

Р.В. Пономаренко<sup>1</sup>, Л.Д. Пляцук<sup>2</sup>, О.В. Третьяков<sup>3</sup>, І.Ю. Аблєєва<sup>2</sup>, Ю.В. Буц<sup>4</sup>,  
В.В. Барбашин<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Україна

<sup>2</sup>Сумський державний університет, Україна

<sup>3</sup>Харківська державна академія фізичної культури, Україна

<sup>4</sup>Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Україна

<sup>5</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНОГО СТАНУ ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ДНІПРО)

В статті розглянуто проблемне питання охорони водних басейнів річок та їх раціонального використання. На сьогоднішній день діяльність людини призводить до погіршення якості води і режиму річкового стоку. В свою чергу проблема оцінки якості води на сучасному етапі має важливе і першочергове значення, оскільки дає можливість мати уявлення про характер та ступінь забрудненості поверхневих вод, пов'язаної із посиленням антропогенного навантаження на водні об'єкти. За об'єкт дослідження, щодо визначення якості води поверхневого джерела обрано поверхневі води Дніпра, як головної артерії питного водопостачання України. В статті відображено основні проблемні питання, які впливають на зміну екологічного стану Дніпра. На основі аналізу основних методів оцінки якості та визначення зміни екологічного стану водних об'єктів, оцінку якості води Дніпра проводили з врахуванням зміни вмісту нормованих показників: суми аніонів ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ); розчиненого кисню у воді; біохімічного споживання кисню (БСК5); фосфатів  $\text{PO}_4^{3-}$  нітритів, нітратів, а також амонію  $\text{NH}_4^+$ , шляхом ретроспективного аналізу даних моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів України за період з січня 2009 року по січень 2018 року. Ретроспективний аналіз якісного стану води було проведено за даними проб контрольного забору води р. Дніпро в межах Басейнового управління водними ресурсами по 14 постам. Проведений аналіз зміни якості води показав, що водна екосистема річки Дніпро, знаходячись під постійним техногенним впливом, має тенденцію до постійного та стійкого погіршення її екологічного стану. В роботі наведено можливі шляхи вирішення комплексної проблеми екологічного оздоровлення басейну Дніпра.

**Ключові слова:** басейн Дніпра, екологічний стан, антропогенне навантаження, оцінка якості, екологічне оздоровлення.

### Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання охорони водних басейнів річок та їх раціонального використання – це питання життя на Землі. Кінець ХХ століття ознаменований катаклізмами, що частково пов'язані з проблемою чистоти поверхневих вод – загрозою масових кишкових інфекцій, погіршенням якості питної води, зниженням біопродуктивності поверхневих вод та самоочисної їх здатності.

На сьогоднішній день діяльність людини призводить до погіршення якості води і режиму річкового стоку, перетворення багатьох річок на канали та мережу водосховищ і ставків. Проблема оцінки якості

води на сучасному етапі має важливе і першочергове значення. Системний аналіз сучасного екологічного стану басейнів річок України та організації управління охороною і використанням водних ресурсів дає змогу окреслити коло найбільш актуальних проблем, які потребують розв'язання.

Дніпро – третя за розміром річка Європи (після Волги і Дунаю). Дніпро є транскордонним водотоком: 20 % басейну річки розташовано на території Російської Федерації, 23 % – Республіки Білорусь та 57 % – України. Річка Дніпро є основною водною артерією України, її водні ресурси становлять понад 60% усіх водних ресурсів країни. Загальна площа басейну Дніпра – 504 тис. км<sup>2</sup>, з них 286 тис. км<sup>2</sup> знаходиться у межах України у її найбільш розвиненій

в економічному відношенні частині. Водами Дніпра живляться 80% площ земель України через зрошувальні і обводнювальні системи [1].

Основними проблемами Дніпра на сьогоднішній день є:

- висока щільність міського населення і промислового виробництва;
- інтенсивне землекористування у сільському господарстві при надмірному застосуванні добрив;
- надмірна зарегульованість річкового стоку внаслідок побудови шести водосховищ у головній течії ріки і більш ніж 500 дрібних дамб та гребель на притоках; затоплення родючих земель у долинах річок у зв'язку з будівництвом гребель і осушення заболочених земель для потреб сільськогосподарського виробництва, що призвело до серйозного зменшення біорізноманіття у всьому регіоні; широкомасштабне екстенсивне використання води у сільському господарстві і промисловості, зокрема, металургійними підприємствами;
- слабкий контроль з боку Басейнових управлінь водними ресурсами над скиданням відходів видобувної промисловості;
- аварії на промислових підприємствах, найбільш відомою з яких є катастрофа 1986 року на Чорнобильській АЕС, яка призвела до забруднення радіоактивними опадами величезних територій у східній і північній Європі;
- часті аварійні скиди забруднених стічних вод у річку і, в окремих випадках, у систему загальної каналізації;
- скидання великої кількості стічних вод, з яких повне або часткове очищення проходять лише 45 % [2].

На сьогоднішній день існує гостра необхідність визначити причини погіршення екологічного стану основної водної артерії нашої держави та можливі шляхи вирішення проблеми оздоровлення водних систем басейну Дніпра.

Аналіз зміни екологічного стану водних об'єктів здійснюється на основі проведення порівняльного аналізу за їх гідрофізичними, гідрохімічними, гідробіологічними, бактеріологічними, токсикологічними та іншими показниками, які відображають особливості абіотичної та біотичної складових водних екосистем. Нормовані показники [3], які найчастіше використовують для визначення якості поверхневих вод, поділяють на такі:

1) кисневий – охоплює розчинений у воді кисень, біохімічне споживання кисню (БСК), хімічне споживання кисню (ХСК);

2) токсикологічний – об'єднує амонійний азот, нітрити та важкі метали;

3) санітарно-токсикологічний – визначає вміст нітратів, важких металів та мінералізацію зі всіма її складниками;

4) рибогосподарський – об'єднує нафтопродукти, феноли й отрутохімікати.

Поряд з нормами, за якими оцінюють стан якості поверхневих вод, розроблено метод комплексної оцінки вод за сукупністю показників та додатково питання вивчення оцінки якості води [4], пропонується визначати індекс якості води за сукупністю основних показників залежно від видів її водокористування. У роботі [5] розроблена концепція екологічної класифікації якості поверхневих вод. Розроблена методика комплексної оцінки стану річкових басейнів із водогосподарських позицій. Є пропозиції оцінювати якість води малих річок за допомогою графічного методу [6]. В його основі лежить складання модель-карти та виведення екологічного коефіцієнта якості води [7]. Результати досліджень, які стосуються індексу забрудненості води, висвітлено в працях [7,8,9].

