЕС за селище Лебедівка (за 20 км від ГЕС по дамбі); поблизу «Кемпінг парк на Київському морі», «Зона для шашликів», «SunSet»	

Використовуючи напрацювання вчених, інтерактивну карту забрудненості річок в Україні на основі даних Державного агентства водних ресурсів України [8], нами були проведенні дослідження щодо визначення динаміки вмісту у водоймі сполук азоту,

фосфору, хлору, сульфатів, БСК₅ та ХСК за 2016-2020 роки. Дані дослідження були доповненні власними аналітичними даними за 2021 рік. Усі аналітичні дані були усереднені, оскільки основна мета дослідження стосувалася знаходження джерел

2. Хімічні показники стану води Київського водосховища за роками (усереднені дані)

Роки/точки відбору	PO ₄ ²⁻ , мг/дм ³						Cl ⁻ , мг/дм ³						SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
2016*	0,26	0,51	0,58	0,42	0,28	0,26	18,0	39,0	35,0	36,0	26,0	21,1	80,0	85,0	80,0	56,0	46,0	46,0
2018*	0,18	6,1	0,28	0,26	0,18	0,20	22,0	41,0	32,0	36,0	24,0	22,0	78,0	146,0	96,0	82,2	41,0	42,2
2020*	0,18	0,52	0,21	0,46	0,21	0,24	21,0	48,0	33,0	36,0	24,0	26,0	81,0	82,0	81,0	52,0	50,0	48,0
2021**	0,15	0,68	0,89	0,22	0,20	0,10	19,0	17,7	16,0	13,5	13,1	13,1	82,3	41,1	82,3	61,7	41,1	41,1
	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³						NO ₂ ⁻ , мг/дм ³						NH ₄ ⁺ , мг/дм ³					
2016*	8,2	18,0	8,2	14,5	19,5	12,0	0,08	0,32	0,41	0,21	0,12	0,10	1,0	1,0	1,1	0,5	1,1	0,9
2018*	15,0	21,0	8,2	20,1	18,0	14,1	0,08	0,18	0,18	0,25	0,10	0,10	1,0	1,1	1,1	0,8	1,2	1,1
2020*	17,5	19,0	8,1	18,2	18,5	11,8	0,04	0,17	0,12	0,12	0,08	0,08	0,9	4,2	0,8	0,36	1,0	0,9
2021**	16,0	16,0	12,1	37,2	3,2	3,2	0,03	0,1	0,8	0,1	0,01	0,01	1,25	1,01	1,2	0,95	1,07	1,07
	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³						БСК ₅ , мгО/дм ³						ХСК, мгО/дм ³					
2016*	7,8	8,2	8,1	7,2	6,2	6,8	4,2	6,2	6,4	9,1	5,8	6,2	20,2	18,4	25,8	28,0	18,6	20,2
2018*	7,5	2,8	6,0	6,4	6,6	6,4	4,2	10,2	6,4	6,4	6,2	5,8	20,5	25,1	28,1	30,2	26,5	24,3
2020*	6,8	5,2	6,1	6,8	6,7	7,2	4,6	6,4	5,1	3,8	5,8	5,8	22,4	22,4	20,6	26,8	22,4	21,5
2021**	3,8	4,9	4,7	6,0	6,0	5,8	3,8	4,8	4,2	4,6	4,5	4,5	-	-	-	-	-	-

* - усереднені дані за роками [8]

** - власні дослідження (усереднені дані за 2021-2022 рр.)

впливу, які можуть чинити негативний вплив на стан водойми.

Динаміка змін хімічних показників наведена у таблиці 2, демонструє органічне й біогенне забруднення (N,P, БСК, ХСК, розчинений кисень), а також хімічне забруднення водойми (Cl⁻, SO₄²⁻). Відповідно розгорнутий аналіз динаміки показників наведено на рисунках 2-10.

Причинно-наслідкові зв'язки надходження біогенних елементів (N, P) [6] до водойми показують суттєвий вплив наступних джерел забруднення: сільськогосподарська активність, що є наслідком потрапляння до водойми азотовмісних та фосфоровмісних елементів. Слід зазначити, що тваринництво, відсутність централізованого водовідведення у сільській місцевості, стічні води від промислових та сільськогосподарських підприємств – є основним чинником потрапляння вище наведених елементів до водойми водосховища.

Динаміка вмісту PO₄²⁻ (мг/дм³) у природних водах Київського водосховища наведена на рисунку 2.

Динаміка вмісту PO₄²⁻ (мг/дм³) у природних водах Київського водо-

сховища наведена на рисунку 5. Слід зазначити, що найбільший вміст за даним показником спостерігається в точках 2 (гирло річки Ірпінь) та 3 (нижче від гирла річки Ірпінь) протягом 2016-2021 років та зокрема у 2018 році. Важливе значення має норматив хімічного елементу у використанні води для різних потреб. Оскільки Київське водосховище використовується для господарсько-питного, рекреаційного, рибогосподарського призначення, відповідно важливо знати нормативи відповідно до призначення води. Для вище наведених видів використання вміст фосфору у водоймі має становити не більше – 3,5 мг PO₄/дм³ [7, 27, 28]. Відповідно, перевищення відносно нормативу є у точці 2, результатом чого є річка Ірпінь, яка у своєму складі має перевищення біогенних елементів у 2-3 рази (за даними [8]).

Вмісти показників азоту нітратного (NO₃⁻) та нітратного (NO₂⁻) наведені відповідно на рисунках 3 і 4. Найвищі їхні вмісти за показником NO₃⁻ знаходяться у водоймі досліджуваної точки 4 (Київська ГЕС), помірні значення його також є в точках 2, 3, 5