Одні з вищеперерахованих підходів оцінки якості води поверхневого джерела базуються на оцінці бактеріологічних та (або) фізико-хімічних показників, в основу інших покладена гідробіологічна оцінка забрудненості вод. Кожен із підходів дає змогу отримувати важливу інформацію, але не запропоновано спільного алгоритму їх застосування, що, як результат, не дає достовірної картини забрудненості поверхневих водойм, особливо в розрізі їх екологічного стану. Ще одна небезпека використання існуючих методів оцінки полягає у прояві синергізму, коли присутність однієї речовини посилює токсичність іншої або коли дві токсичні речовини створюють сполуку, токсичність якої значно вища, ніж початкові (наприклад, сполуки іонів важких металів і деяких органічних кислот). Більшість з існуючих методик оцінки надзвичайно громіздкі, потребують даних вмісту у воді таких компонентів, які нечасто визначаються контролюючими органами, або ж неодноразово використовують складний математичний апарат.

На сьогоднішній день вплив екологічних ризиків від господарської діяльності, що проводяться на об'єктах в межах басейну річки Дніпро на його якісний стан, зумовлює необхідність застосування комплексного підходу для вивчення тенденцій зміни якісних показників вод Дніпра. Всі ці питання потребують подальшого розгляду та удосконалення.

**Метою статті** є проведення аналізу зміни екологічного стану води басейну річки Дніпро, встановлення можливих причин цього явища та можливих шляхів покращення його екологічного стану. Для досягнення мети необхідне вирішення таких завдань:

- розглянути основні характеристики басейну Дніпра, що визначають його екологічний стан;
- провести ретроспективний аналіз якості води річки Дніпро за даними моніторингу водних ресурсів України за останні 10 років;
- встановити можливі причини зміни якості води поверхневого джерела;
- запропонувати основні заходи щодо покращення якісного стану води річки Дніпро.

### Матеріали та результати досліджень

Достовірність отриманих результатів хімічного стоку, яка визначається, переважно, репрезентативністю гідрохімічних даних, повнотою рядів спостережень, похибкою визначення і осереднення концентрацій речовин пов'язане з тим, що умови формування хімічного складу води в річному циклі кожного року повторюється посезонно [10]. У зв'язку з цим порівняльний аналіз було проведено за середньорічними показниками.

Оцінка якості поверхневих вод необхідна у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів. Оцінку якості води в [11,12,13] пропонується проводити з врахуванням показників: БСК<sub>5</sub> і O<sub>2</sub>, як обов'язкових, а інших за найбільшими відношеннями до ГДК зі списку: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, ХСК, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Fe загальний, Mn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, As<sup>3+</sup>, НП, СПАР. Виходячи з наявних даних [14], в статті визначення зміни якості води Дніпра проводили з врахуванням зміни вмісту нормованих показників: суми аніонів (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Cl<sup>-</sup>), з перерахунком в молярну масу з метою нівелювання різниці між масою різного атомарного складу аніонів; розчиненого кисню у воді; біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>); фосфатів PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> нітритів, нітратів, а також амонію NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Оцінку зміни складу води поверхневого джерела проводили шляхом ретроспективного аналізу даних моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів України [14] за період з січня 2009 року по січень 2018 року.

Ретроспективний аналіз якісного стану води було проведено за даними проб контрольного забору води

р. Дніпро в межах Басейнового управління водними ресурсами по 14 постам (рис. 1): пост 1: р. Сож, 32 км, с. Ст. Яриловичі, Ріпкинського р-ну (кордон з Білоруссю); пост 2: р. Дніпро, 1116 км, с. Кам'янка, нижче села, Ріпкинського р-ну (кордон з Білоруссю)); пост 3: р. Уж, 15 км, с. Черевач, питний в/з м. Чорнобиль; пост 4: р. Дніпро, 897 км, м. Вишгород, н/б Київської ГЕС, питний в/з м. Київ; пост 5: р. Дніпро, 833 км, м. Українка, нижче міста, вище в/з водоводу Біла Церква-Умань; пост 6: р. Дніпро, 678 км, с. Сокірне, питний в/з м. Черкаси; пост 7: р. Дніпро, 580 км, с. Власівка, лівий берег, питний в/з м. Кременчук; пост 8: р. Дніпро, 462 км, смт. Аули, питний в/з м. Дніпро та м. Кам'янське); пост 9: р. Дніпро, 404 км, м. Дніпро, ВП «ПдТЕС» ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», питний в/з; пост 10: р. Дніпро, 312 км, м. Запоріжжя, ГНС Запорізької ЗС; пост 11: р. Дніпро, 253 км, м. Енергодар, вплив Запорізької АЕС; пост 12: р. Дніпро, 160 км, смт. Велика Лепетиха, Рубанівська ЗС; пост 13: р. Дніпро, 65 км, с. Іванівка, Білозерського району, у р-ні питного в/з Миколаївського водоканалу; пост 14: р. Дніпро, 0 км, с. Кізомис (рукав Рвач)).



Рис.1. Схематичне розміщення 14 постів контрольного забору води, за даними яких проводилось дослідження

Аналіз зміни якісного стану води у р. Дніпро проводили з врахуванням вимог ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» [15].

Із 17 основних приток Дніпра 15 впадає у річку у межах України (рис. 2). Найбільшими серед них є річки Прип'ять і Десна, що несуть до Дніпра основну масу води. Притоки Дніпра протікають по території найважливіших промислових центрів і населених пунктів України, створюючи широко розгалужену складну річкову систему, яка має важливе економічне,

соціальне й екологічне значення. Дніпро, що зазнав значних змін внаслідок будівництва каскаду

водосховищ, більш не є річковою екосистемою, здатною до саморегуляції.

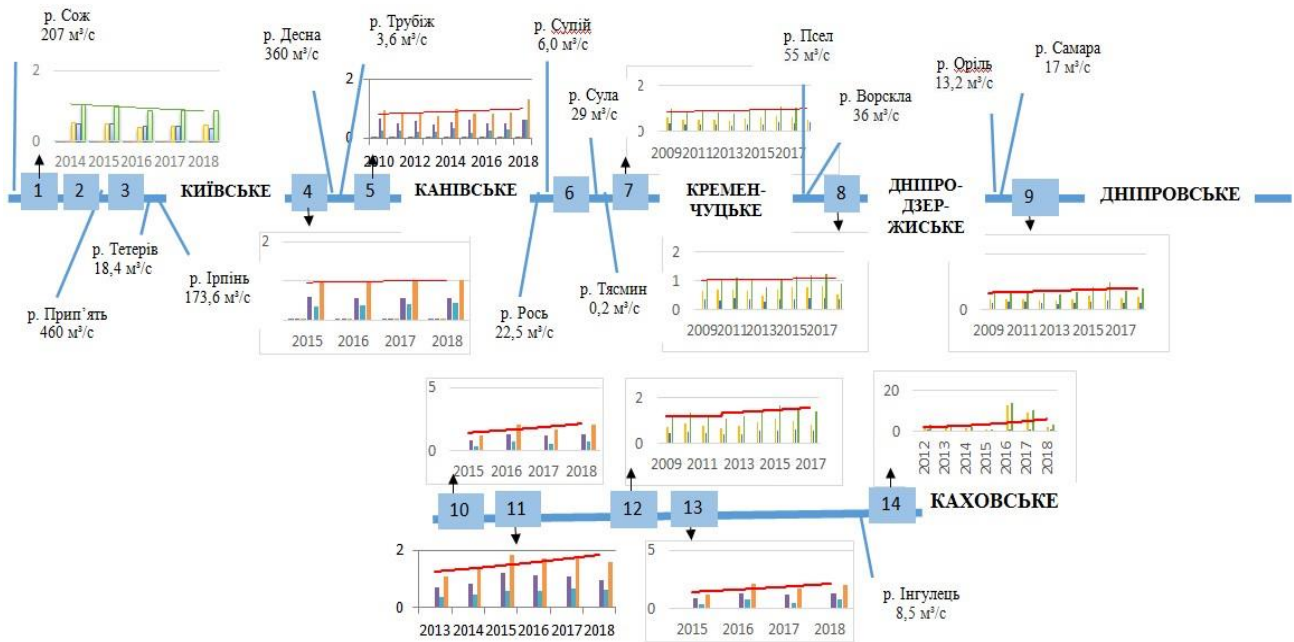


Рис. 2. Схема формування водотоку басейну Дніпра, з позначенням основних 15 приток та відображення їх витрат води, а також графічним відображенням змін сумарного вмісту аніонів

Результати проведеного аналізу, щодо визначення різниці сумарного вмісту аніонів між постами заборів води басейну Дніпра наведенні у таблиці 1.

При проведенні ретроспективного аналізу сумарного вмісту аніонів в воді Середнього Дніпра необхідно враховувати факт можливого впливу на

вихідну воду басейну вод річок Прип'ять, Тетерів, Ірпінь, Десна, Трубіж, Рось, Сулій, Сула, Тясмин, Ворскла та Псел, а також їх приток (рисунок 2).

Виходячи з отриманих даних (таблиця 1) можна стверджувати про постійне збільшення сумарного вмісту аніонів з поста забору 3 та далі вниз за течією до самого гирла Дніпра.

Таблиця 1

Різниця загального вмісту аніонів між постами заборів води басейну Дніпра

Рік	$\Delta \Sigma$ аніонів, ммоль/дм <sup>3</sup>										
	П2-П1	П4-П3	П5-П4	П6-П5	П7-П6	П8-П7	П10-П9	П11-П10	П12-П11	П13-П12	П14-П13
2009	-0,04				0,11	0,04	-	-	-	-	-
2010	0,18			-0,08	-0,07	0,22	-	-	-	-	-
2011	-0,04			0,14	-0,08	0,23	-	-	-	-0,08	0,62
2012	-0,09			0	0	0,2	-	-	-	-0,16	0,80
2013	-0,06			0,09	-0,07	0,02	-	-	0,01	0,06	-0,10
2014	0,02			-0,1	0,04	0,13	-	-	-0,12	-0,35	12,99
2015	0,11	0,05	-0,11	0,16	-0,07	0,21	0,07	-0,27	-0,35	-0,02	8,75
2016	0,01	0,08	-0,15	0,07	0,19	0,12	-0,67	-0,03	-0,03	0,14	1,41
2017	0,03	-0,2	-0,12	0,07	0,08	0,22	0,35	-0,32	-0,19	0,11	2,08
2018	0,01	-0,05	0,29	-0,45	0,09	-0,04	-0,36	0,06	-0,19	0,06	3,96

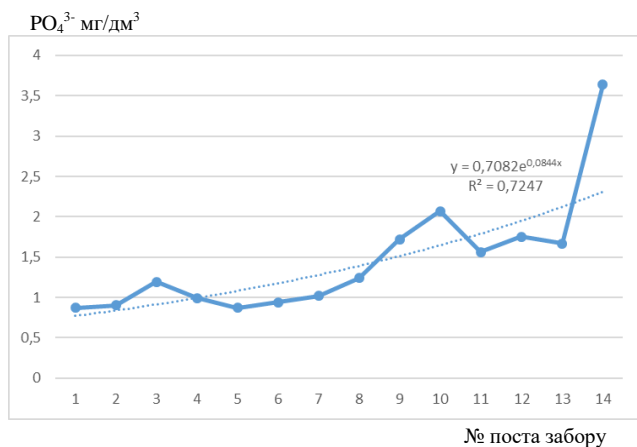


Рис. 3. Загальний вміст аніонів по постах заборів води басейну Дніпра за 2017 рік.

З наведених у таблиці 1 і рисунку 3 даних чітко спостерігається зростання загального вмісту аніонів вздовж всієї течії р. Дніпро. І, незважаючи на те, що

на трьох ділянках (між постами 3–4–5, 10–11) забезпечується не значне самоочищення, все ж після них знов спостерігається суттєве збільшення забруднення.

Іон NH<sub>4</sub><sup>+</sup> нестійкий, він швидко окислюється до нітритів і нітратів. Підвищений вміст амонію свідчить, про анаеробні умови формування хімічного складу води, і про її незадовільну якість.

При проведенні аналізу була виявлена тенденція до зменшення вмісту фосфатів (2017 рік) від поста 1 до 14 поста у воді басейну Дніпра. Але при цьому відмічається локальне їх збільшення особливо між 5-6 постами, а також 7-8, що може бути обумовлено впливом на них приток, а також між 12-13 постами. Значне зменшення вмісту фосфатів відмічається між 6-7 постами, а також 11-12.

Таблиця 2

Різниця вмісту фосфатів іонів PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> між постами заборів води басейну Дніпра

Рік	Δ PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> мг/дм <sup>3</sup>										
	П2-П1	П4-П3	П5-П4	П6-П5	П7-П6	П8-П7	П10-П9	П11-П10	П12-П11	П13-П12	П14-П13
2009	-0,18	-	-	-	-0,07	-0,12	-	-	-	-	-
2010	-0,06	-	-	0,22	-0,23	0,17	-	-	-	-	-
2011	0,01	-	-	0,19	-0,15	0	-	-	-	-	-
2012	-0,03	-	-	0,11	-0,24	0,32	-	-	-	0,03	0
2013	0,01	-	-	0,09	-0,09	0,23	-	-	-0,12	0,05	0
2014	0,02	-	-	0,04	-0,19	0,03	-0,07	0,02	-0,05	0,08	-0,01
2015	-0,03	-0,04	0,15	0	-0,18	0,13	-0,07	0,06	-0,04	-0,04	0,02
2016	-0,01	0,1	0,04	0,32	-0,33	0,1	-0,12	0,07	0	0,04	-0,01
2017	0,03	0,07	0,04	0,21	-0,28	0,14	0,01	0,01	-0,14	0,15	-0,05
2018	-0,04	0,18	0,07	0,1	-0,23	0,07	0,15	-0,06	-0,14	0,1	-0,02