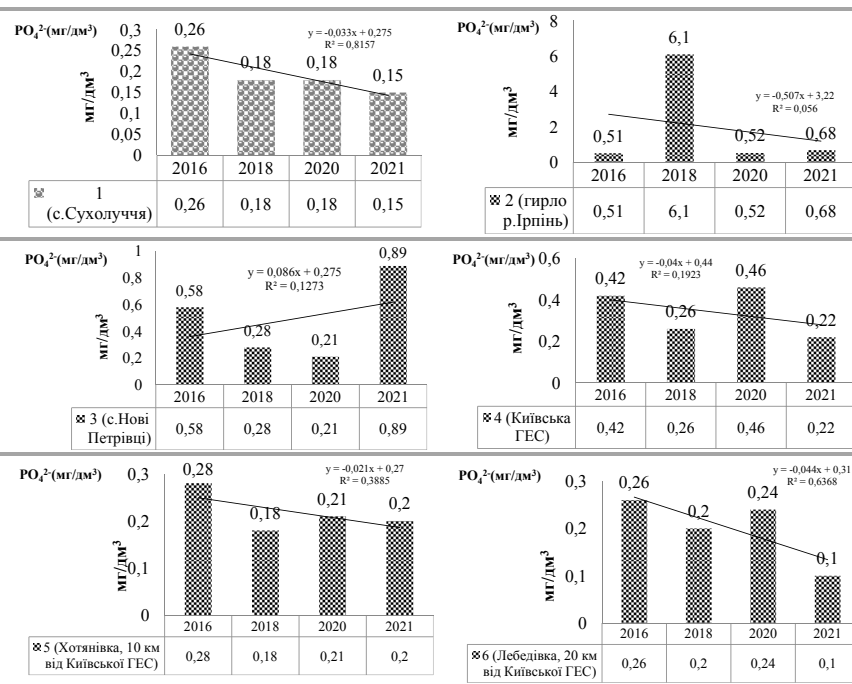
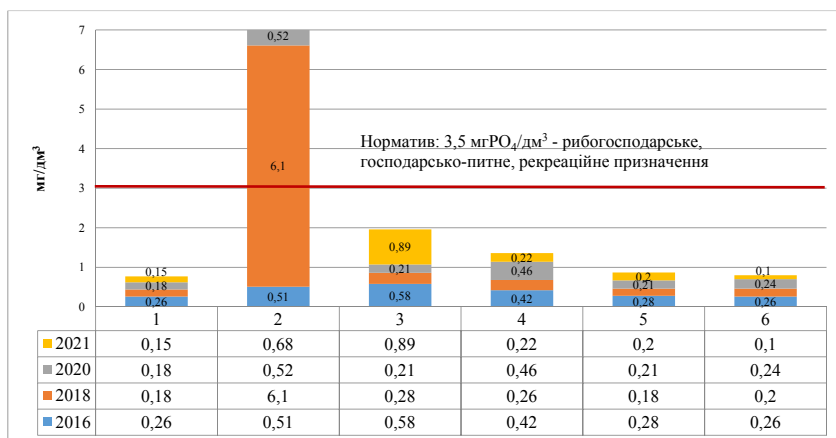


Рис. 2. Динаміка вмісту PO_4^{2-} (мг/дм³) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

(рис. 3). Щодо NO_2^- – найбільші значення є у водоймах точок 2, 3, 4. Прогнозованими джерелами забруднення (рис. 4). Порівнюючи значення із нормативами для господарсько-питного, рибогосподарського та рекреаційного призначення – небезпека є за

вмістом азоту нітритного (NO_2^-) для рибогосподарського призначення, оскільки значення в деяких точках перевищує до 5 разів (наприклад у точці 3 за 2021 рік значення становить - 0,8 при нормі 0,08 $mgNO_2^-/дм^3$ для розведення риб [7, 29]).

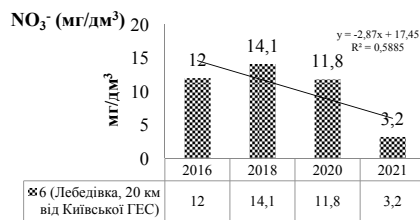
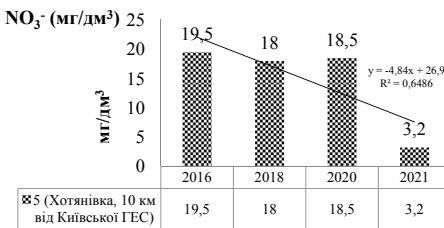
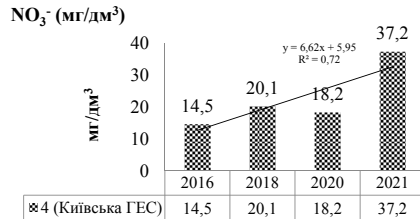
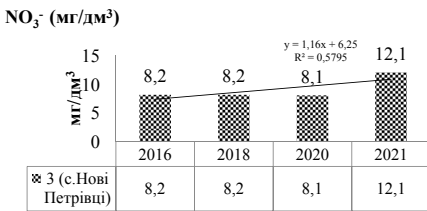
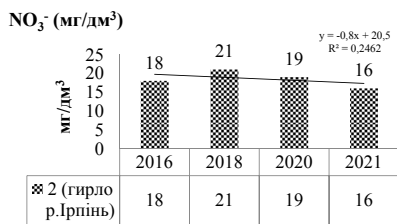
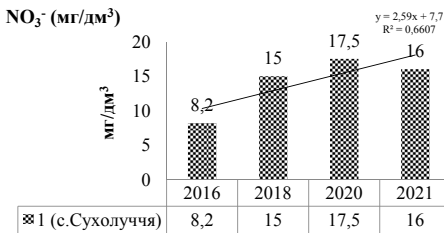


Рис. 3. Динаміка вмісту азоту нітратного NO₃⁻ (мг/дм³) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

Вміст показника азоту амонійного (NH₄⁺) перевищує нормативи у всіх досліджуваних точках (0,5 мг/дм³ для господарсько-питного, рекреаційного та рибогосподарського призначення [7, 27, 28]). Найбільша концентра-

ція спостерігається у гирлі р. Ірпінь (точка 2) – 4,2 мг NH₄⁺/дм³ (рис. 5).