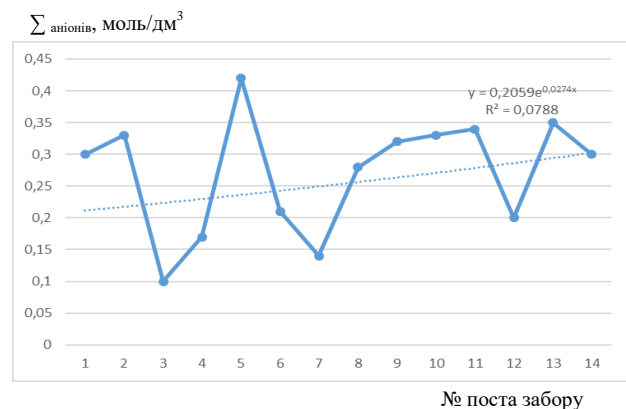


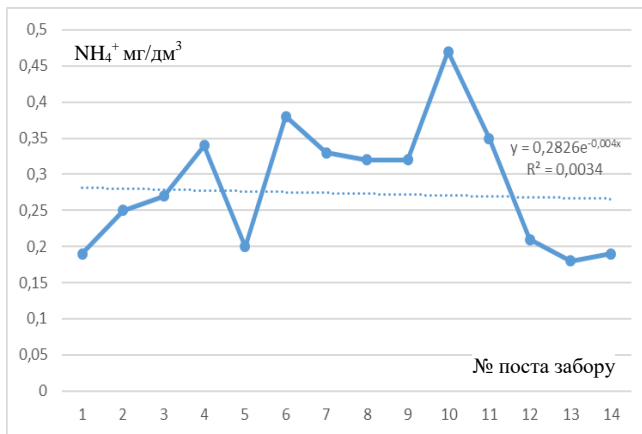
Рис.4. Загальний вміст фосфатів іонів PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> по постах заборів води басейну Дніпра за 2017 рік.

І, незважаючи на те, що на п'яти ділянках (між постами 2–3, 5–7, 11-12, 13-14) забезпечується часткове самоочищення, все ж між іншими постами спостерігається суттєве збільшення забруднення.

Таблиця 3

Різниці вмісту амонію  $\text{NH}_4^+$  між постами заборів води басейну Дніпра

Рік	$\Delta\text{NH}_4^+$ мг/дм <sup>3</sup>										
	П2-П1	П4-П3	П5-П4	П6-П5	П7-П6	П8-П7	П10-П9	П11-П10	П12-П11	П13-П12	П14-П13
2009	-0,16	-	-	-	-0,07	-0,15	-	-	-	-	-
2010	-0,06	-	-	0,18	-0,11	0	-	-	-	-	-
2011	-0,14	-	-	0,27	-0,42	-0,11	-	-	-	-	-
2012	-0,15	-	-	0,19	-0,17	-0,1	-	-	-	-0,05	-0,06
2013	-0,02	-	-	0,18	-0,25	-0,12	-	-	-0,13	-0,01	0,04
2014	-0,09	-	-	0	-0,09	-0,06	-0,03	-0,08	-0,01	-0,05	0
2015	0,04	-0,1	0	0,08	0,05	-0,1	0,13	-0,17	-0,09	-0,05	-0,01
2016	0,03	0,03	-0,09	0,14	-0,06	0,04	0,09	-0,1	-0,14	0	0,01
2017	0,06	0,07	-0,14	0,18	-0,05	-0,01	0,15	-0,12	-0,14	-0,03	0,01
2018	-0,04	-0,08	-0,05	0,19	-0,23	0,05	0,29	-0,19	-0,15	-0,17	0,02

Рис. 5. Загальний вміст амонію  $\text{NH}_4^+$  по постах заборів води басейну Дніпра за 2017 рік.

Вмісту амонію (2017 рік) змінюється дещо відмінно від вмісту фосфат-іонів. З наведених у

таблиці 3 і рисунку 5 даних спостерігається зміна вмісту амонію  $\text{NH}_4^+$  вздовж всієї течії р. Дніпро. Так на ділянках між постами 2–3, 5–7, 10–13 забезпечується часткове самоочищення, все ж між п'яти іншими постами спостерігається суттєве збільшення забруднення.

Аналіз зміни значень відношення  $\text{БСК}_5$  до концентрації розчиненого в воді кисню (табл. 4, рис. 6), показали що лише на 4 постах забору проб води спостерігається тенденція до покращення кисневого режиму води, на решті 10 постах його постійне погіршення, що вказує на втрату спроможності вод басейну Дніпра до самоочищення.

Таблиця 4

Різниці вмісту за відношенням  $\text{БСК}_5$  до концентрації розчиненого кисню між постами заборів води басейну Дніпра

Рік	$\Delta \text{БСК}/\text{C}_{\text{O}_2}$ мг/дм <sup>3</sup>										
	П2-П1	П4-П3	П5-П4	П6-П5	П7-П6	П8-П7	П10-П9	П11-П10	П12-П11	П13-П12	П14-П13
2009	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	-0,01	0,37	-0,39	0,2	0,09	-0,18	-	-	-	-	-
2011	-0,04	0,3	-0,41	0,07	0,09	-0,12	-	-	-	-	-
2012	-0,03	0,08	-0,11	0,11	0,02	-0,08	-	-	-	-0,03	0,03
2013	0,02	0,07	0,12	-0,16	0,02	-0,07	0,05	0,02	-0,18	0,01	-0,01
2014	0	0	-0,06	-0,09	0,15	-0,17	0,03	0,03	-0,19	-0,04	0,04
2015	0	0,04	-0,05	-0,17	0,28	-0,33	0,15	0,00	-0,15	-0,08	0,08
2016	0,01	0,11	-0,21	-0,07	0,17	-0,18	0,05	0,05	-0,19	-0,05	0,05
2017	0,02	0,53	-0,52	-0,03	0,19	-0,25	0,08	0,01	-0,23	-0,03	0,03
2018	-0,01	0,41	-0,43	-0,02	0,16	-0,13	0,08	0,11	-0,24	-0,08	0,08

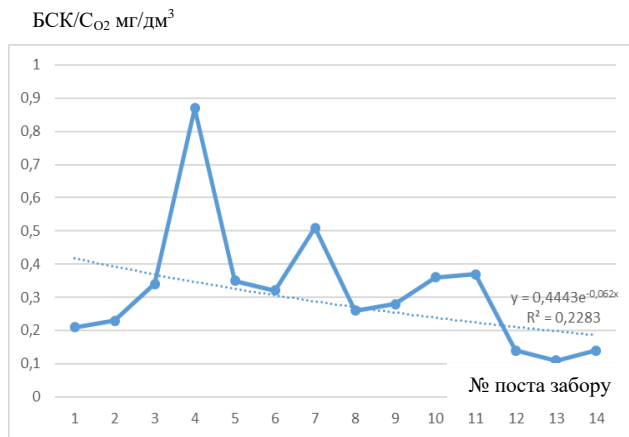


Рис. 6. Загальний вміст за відношенням БСК<sub>5</sub> до концентрації розчиненого кисню по постах заборів води басейну Дніпра за 2017 рік.

Вміст нітратів, нітритів є важливим показником хімічного складу природної води, що використовується при проведенні екологічної оцінки та нормуванні якості природних вод. Крім оцінки якості води, інформація про вміст у водоймах різних форм нітрогену потрібна при вирішенні питань про баланс біогенних елементів, взаємозв'язок між процесами життєдіяльності водних організмів і хімічним складом води.

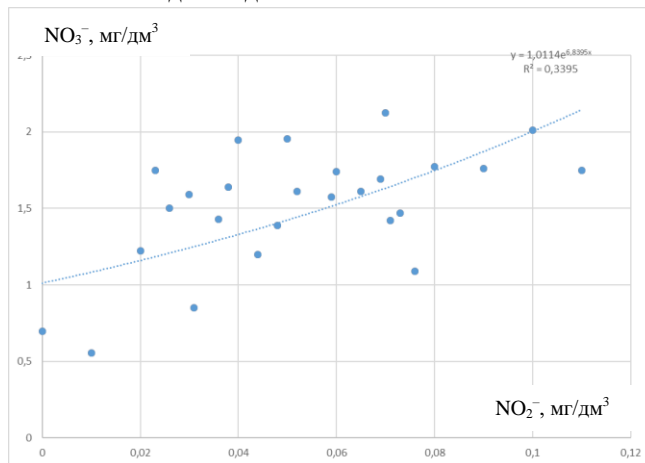


Рис. 7. Кореляційна залежність між середньорічними концентраціями нітрит та нітрат іонів в воді Дніпра за період 2009-2018 рр.

Треба приймати також до уваги той факт, що бурхливий розвиток біопланктону синє-зелених водоростей провокує цвітіння води на мілководді водосховищ Дніпра, які складають понад 30% їх території. В умовах пересичення Дніпровської води органічними і біогенними речовинами посилюються процеси відмирання, гниття, розкладу водоростей і біопланктону, що обумовлює погіршення кисневого режиму, зниження рН води у придонному шарі і, як

наслідок, підвищується концентрація іону мангану у вигляді  $Mn^{2+}$ . Концентрація мангану в період липень – серпень збільшується порівняно з зимовим періодом у 3–10 разів і складає близько  $1,9 \div 7,0$  мг/дм<sup>3</sup>. Для з'ясування наявності цієї тенденції було проведено аналіз результатів оперативного хімічного контролю якості води за вмістом іонів мангану (рис. 8, 9). [16]

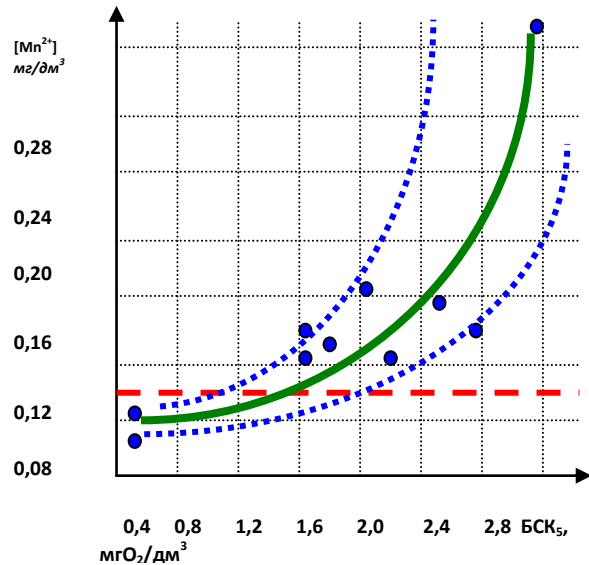


Рис. 8. Залежність концентрації іону мангану у воді водосховища від БСК<sub>5</sub>.

Регресійне рівняння виявленої залежності:  $y = 0,0054x^2 - 0,0277x + 0,1427$ , достовірність апроксимації –  $R^2 = 0,998$ .

Виявлені залежності вказують на те, що збільшення мангану в воді водосховищ спостерігається при збільшенні БСК<sub>5</sub>, яке, в свою чергу, корелює з вмістом фітопланктону в умовах водосховища.

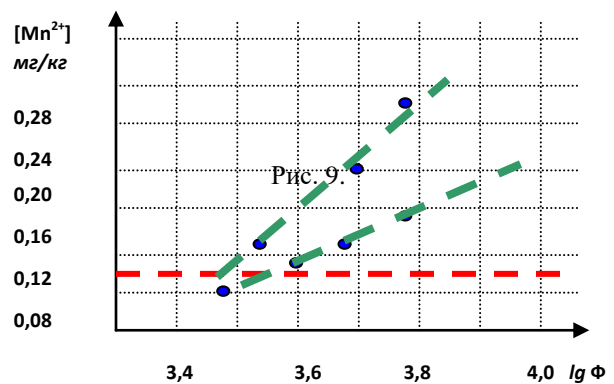


Рис. 9. Залежність концентрації іону мангану у воді водосховища від вмісту фітопланктону.

Регресійне рівняння виявленої залежності:  $y = 0,003x^2 - 0,0027x + 0,1129$ , достовірність апроксимації –  $R^2 = 0,7803$ .

Перш за все слід зазначити, що іон мангану  $Mn^{2+}$  належать до складу досить сильних відновників. Реакція  $MnO_2 + 4H + 2e^- = Mn^{2+} + 2H_2O$  характеризується значенням Red-Ox потенціалу  $E_0 = 1,23$  В. Але в умовах літнього періоду, коли

концентрація кисню у воді поверхневих джерел значно зменшується, його, як природного окислювача у воді не вистачає для того, щоб перевести добре розчинний у воді іон мангану  $Mn^{2+}$  до важко розчинної сполуки  $MnO_2$ . Про це також свідчить встановлена залежність концентрації іонів мангану від концентрації розчиненого у воді кисню (рис. 10).

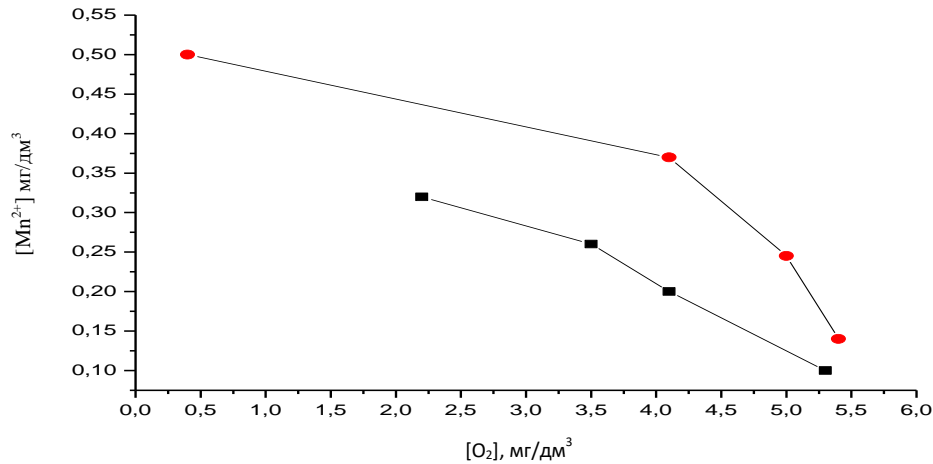


Рис. 10. Залежність концентрації іону мангану від концентрації розчиненого кисню у воді водосховища.