Високі вмісти показників азоту амонійного свідчать про постійне органічне забруднення, що відбувається у водоймі Київського водо-

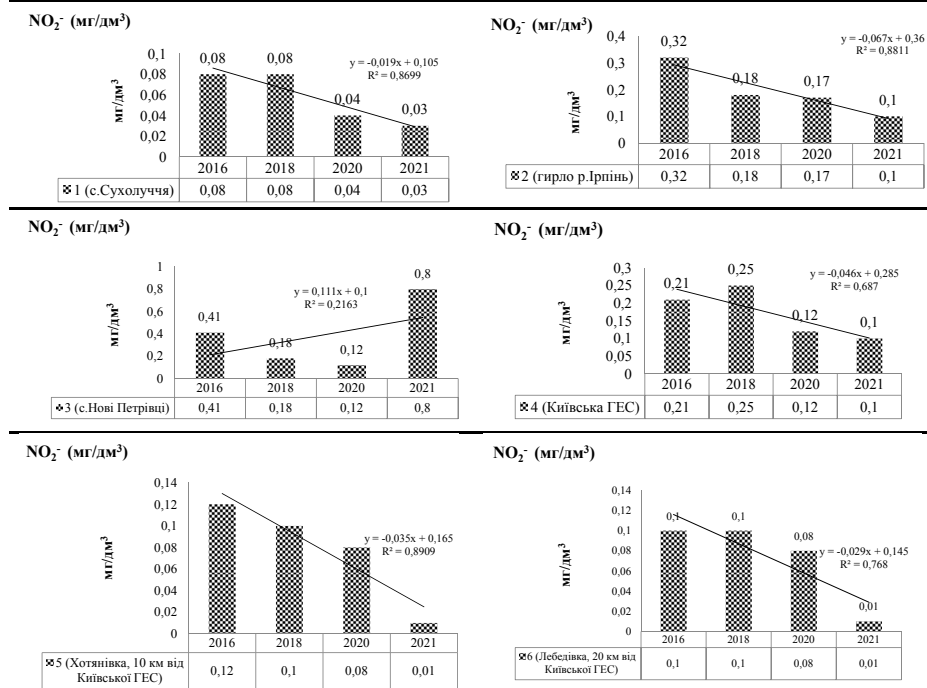
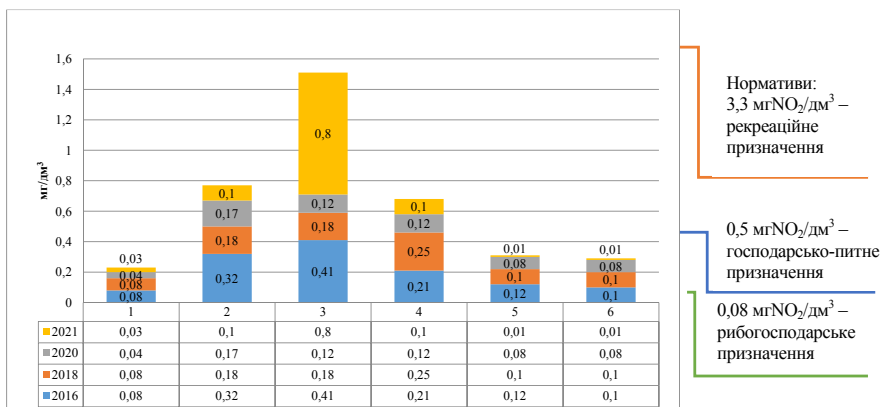


Рис. 4. Динаміка вмісту азоту нітритного NO₂⁻ (мг/дм³) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

сховища. Зокрема слід розуміти, що органічний нітроген має дві фази розкладання, I фаза – це у форму NH₄⁺; II фаза – у форми NO₃⁻ та NO₂⁻. Процеси перетворення NH₄⁺ відбуваються надзвичайно швидко, і якщо ми спостерігаємо перевищені показники

даної форми азоту – це є свідченням того, що постійно у водойму надходять біогенні елементи. Джерелом надходження біогенних елементів є органічні відходи що у свою чергу є продуктами тваринництва, сільськогосподарської діяльності (удобрення

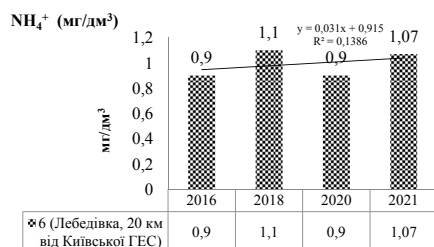
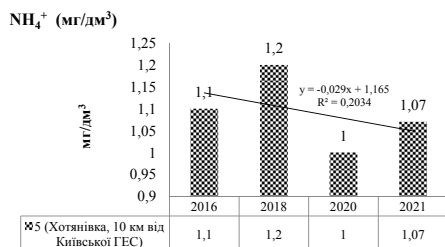
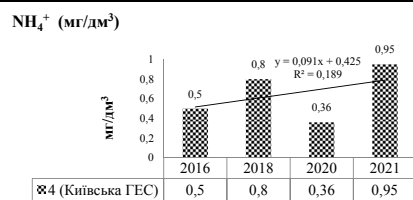
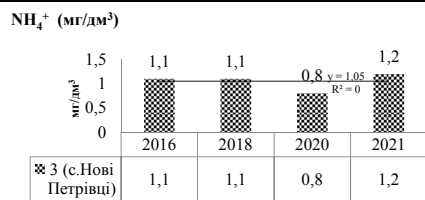
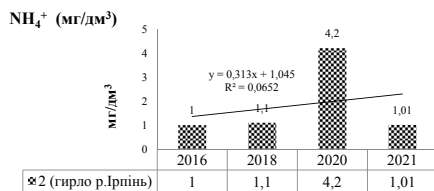
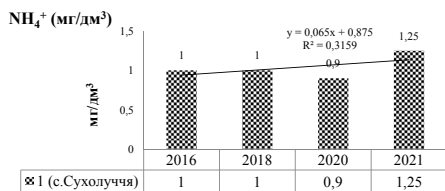
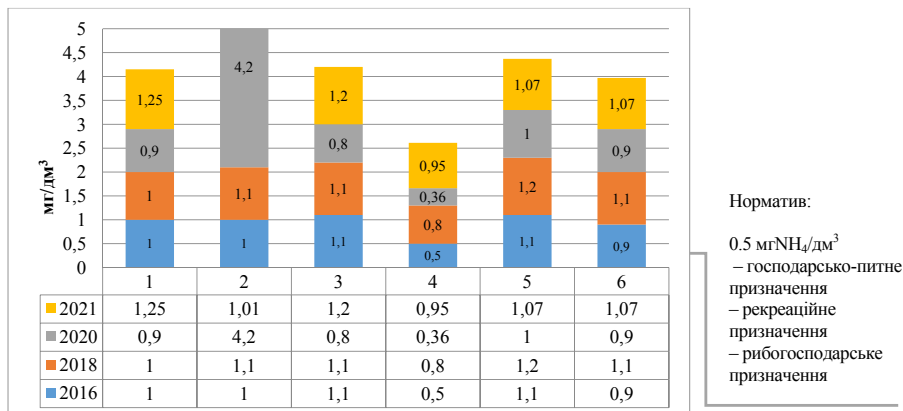


Рис. 5. Динаміка вмісту азоту амонійного NH₄⁺ (мг/дм³) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

культур на сільськогосподарських землях), житлово-комунальних господарств (скид неочищених/не доочищених стічних побутових вод), життєдіяльності людей у сільських місцевостях (відсутність підключення до централізованого водовідведення свідчить про значне накопичення

людських відходів на їхніх територіях проживання, це у свою чергу наявність вигрібних ям). Слід зазначити, що важливим при надходженні біогенних речовин до води є швидкість та напрямок течій водосховища. У повідомленні 1 наведено швидкість вітру та схема течій при якій буде

відбуватися рознесення шкідливих речовин по водоймі. Відповідно до течій можемо спостерігати міграцію біогенних речовин від джерела – гирло р. Ірпінь, води якої надходять до Київського водосховища) до Київської ГЕС.