Таким чином, результати проведених досліджень дозволяють стверджувати про суттєве погіршення екологічного стану Дніпра, що вже сьогодні внаслідок антропогенного впливу, приводить до погіршення якості води і режиму його річкового стоку. Проведена оцінка забруднення вод басейну Дніпра дає можливість стверджувати про характер та ступінь його забрудненості, при цьому потребує більш детальнішого вивчення впливу 15 приток Дніпра, які впадаючи у річку у межах України, впливають на зміну його екологічного стану.

Так причинами постійного збільшення сумарного вмісту аніонів в водах Дніпра можуть бути комунально-побутові стоки, а також стоки підприємств (особливо, якщо вони неочищені чи недостатньо очищені), особливо на фоні не спроможності, за рахунок зарегульованості побудовою каскаду водосховищ Дніпра, до його самоочищення. Винятком виявилась частина акваторії між 5 та 4 постом, можливою причиною чого може бути розбавлення води Дніпра водами річок Десна та Трубіж, сумарні витрати води яких складають більше 400 м<sup>3</sup>/с. Однак варто відмітити, що в акваторії між 10 по 12 постами забору відмічається процес самоочищення, це може пояснюватись тим фактом, що на проміжку між цими постами не має жодної

притоки (рис. 2). Цей факт може бути підтвердженням щодо здатності Дніпра до самоочищення, а основним джерелом забруднень можуть бути його притоки.

Виявлену тенденцію до зміни вмісту фосфат іонів та амонію, в бік їх збільшення можна пояснити тим, що разом з інтенсифікацією біопродукційних процесів у водоймах та внесенням азотних і фосфорних добрив у воді може зростати концентрація амонійних і фосфатних іонів. Вплив фосфат іонів та амонію на якісний екологічний стан поверхневого джерела пояснюється їх можливістю виступати хімічними каталізаторами процесу антропогенного евтрофування поверхневих вод, який характеризується різким збільшенням біомаси водоростей, вищої водної рослинності, фітопланктону за рахунок надходження поживних біогенних речовин антропогенного генезису. В результаті біохімічного розкладу цієї біомаси у воді річок та водосховищ може виникати, особливо в літній період, дефіцит кисню, що супроводжується заморними явищами і являє собою значну загрозу для життєдіяльності багатьох гідробіонтів. Окрім того, в результаті розкладу рослинних організмів у воду надходять токсичні речовини, небезпечні як для тварин, так і для людини (анатоксини, афантотоксини, мікроцистини,



метаболіти та біологічно активні речовини – сірководень, метан, аміак, фітогормони й ензими) [17].

Причиною збільшення вмісту фосфатів може бути надходження у води Дніпра неочищених та не достатньо очищених стічних вод від комунальних, промислових та сільськогосподарських підприємств на фоні постійного зростання використання населенням різноманітних миючих засобів та іншої побутової хімії, а також підтверджує факт недостатньої ефективності очисних споруду більшості малих населених пунктів, в тому числі дачних поселень, площі під забудову яких вздовж узбережжя річок збільшуються з кожним роком без дотримання водозахисних зон. Особливе занепокоєння викликає збільшення вмісту фосфатів (як і амонію) між постами забору 5 та 6, враховуючи модну тенденцію та престижність забудов приватного сектора на березі Канівського водосховища та враховуючи основні джерела їх надходження в воду поверхневого джерела причини цього збільшення мають логічне пояснення та дають змогу стверджувати про прогнозне збільшення їх вмісту і надалі.

Основними джерелами надходження іонів амонію у водні об'єкти можуть бути тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, поверхневий стік із сільгоспугідь при використанні амонійних добрив, а також стічні води підприємств харчової, коксохімічної, лісохімічної і хімічної промисловості. Підвищена концентрація іонів амонію може бути використана в якості індикаторного показника, що відображає погіршення екологічного стану водного об'єкту, процесу забруднення поверхневих вод, у першу чергу, побутовими і сільськогосподарськими стоками.

Ступінь насиченості води киснем, як одного із найважливіших абіотичних факторів, може впливати на багато процесів: біохімічні реакції – біосинтез та біотрансформація, асимілююча та саморегулююча здатності, біопродукційний потенціал та життєдіяльність живих організмів, без яких неможливе існування природних систем. Концентрація розчинного кисню у воді може бути лімітуючим фактором існування для ряду гідробіонтів, тому врахування цього показника при проведенні аналізу якісного стану поверхневого джерела є вкрай важливим. Як відомо хімічні реакції в багатокомпонентних системах являють собою систему пов'язаних диференційних рівнянь взаємозалежності БСК та концентрації розчиненого кисню, в тому числі такі, що встановлюють взаємозв'язок між концентрацією розчиненого кисню та швидкістю окислення органічної речовини. Тому дослідження та

моделювання динаміки кисневого режиму Басейну Дніпра, при визначенні його екологічного стану, а саме показників розчиненого кисню та біохімічного споживання кисню, є інформативними.

Концентрація розчиненого у воді кисню напряму залежить від ступеня забрудненості поверхневих вод. Від вмісту розчиненого у воді кисню залежить життя водяних організмів, що використовують кисень для дихання, інтенсивність процесів окиснення та розкладання органічних решток, самоочищення водою [18].

Підвищений рівень БСК<sub>5</sub> вказує на недостатню кількість розчиненого кисню, який витрачається на аеробне біохімічне окиснення нестійких органічних сполук до CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>. Додатково БСК<sub>5</sub> також характеризує сумарний вміст у воді органічних речовин та стан забруднення водних об'єктів, основними індикаторами якого є вміст органічних речовин та амонійних сполук, від яких у значній мірі залежать умови для забезпечення необхідного рівня вмісту кисню у річках.

Джерелом підвищеного вмісту нітратів в воді поверхневого джерела можуть бути поверхневі води за рахунок внутрішньоводоймових процесів нітрифікації амонійних іонів під дією нітрифікуючи бактерій, з атмосферними опадами, скидами промислових і побутових стічних вод, стоком з сільськогосподарських угідь, в яких містяться азотні добрива. Пониження концентрацій нітратів пов'язане зі споживанням їх фітопланктоном і денітрифікуючими бактеріями (водними рослинами). Відомий факт, що сьогодні внаслідок широкого застосування мінеральних добрив у багатьох районах світу відбуваються випадки забруднення поверхневих вод нітратами. Небезпека вживання води з підвищеним вмістом NO<sub>3</sub><sup>-</sup> полягає в тому, що нітрати, попадаючи з водою в організм людини, відновлюються мікрофлорою травного тракту і тканинними ферментами до нітритів, токсичність яких у 10-20 разів вище, ніж у NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, і реагують з амінокислотами, утворюючи канцерогенні сполуки нітрозаміни.