Дослідивши ретельніше, видно, що суттєвий вплив щодо органічного забруднення водойми водосховища несуть води р. Ірпінь, зокрема до якої впадають води річки Кізка, які у свою чергу мають суттєвий вплив стічних зворотних вод ТОВ «Агромас» (відомий під брендом «Гаврилівські курчата»). Вище від гирла р. Ірпінь відповідно у водоймі Київського водосховища спостерігається значно менший вміст біогенних елементів (N,P), що дає нам зробити висновок про суттєвий вплив річок Кізка та Ірпінь на стан водойми Київського водосховища, особливо у досліджуваних точках 2-3. Також суттєвого біогенного забруднення спричинюють такі підприємства, як ТОВ «Чіпси Люкс» (біля точки 3), ГЕС (точка 4), продукти відпочинку людей (наявність несанкціонованих сміттєзвалищ в точках 5-6). Концентрації біогенних речовин, які надходять до водойми залежать від сезонності, і це в першу чергу зумовлене сільськогосподарською активністю. Найбільші значення спостерігаються у літку (липень-серпень), найменші концентрації – в зимовий період, коли біологічні, бактеріологічні та нітрифікаційні процеси є повільними.

Ще одним свідченням того, що у водоймі Київського водосховища відбуваються активні біохімічні процеси, які зумовлюють органічне забруднення – є перевищений вміст значень за показником БСК₅ та ХСК. Біологічне споживання кисню (БСК₅)

– показує ту кількість кисню, яка є необхідною для окиснення (розкладання) органічних речовин в 1 л води, аеробними бактеріями впродовж 5 діб без доступу до повітря і світла; є важливим екологічним показником стану природних вод. За результатами БСК₅ – всі досліджувані точки мають високі концентрації показника (рис. 6). Слід зазначити, що нормативи за показником БСК₅ становлять наступні: <4,0 мгО₂/дм³ – господарсько-питне призначення за даними ДСанПІН 2.2.4-171-10 (<5,0 за даними ВООЗ); ≤6,0 мгО₂/дм³ (при t=20) – рекреаційне призначення (СанПІН 4630-88); <3,0 мгО₂/дм³ – рибогосподарське призначення [29]. Слід також зазначити, що високі концентрації БСК свідчать про початок процесів нітрифікації.

Хімічне споживання кисню (ХСК) – визначається як кількість кисню, яка необхідна для хімічного окислення в одиниці об'єму води органічних і мінеральних речовин. Наявність високих концентрацій цих показників у водоймі є прямим доказом органічного забруднення (особливо фекального забруднення в результаті надходження побутових стоків до водойми та стоків від тваринницьких господарств). За даними (рис. 7) ми бачимо суттєве перевищення ХСК (Mn) відносно нормативу для господарсько-питних цілей (норма для питних цілей – 5,0 мгО₂/дм³[29]), не значне перевищення концентрацій (до 2 разів) – для рибогосподарських цілей (норма для риборозведення – 20,0 мгО₂/дм³[29]), відсутнє перевищення значень ХСК (Mn) для рекреаційного призначення (норма для рекреаційного використання – 30,0 мгО₂/дм³[29]).

Аналізуючи значення вмісту розчиненого кисню у водоймі (мгО₂/дм³)

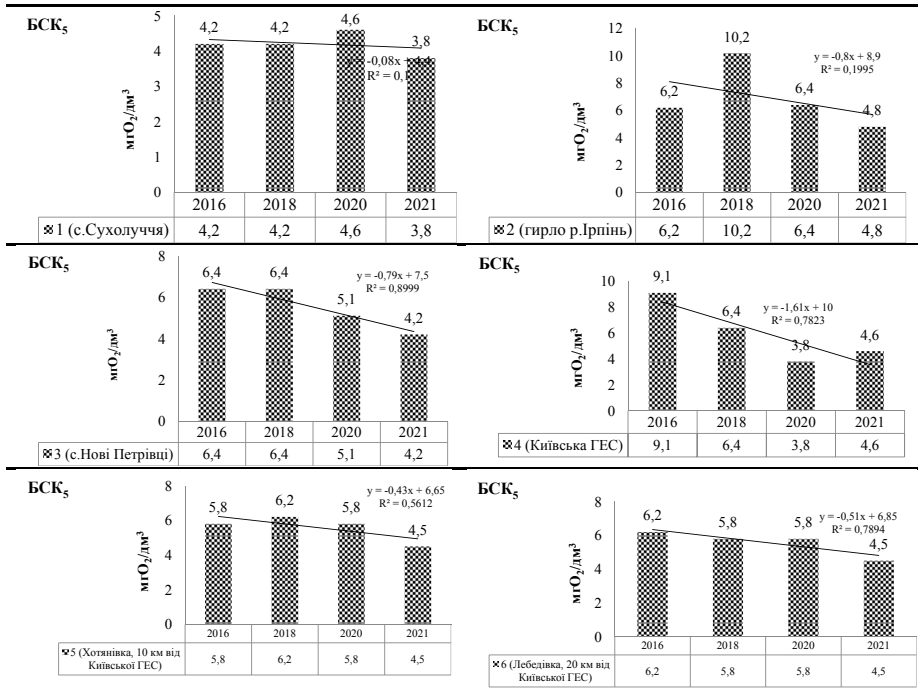


Рис. 6. Динаміка вмісту БСК₅ (мгО₂/дм³) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

зазначаємо, що концентрація його знаходиться практично на рівні норми. Зокрема для господарсько-питного та рекреаційного використання норма є $\geq 4,0$ мгО₂/дм³, для рибогосподарського – норма є вищою і ста-