Нітрити NO<sub>2</sub><sup>-</sup> є проміжною формою у ланцюзі бактеріальних процесів окислення амонію до нітратів (нітрифікація – в аеробних умовах) і, навпаки, відновлення нітратів до азоту та аміаку (денітрифікація – при нестачі кисню). Нітрати надходять у поверхневі води при застосуванні нітритів в якості інгібіторів корозії у водопідготовці технологічної води, зі скидами стічних вод харчової промисловості, стоком з сільськогосподарських угідь. Підвищення концентрацій нітритів вказує на

посилення процесів розкладу органічних речовин в умовах більш повільного окиснення. Підвищена концентрація нітритів свідчить про інтенсивність розкладу органічних речовин, і затримку окислення  $\text{NO}_2^-$  до  $\text{NO}_3^-$ , що чітко свідчить про забруднення водойми.

Додатковим підтвердженням погіршення екологічного стану вод басейну Дніпра стали виявленні в результаті проведених досліджень тенденції щодо підвищення концентрації іонів мангану у вигляді  $\text{Mn}^{2+}$  внаслідок бурхливого розвитку біопланктону синьо-зелених водоростей та цвітіння води внаслідок їх присутності.

### Висновки

Виходячи з проведеного аналізу, водна екосистема річки Дніпро, як головної водної артерії України, знаходячись під постійним техногенним впливом, має тенденцію до постійного та стійкого погіршення її екологічного стану.

Враховуючи відсутність процесу покращення якості води та, як наслідок, погіршення екологічного стану води Дніпра в цілому, можна стверджувати, що поділ басейнової дирекції на верхній, середній і нижній Дніпро є неприпустимим, та потребує перегляду на законодавчому рівні.

В подальшому зміна екологічного стану поверхневих вод басейну Дніпра в напрямку його покращення не може відбуватися без розробки та запровадження в дію надійної та ефективної моделі прогнозування його екологічного стану.

Розв'язання комплексної проблеми екологічного оздоровлення басейну Дніпра необхідно здійснювати на якісно новому рівні відповідно до радикальних змін характеру природокористування та стратегії розвитку економіки країни і лише шляхом розробки загальнодержавної програми відродження його екологічного стану.

На сьогоднішній день єдиним можливим шляхом вирішення проблеми погіршення екологічного стану Дніпра може бути створення дієвих важелів управління басейновою дирекцією, в тому числі і через удосконалення методологічної бази системи її екологічного моніторингу.

### Література

1. Маринич, О.М. Фізична географія України [Текст] : Підручник./ О.М. Маринич, П.Г. Шищенко – К.: Знання, 2005. – С. 128.
2. Савчук, Д. Екологічні та економічні аспекти функціонування Дніпровських водосховищ [Текст] / Д. Савчук // Екологічний вісник. - 2003. - № 5–6. - С. 24-26.
3. Білявський, Г. О. Основи загальної екології. [Текст] / Г.О. Білявський, М.М. Падун, Р.С. Фурдуй — К.: Либідь, 1995. — 368 с.
4. Боярин, М.В. Інтегральний екологічний індекс екосистеми басейну річки Західний Буг [Текст] / М.В. Боярин // Наук. вісн. ВДУ ім. Лесі Українки. – Ерія: Географ. науки, 2006. – № 2. – С. 171-175.
5. Гриб, Й.В. О периодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод [Текст] / Й.В. Гриб // Гидробиологический журн. – 2003. – № 3. – С. 38-43.
6. Чижевська, Л.Т. Екологічні проблеми поверхневих вод Волинської області Т.4 [Текст] / Л.Т. Чижевська. – К.-Луцьк: РВ ЛДТУ, 2002. – С. 164-166.
7. Кукурудза, С.І. Гідроекологічні проблеми суходолу [Текст] / С.І. Кукурудза. – Л.: Світ, 2009. – С. 101-113.
8. Сніжко, С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод [Текст] / С.І. Сніжко. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
9. Хільчевський, В.К. Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра Т.4 [Текст] / В.К. Хільчевський, В.В. Маринич, В.М. Савицький. – К.-Луцьк: РВ ЛДТУ, 2002. – С. 167-169.
10. Осадчий, В.І. Вплив урбанізованих територій на хімічний склад поверхневих вод басейну Дніпра [Текст] / В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Н.М. Мостова. – К. : Наук. праці УкрНДГМІ. – 2002. – Вип. 250 – с. 242-261.
11. Коваль, В. В. Динаміка забруднення вод сільськогосподарського призначення нітратами в умовах Полтавської області [Текст] / В. В. Коваль, В. О. Наталочка, С. К. Ткаченко та ін. // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – №2. – С. 32–36.
12. Сніжко, С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод [Текст] : підручник / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 264 с. : іл.
13. Третьяков, О. В. Підвищення ефективності прогнозування впливу техногенного забруднення на поверхневі водойми. [Текст] / О.В. Третьяков, В.Л. Безсонний, Р.В. Пономаренко, П.Ю. Бородич // Проблеми надзвичайних ситуацій. - 2019. - № 1(29). - с. 61-78.
14. Карта Моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України. [Електронний ресурс] / Державне агентство водних ресурсів України. Режим доступу: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>
15. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [Текст] : надано чинності наказом Держспоживстандарту України від 05.07.07 р. №144. Офіц. вид. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 39 с. : іл. + додатки. ( Національний стандарт України ).
16. Підвищення екологічної безпеки питного водопостачання регіону в умовах забруднення поверхневого джерела [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01 / Пономаренко Роман Володимирович ; Сум. держ. ун-т. - Суми, 2011. - 149 арк. : рис., табл.
17. Беспалова, Л.Е. Водна токсикологія [Текст] : навчальний посібник / Л.Е. Беспалова, В.В. Оліфіренко, А.В. Рачковський – Херсон: ВЦ «Колос», 2011. – 131 с.