новить $\geq 6,0$ мгО₂/дм³ [29]. За аналітичними даними, концентрація розчиненого кисню у воді знаходиться в межах 4,2-8,2 мгО₂/дм³ (рис. 8), що є придатною для використання у питних цілях та рекреації. Варто за-

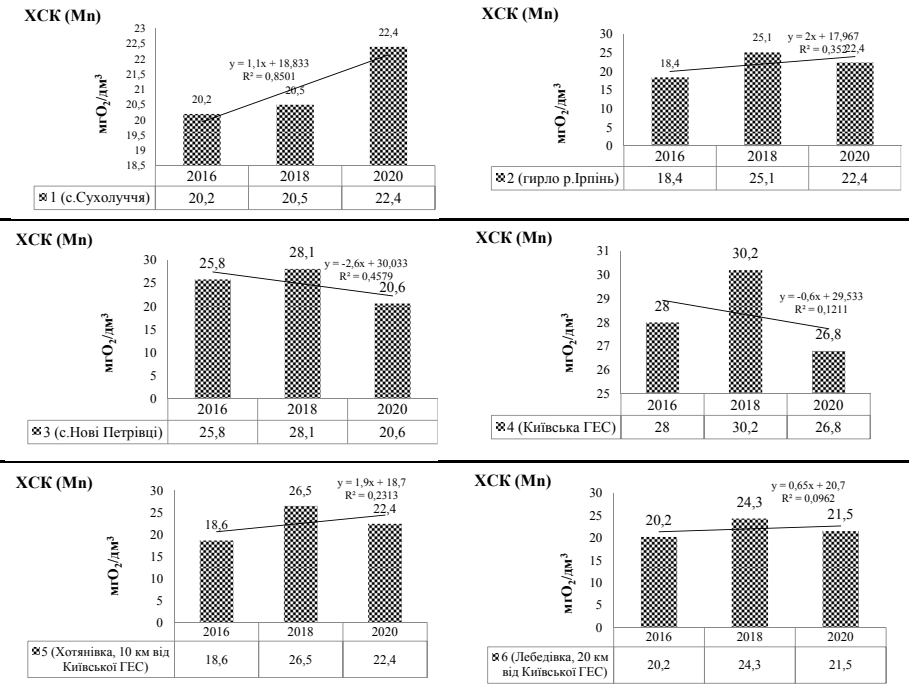
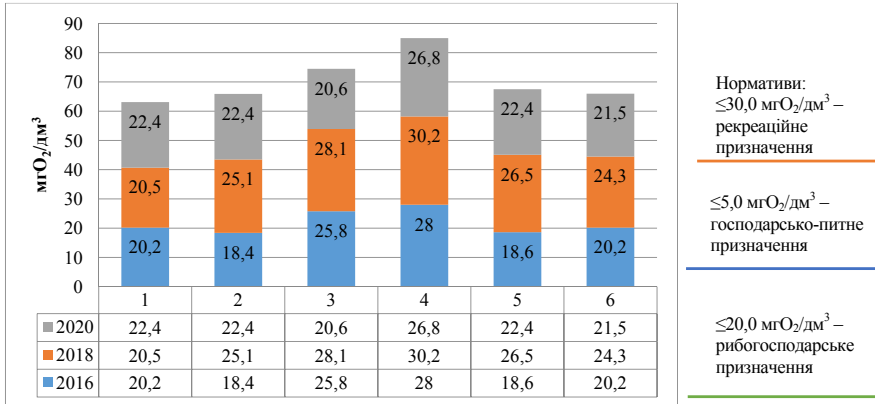


Рис. 7. Динаміка вмісту ХСК (Mn) (mgO_2/dm^3) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

значити, що даний показник є динамічним і залежить в першу чергу від температури повітря та сезонності.

Зокрема за високого вмісту органічних речовин у воді швидко розмножують аеробні бактерії і це зумовлює зниження вмісту розчиненого кисню,

створює гіпоксичні умови і загибель окремих видів гідробионтів.

Концентрації показників Cl^- та SO_4^{2-} (в mg/dm^3) знаходяться в межах норми, лише винятком є точка 2 (гирло р. Ірпінь), де відмічене значне перевищення за вмістом SO_4^{2-} зокрема



Рис. 8. Динаміка вмісту розчиненого кисню (mgO_2/dm^3) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

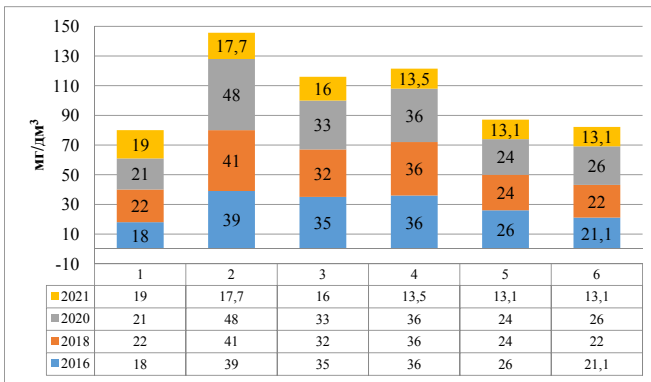


Рис. 9. Динаміка вмісту Cl (в mg/dm^3) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)

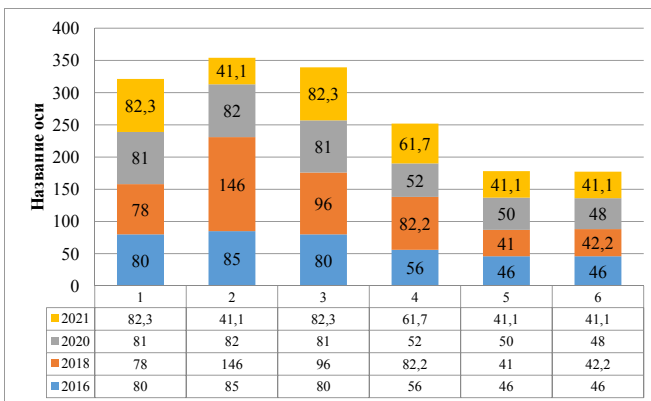


Рис. 10. Динаміка вмісту SO_4^{2-} (в mg/dm^3) у природних водах Київського водосховища (джерело: таблиці 1-2)



Рис.11. Антропогенне навантаження на водойми Київського водосховища (власна розробка на основі аналізу даних (рис.2-10))

для використання з метою риборозведення (рис. 9-10).

Нормами для показника Cl^- (в мг/дм³) в межах використання води є [29]:

- ≤350,0 мг/дм³ – для рекреаційного призначення;
- ≤250,0 мг/дм³ – для господарсько-питного призначення;
- ≤300,0 мг/дм³ – для рибогосподарського призначення.

Нормами для показника SO_4^{2-} (в мг/дм³) в межах використання води є [29]:

- ≤500,0 мг/дм³ – для рекреаційного призначення;
- ≤250,0 мг/дм³ – для господарсько-питного призначення;
- ≤100,0 мг/дм³ – для рибогосподарського призначення.

Варто зазначити, що співвідношення кількості проживаючих міського та сільського населення в регіоні Київського водосховища має суттєве значення. Це впливає в першу чергу

на процеси антропогенної активності та джерела впливу. Кількість сільського населення поблизу Київського водосховища перевищує міське. Це може свідчити про більший вплив відходів життєдіяльності людей у селах, оскільки у них відсутнє підключення до центрального водовідведення і відповідно – на територіях знаходяться вигрібні ями, які можуть бути причиною надходження біогенних речовин до водойми.

За результатами досліджень, як головний висновок щодо основного антропогенного навантаження на водойму, нами була розроблена схема, яка демонструє основні джерела забруднення та прогнозовані шляхи надходження речовин до водойми Київського водосховища (рис. 11).

Ще одним наслідком впливу на якість водойми київського водосховища є розпочаті військові дії з лютого 2022 року у зв'язку із повномасштабним вторгненням російської

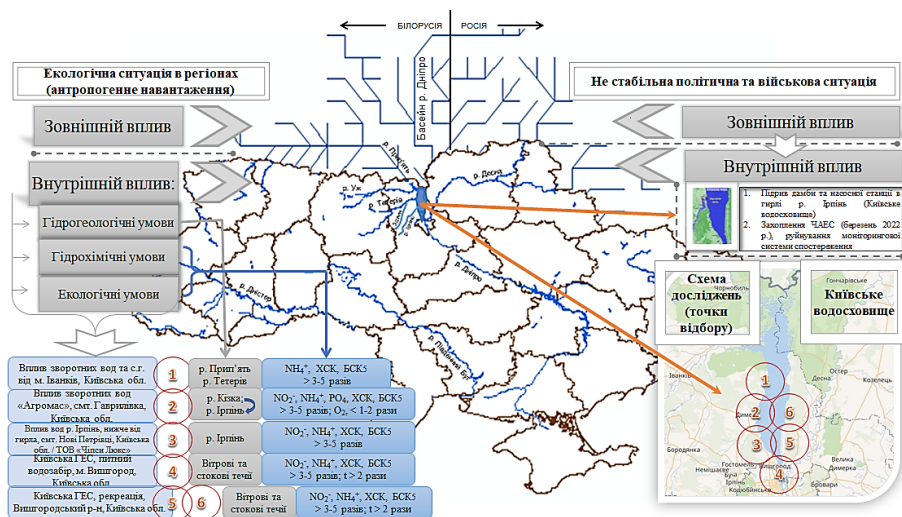


Рис.12. Джерела впливу на якісний стан води Київського водосховища (власна розробка; дані для побудови отримані із джерел [1-2; 5-8; 13-17; 24-28]; профіль карти України із нанесенням басейну річки Дніпро побудовано із використанням програми ArcGIS та shape files [3-4])

федерації на територію України. Це спричинило низку негативних явищ, які вплинули на якість водойми. Одними із таких явищ є – підірвані українськими військами дамби та насосної станції в гирлі р. Ірпінь (Київське водосховище) – з метою зупинення ворожої техніки у наступу до міста Київ; захоплення ЧАЕС (березень 2022 р.), руйнування моніторингової системи спостереження [5].

Нами була розроблена карта-схема, яка демонструє схему (рис.12) наших досліджень Київського водосховища, а також основні джерела впливу.

Відповідно існують внутрішні та зовнішні впливи на стан водойми водосховища. Нестабільна політична ситуація, низький рівень соціально-економічних заходів та неспроможність сільського населення забезпечити високоефективні систе-

ми водопостачання та водовідведення – створюють значні перешкоди до забезпечення якості водойми.

Висновки.

З'ясовано, що вплив антропогенних факторів на стан водосховища носить системний характер. У донних відкладах існують радіоактивні елементи, які є результатом аварії на ЧАЕС, а також радіологічну ситуацію погіршують небезпечні умови, які виникли під час окупації території ЧАЕС (лютий-березень 2022 р.). Проаналізовано екологічний стан води Київського водосховища за показниками, які є маркерами процесів нітрифікації. В ході проведених аналітичних досліджень дійшли до висновку, що у воді Київського водосховища присутні процеси органічного забруднення, основними маркерами якого

виступають перевищенні концентрації біогенних речовин (N, P, БСК, ХСК). Накопичення їх та надходження залежить від ряду природних (температури повітря, напрямку вітру та схеми течій водосховища), антропогенних (інтенсифікації прогнозованих джерел забруднення), соціально-економічних (рівень розвитку держави та населення, рівень розвитку інноваційних технологій – наприклад очистки стічних вод) та політичних факторів (нестабільна військова ситуація).

Визначено основні три шляхи надходження різних хімічних елементів до водойм Київського водосховища, це природний, антропогенний та змішаний. Ці шляхи показують нам напрями надходження біогенних елементів, накопичення яких зумовлює евтрофікацію водойм, спричинює замор аквакультури, створює несприятливі умови для рекреації. Також у статті конкретизовано антропогенне навантаження на стан водойми із поєднанням джерел забруднення води водосховища, до яких віднесено тваринництво, рослинництво та життєдіяльність населення.

Напрямки подальших досліджень.

Наступними дослідженнями вбачаємо продовження даної тематики, зокрема опираючись на вимоги до використання водойми у цілях зрощення та гідроенергетики.