18. Bezsonnyi, V., Tretyakov, O., Khalmuradov, B., Ponomarenko, R. (2017) Examining the dynamics and modeling of the oxygen regime of the Chervonooskil water reservoir. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 5/10 (89), 32–38. Retrieved from <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5546>

### References

- Marynich, O, Shishchenko, P. (2005) Physical Geography of Ukraine: Textbook. - K.: Knowledge, 128.
- Savchuk, D. (2003) Ecological and economic aspects of the functioning of the Dnieper reservoirs. *Ecological Bulletin*, 5-6, 24-26.
- Bilyavsky, G, Padun, M, Furdy, R. (1995) Fundamentals of general ecology. - K.: Libid, 368.
- Boyarin, M. (2006) Integral ecological index of the ecosystem of the Western Bug River basin. *Nauk. hanging VSU them. Lesya Ukrainka. - Eria: Geographer. Sciences*, 2, 171-175.
- Grib, J. (2003) On the frequency of characteristics in ecological classification of surface water quality. *Mushroom. Hydrobiological Journal*, 3, 38-43.
- Chizhevskaya, L. (2002) Environmental problems of surface waters of Volyn region T.4 - K.-Lutsk: RV of LSTU, 164-166.
- Corn, S. (2009) Hydro-ecological problems of land - L.: Svit, 101-113.
- Snizhko, S. (2001) Assessment and prediction of natural water quality - K.: Nika-Center, 264.
- Khilchevsky, V., Hilchevsky, B., Marynich, B., Savitsky, S. (2002) Comparative assessment of the river water quality of the Dnieper basin T.4 - K.-Lutsk: RV LDTU, 167-169.
- Osadchy, V., Osadcha, N., Mostova, N. (2002) Influence of urban areas on the chemical composition of surface waters of the Dnieper basin - K.: *Sciences. works of UkrNDHMI*, 250, 242-261.
- Koval, V., Natalochka, V., Tkachenko, S. ect. (2011) Dynamics of pollution of agricultural waters by nitrates in the conditions of the Poltava region. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 32-36.
- Snizhko, S. (2001) Assessment and prediction of natural water quality: a textbook - K.: Nika-Center, 264 : il.
- Tretyakov, O, Sleepless, V, Ponomarenko, R, Borodych, P (2019) Increasing the efficiency of predicting the impact of technogenic pollution on surface water bodies. *Problems of emergencies*, 1 (29), 61-78.
- Map of Monitoring and Environmental Assessment of Water Resources of Ukraine. (n.d.) State Water Resources Agency of Ukraine. Retrieved from <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>
- DSTU 4808: 2007. Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and selection rules: issued by the Decree of the State Consumer Standard of Ukraine # 147 dated 05.07.07. Offic. kind. K.: State Consumer Standard of Ukraine, 2007. 39 p. : il. + apps. (National Standard of Ukraine).
- Ponomarenko, R. (2011) Improvement of ecological safety of drinking water supply of a region in conditions of pollution of a surface source : dis. ... Cand. tech. Sciences: 21.06.01. Sums. state. Univ. - Sumy, 149 : Fig., Table.

- Bespalova, L., Olifirenko, V., Rachkovsky, A. (2011) Aquatic toxicology: a textbook - Kherson: VC "Kolos", 131.
- Bezsonnyi, V., Tretyakov, O., Khalmuradov, B., Ponomarenko, R. (2017) Examining the dynamics and modeling of the oxygen regime of the Chervonooskil water reservoir. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 5/10 (89), 32–38. Retrieved from <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5546>

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор кафедри природоохоронних технологій екології та безпеки життєдіяльності С.М. Логвінков, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Харків, Україна

**Автор:** ПОНОМАРЕНКО Роман Володимирович  
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник начальника кафедри пожежної та рятувальної підготовки Національний університет цивільного захисту України  
E-mail – [prv@nuczu.edu.ua](mailto:prv@nuczu.edu.ua)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6300-3108>

**Автор:** ПЛЯЦУК Леонід Дмитрович  
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної екології  
Сумський державний університет  
E-mail – [l.plyacuk@ecolog.sumdu.edu.ua](mailto:l.plyacuk@ecolog.sumdu.edu.ua)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7032-1721>

**Автор:** ТРЕТЬЯКОВ Олег Вальтерович  
доктор технічних наук, доцент, професор кафедри гігієни та фізіології людини  
Харківська державна академія фізичної культури  
E-mail – [mega\\_ovtr@ukr.net](mailto:mega_ovtr@ukr.net)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0457-9553>

**Автор:** АБЛЄЄВА Ірина Юріївна  
кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної екології  
Сумський державний університет  
E-mail – [i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua](mailto:i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2333-0024>

**Автор:** БУЦЮрій Васильович  
кандидат географічних наук, завідувач кафедри природоохоронних технологій, екології та безпеки життєдіяльності  
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця  
E-mail – [yurii.buts@hneu.net](mailto:yurii.buts@hneu.net)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0450-2617>

**Автор:** БАРБАШИН Віталій Валерійович  
кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони  
праці та безпеки життєдіяльності  
Харківський національний університет міського  
господарства імені О. М. Бекетова  
E-mail – barbachyn@ukr.net  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3262-8305>

## IMPROVEMENT OF METHODOLOGY DETERMINATION OF THE QUALITATIVE CONDITION OF THE AQUATIC ECOSYSTEM (ON THE EXAMPLE OF THE DNIEPER RIVER)

R. Ponomarenko<sup>1</sup>, L. Plyatsuk<sup>2</sup>, O. Tretyakov<sup>3</sup>, I. Ablieieva<sup>2</sup>, Yu. Buts<sup>4</sup>, V. Barbashyn<sup>5</sup>

<sup>1</sup>National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine

<sup>2</sup>Sumy State University, Ukraine

<sup>3</sup>Kharkiv State Academy of Physical Education, Ukraine

<sup>4</sup>Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine

<sup>5</sup>O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*The changes in the ecological state of the water of the Dnieper basin have been analyzed and the possible causes of this phenomenon and the possible ways to improve its ecological status have been identified.*

**Methodology.** *The analysis was performed taking into account changes in the content of the normalized parameters: sums of anions; dissolved oxygen in water; biochemical oxygen consumption; phosphates, nitrites, nitrates, as well as ammonium. The assessment was carried out using a retrospective analysis of the monitoring data and environmental assessment of Ukraine's water resources by the State Water Resources Agency of Ukraine over the past 10 years. A retrospective analysis was conducted according to the data on the control of water intake on the Dnieper within the Basin Water Resources Management at 14 posts. The analysis was carried out taking into account the requirements of the State Standard of Ukraine 4808: 2007.*

**Results.** *In the future, changing the ecological status of the surface waters of the Dnieper basin in the direction of its improvement cannot happen without the development and implementation of a reliable and effective model for predicting its ecological status. The solution to the complex problem of environmental rehabilitation of the Dnieper basin should be taken to a new level in accordance with fundamental changes in the nature management and economic development strategy of the country and only through the development of a national program of restoration of its ecological status. To date, the only possible solution to the problem of deterioration of the Dnieper's environmental status may be to create effective levers for managing the Basin Directorate, including by improving the methodological basis of its environmental monitoring system.*

**Originality.** *The study is based on an integrated approach, which includes conducting a retrospective analysis of all available data in the State Agency for Water Resources of Ukraine, which takes into account the principles of biodiversity conservation, sustainable use of water resources, management and river basins, monitoring and evaluation of information on their status.*

**Practical value.** *The results of the study can be used in the development and implementation of a reliable and effective model for predicting the ecological status of surface waters of the Dnieper basin. References 18, tables 4, figures 9.*

**Keywords:** *Dnieper basin, ecological status, anthropogenic load, quality assessment, environmental improvement.*