References

1. Basin richky Dnipro: karta [Dnipro river basin: map]. Available at: <http://www.karty.by/2011/10/11/basyn-dnepr/> (in Ukrainian)
2. Hidrografichna sitka basiniv richok Ukrainy [Hydrographic grid of river basins of Ukraine]. Available at: <https://www.imbf.org/karty/images/detailed-rivers-map-of-ukraine-hq.jpg> (in Ukrainian)
3. MapCruzin: Ukraine ArcGIS Shapefile Map Layers. Available at: <https://mapcruzin.com/> (in English)
4. AmeriGEO: Ukraine – Subnational Administrative Boundaries. Available at: <https://data.amerigeoss.org/it/dataset/ukraine-administrative-boundaries-as-of-q2-2017> (in English)
5. Khilchevskiy V.K. (2022). Vodni ta zbrojni konflikty – klasyfikatsiini oznaky: u sviti ta v Ukraini [Water and armed conflicts - classification features: in the world and in Ukraine]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. №1(63). 6-19. Available at: https://hydro-chemistry-ecology.knu.ua/wp-content/uploads/2022/06/1_%D0%93%D0%93%D0%93163.pdf (in Ukrainian)
6. Strokhal, V. P., & Kovpak, A. V. (2021). Prychynno-naslidkovi zv 'iazky zabrudnennia bioghennymy elementamy baseinu richky Dnipro: syntezy teoretychnykh danykh [Causes of nutrient pollution in the Dnieper river basin: theoretical syntheses]. *Naukovo-praktychnyi zhurnal «Ekolohichni nauky»*.– Kyiv: Vydavnychiy dim «Helvetyka», Vypusk, 2, 35. Available at: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.6> (in Ukrainian)
7. Strokhal, V., & Kovpak, A. (2021). Ecological assessment of water quality for different water uses: the upstream sub-basin of the Dnieper and Desna rivers. *Scientific journal "Biological systems: theory and innovations"*, 12(2), 24-40. Available at: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2021.02.003> (in Ukrainian)
8. Interaktyvna karta zabrudnenosti richok v Ukraini na osnovi danykh Derzhavnoho ahentstva vodnykh resursiv Ukrainy [Interactive map of river pollution in Ukraine based on data from the State Water Resources Agency of Ukraine]. Available at: <https://texty.org.ua/water/> (in Ukrainian)

9. Abiolychni komponenty ekosystemy Kyivskoho vodoshkovyshcha [Abiotic components of the Kyiv Reservoir ecosystem] / Kolektyv avtoriv, za redaktsiieiu V.M. Timchenka – Kyiv: In-t hidrobiolohii NAN Ukrainy, 2013. 60. Available at: https://www.researchgate.net/publication/312529517_ABIOTICNI_KOMPONENTI_EKOSISTEMI_KIIVSKOGO_VODOSHOVISA (in Ukrainian)
10. Shcherbak, V. I. (2015). Suktsesiia fitoplanktonu Kyivskoho vodoshkovyshcha ta otsinka yoho transkordonnoi dilianky [Phytoplankton succession of the Kyiv Reservoir and assessment of its transboundary section]. Available at: <http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/5946/1/Scherbak.pdf> (in Ukrainian)
11. Strokal, V., Makarenko, N., Chorna, T., & Kovpak, A. (2021). Екологічне оцінювання токсичності сполук азоту для водних організмів за допомогою біотесту Лемна мінор L. Наукові доповіді НУБіП України, 0(6(94)). Available at: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.06.002> (in Ukrainian)
12. Lytvynenko, V. O., & Khrystenko, D. S. (2021). Osoblyvosti vykorystannia Kyivskoho vodoshkovyshcha yak rybohospodarskoho vodnoho ob'iektu (ohliad) [Peculiarities of using the Kyiv Reservoir as a fishery water object (overview)]. Rybohospodarska nauka Ukrainy: Bioresursy ta ekolohiia vo doim. 4(58): 5-28. Available at: <https://doi.org/10.15407/fsu2021.04.005> (in Ukrainian)
13. Mykhaylyk, O.O. (2021). Dniprovi berehy Kyryeva: rozvytok i transformatsiya v chasi [The banks of the Dnieper in Kyiv: development and transformation in time.]. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. (16), 103-108. Available at: <https://eforum.intu.edu.ua/index.php/construction/article/view/715/697> (in Ukrainian)
14. Khilchevskiy, V. K., & Hrebin, V. V. (2021). Velyki i mali vodoshkovyshcha Ukrainy: rehionalni ta baseinovi osoblyvosti poshyrennia [Large and small reservoirs of Ukraine: regional and basin features of distribution]. Hidrolohiia, hidrokhimii i hidroekolohiia. Bioresursy ta ekolohiia vo doim. №2(60). 6-17. Available at: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.1> (in Ukrainian)
15. Nesterova, K. A., Kopilevych, V. A., & Lavryk, R. V. (2021). Otsinka yakosti vody dlia zroshennia [Assessment of the quality of water for irrigation]. Publishing House “Baltija Publishing”. Available at: <file:///C:/Users/home/Downloads/145-Chapter%20Manuscript-9083-1-10-20210806.pdf> (in Ukrainian)
16. Voitenko L.V., Strokal V.P., Myroniuk O.O., Kochyn K.O., Voitenko A.H. (2017). Metodyka kompleksnoho otsiniuvannia yakosti vody dlia zroshennia [Methodology of comprehensive assessment of water quality for irrigation]. Materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh. Kyiv: Instytut vodnykh problem i melioratsii NAAN. 62–78. (in Ukrainian)
17. Voitenko, L. V., Strokal, V. P., & Myroniuk, O. O. Ekolohichna otsinka lokalnykh vodnykh resursiv na prykladi mista Kam'iansia-Podilskoho [Environmental assessment of local water resources on the example of the city of Kamianets-Podilskyi]. Tavriiskiyi naukoviyi visnyk, 1(100), 287-292. Available at http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_1/43.pdf (in Ukrainian)
18. Davydov O.V., Mokra P.O. Zahalni osoblyvosti rozvytku berehovoi zony kaskadu Dniprovskykh vodoshkovyshch na suchasnomu etapi [General features of the development of the coastal zone of the cascade of the Dnieper reservoirs at the current stage]. Available at: <http://ekhsuir.kspu.edu/xmlui/bitstream/handle/123456789/2486/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%9E.%D0%92.%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%8F%20%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2>

- %D1%96%20%D0%B7%D0%B0%D0%B-F%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B8%20%D0%A5%D0%A3%D0%93%D0%A2%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0%202008.pdf?sequence=1 (in Ukrainian)
19. Mobilnyi prystrii vymiruvannia radiatsi- inoho fonu [A mobile device for measuring the radiation background]. Available at: <https://map.safecast.org/?y=50.52&x=31.65&z=8&l=0&m=0> (in Ukrainian)
 20. Yakymenko, A. N. (2013). Radiation Mon- itoring of the Surface Waters of the Kyiv Region. *Hydrobiological Journal*, 49(6). Available at: <https://www.dl.begellhouse.com/journals/38cb2223012b73f2,259dc-64c03a33c40,5edd1bb5138b671a.html> (in English)
 21. Klochenko, P. D., & Shevchenko, T. F. (2019). Epiphyton as bioindicator of the state of the upper-cascade Dnieper res- ervoirs. *Hydrobiological Journal*, 55(4). Available at: <https://dl.begellhouse.com/journals/38cb2223012b73f2,4af-67413788d347e,0a5f484f1341312a.html> (in English)
 22. Litvinenko, V., Kotovska, G., Buzevitch, O., & Khrystenko, D. (2021). Length-weight re- lationship and condition factors of white bream (*Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758)) from the Kyiv Reservoir. *Aquaculture, Aquar- ium, Conservation & Legislation*, 14(6), 3283-3290. Available at: https://www.re- searchgate.net/profile/Dmytro-Khrystenko/ publication/360575175_Length-weight_ relationship_and_condition_factors_ of_white_bream_Blicca_bjoerkna_Lin- naeus_1758_from_the_Kyiv_Reservoir/ links/62810303973bbb29cc8129ef/Length- weight-relationship-and-condition-factors- of-white-bream-Blicca-bjoerkna-Linnae- us-1758-from-the-Kyiv-Reservoir.pdf (in English)
 23. Volkova, E. N., Belyaev, V. V., Prishlyak, S. P., Parkhomenko, A. A., & Karapysh, V. A. (2012). Peculiarities of forming radioactive contamination of higher aquatic plants from Kyiv reservoir. *Yaderna Fyzyka ta Energetika*, 160-165. Available at: https://inis.iaea.org/ search/search.aspx?orig_q=RN:44117056 (in English)
 24. Strokal, V. (2021). Transboundary rivers of Ukraine: perspectives for sustainable devel- opment and clean water. *Journal of Integra- tive Environmental Sciences*, 18(1), 67-87. Available at: <https://www.tandfonline.com/ doi/full/10.1080/1943815X.2021.1930058> (in English)
 25. Karta hlybyn Kyivskoho vodoskhovyshcha [Depth map of the Kyiv Reservoir]. Available at: <https://ua.fishermapping.org/depth-map/ kievskoe-vodohranilische/> (in Ukrainian)
 26. Naukovtsi Akademii sprohnozuvaly kharak- ter zatoplennia terytorii Kyivshchyny, sprychynenoho rosiiskym vtorhnnenniam [Scientists of the Academy predicted the nature of the flooding of the territories of Kyiv region caused by the Russian invasion / About the results of the work of scientists of the Institute of Problems of Mathemat- ical Machines and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine] / Pro re- zultaty roboty vchenykh Instytutu problem matematychnykh mashyn ta system. Avail- able at: <https://www.nas.gov.ua/UA/Mes- sages/Pages/View.aspx?MessageID=9011> (in Ukrainian)
 27. Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pry- znachenoj dlia spozhyvannia liudynoi: DSanPiN2.2.4-171-10. – [Chynnyi vid 2010– 06–01]. – K.: Ministerstvo okhorony zdor- ov'ia Ukrainy, 2010. 89. (Derzhavni sanitarni normy ta pravyla) [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption: DSanPiN2.2.4-171-10. – [Ef- fective from 2010–06–01]. - K.: Ministry of Health of Ukraine, 2010. 89. (State sanitary norms and rules)]. (in Ukrainian)
 28. Shamanskyi S.Y., Boichenko S.V. (2018). Nor- movannia hranychno dopustymykh skydiv biohennykh elementiv u vodni ob'iekty zi

- stichnymi vodamy v Ukraini [Standardization of maximum permissible discharges of biogenic elements into water bodies with wastewater in Ukraine]. *Naukovo-praktychnyi zhurnal «Ekolohichni, №2(21)*, 119-126: Available at: <http://ecoj.dea.kiev.ua/2-21-2018> (in Ukrainian)
29. Klymenko, M. O., Vozniuk, N. M., & Verbitska, K. Yu. (2012). Porivnialnyi analiz normatyviv yakosti poverkhnevyykh vod [Comparative analysis of surface water quality standards]. *Naukovi dopovidi NUBiP.* (8), 30. Available at: https://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf (in Ukrainian)
30. Kuzmenko, M. I., Hudkov, D. I., & Pankov, I. V. (2001). Radionuklidy ta yikh ekolohichne znachennia u vodoimakh Ukrainy [Radionuclides and their ecological significance in the reservoirs of Ukraine]. Available at: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21313/1/Kuzmenko_Hudkov_Pankov.pdf (in Ukrainian)
-

Strokal V.P., Kovpak A.V. (2022).

ANTHROPOGENIC IMPACTS ON WATER QUALITY OF KYIV RESERVOIR (PART 2: WATER QUALITY AND POLLUTION SOURCES)

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 13(3-4): 46-66.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/16704>

[https://doi.org/10.31548/biologiya13\(3-4\).2022.073](https://doi.org/10.31548/biologiya13(3-4).2022.073)

Abstract. *This article focuses on water quality and its pollution sources of Kyiv Reservoir. The findings reveal the main pathways of chemical elements to enter the water body (including biogenic elements). Data on the state of water according to indicators are given by year (2016-2021). Based on literature research, the reservoir has considerable concentrations of biogenic substances (nitrogen, phosphorus and others). This causes organic pollution. These substances can accumulate in the reservoir. Natural factors influencing this accumulation are temperature, wind direction, intensity of currents reservoirs. Anthropogenic factors are pollution sources such as agricultural and industrial enterprises, constructions on the banks of the reservoir, discharges of household waste from residential and communal enterprises. The most important anthropogenic sources are enterprises "Agromas", and "Chipsy Lux", hydroelectric power plants, unauthorized landfills that are the result of recreation, domestic waste from communal farms and the private sector, plowing of agricultural lands. Socio-economic factors also play a role. This includes the development of the population, the level of innovative technologies to treat wastewater, political conditions.*

Keywords: *Kyiv Reservoir, hydrogeological conditions, pollution sources, anthropogenic load on rivers.*
