



УДК: 504.4.054:528.94

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ЗАКОНОМІРНІСТЬ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ В РІЧЦІ ДНІПРО

В. І. ПІЧУРА, доктор сільськогосподарських наук, доцент

І. О. ШАХМАН, кандидат географічних наук, доцент

Херсонський державний аграрний університет

А. М. БИСТРЯНЦЕВА, кандидат фізико-математичних наук

Херсонський державний університет

E-mail: pichuravitalii@gmail.com

Визначена просторово-часова закономірність формування гідрохімічних показників та виконана комплексна оцінка якості води річки Дніпро у період 1990 – 2015 рр. за різними методиками і нормативами якості води поверхневих водних об'єктів для питних потреб, культурно-побутового та рекреаційного, рибогосподарського призначення. Встановлено, що негативний вплив на формування якості дніпровської води мають підвищений вміст важких металів та біогенних речовин, які поступово акумулюються в напрямку течії р. Дніпро. Створена модель просторової тенденції зміни якості води із використанням модифікованого індексу забруднення води (МІЗВ), розрахованого на основі середньорічних концентрацій шести показників оцінки якості води, які значно перевищують їх гранично допустимі концентрації: розчинений кисень, біохімічне споживання кисню у воді за 5 діб (БСК5), азот амонійний, фосфат, цинк і мідь. Встановлено, що в результаті значного використання водних ресурсів та зональних особливостей інтенсивного ведення сільського господарства спостерігається просторова закономірність суттєвого збільшення значення МІЗВ у 4,2-6,4 рази від витoku до дельти річки Дніпро. Якість води у Нижньому Дніпрі для питного, культурно-побутового та рекреаційного призначення відповідає класам «чиста» (II клас) – «помірно забруднена» (III клас) за значеннями МІЗВ і «забруднена» (II клас) – «брудна» (III клас) за значеннями комбінаторного індексу забруднення (КІЗ). Особливо низьку якість дніпровська вода має для рибогосподарського призначення, за МІЗВ вода є «помірно забрудненою» (III клас) – «забрудненою» (IV клас)», за значенням КІЗ якість води відноситься до статусу «забруднена» (II клас) – «брудна» (III клас). Систематична акумуляція і перевищення значень гранично допустимих концентрацій важких металів та біогенних речовин у поверхневих водах р. Дніпро унеможливує забезпечення сприятливих умов для використання води для питних потреб, культурно-побутового та рекреаційного, рибогосподарського призначення. Негативні процеси в значній мірі ускладнені дифузним забрудненням поверхневих вод в результаті інтенсивного і нераціонального ведення сільського господарства та відсутності обґрунтованих заходів щодо оптимізації структури земельного фонду на основі басейнових позиційно-динамічних і адаптивно-ландшафтних протиерозійних принципів геопланування з метою максимального зменшення негативного сільськогосподарського впливу на екосистему і створення передумови для раціонального використання та оздоровлення земельних і водних ресурсів трансграничного басейну Дніпра.

Ключові слова: оцінка якості води, гідрохімічні показники, показники якості, класифікація якості, просторово-часовий аналіз, моделювання



Актуальність. Поверхневі водні ресурси представляють собою високоорганізовані гідроекосистеми, які складаються із живих (біоценозів) і неживих (біотопів) компонентів, що функціонують як єдине ціле. Склад і структура водних біоценозів залежать від кліматичних, географічних, гідрологічних, фізико-хімічних та інших особливостей біотопів, які являються чинниками формування якості води. З іншого боку, нормальне функціонування біоценозів визначає природний склад і властивості води. У разі порушення екологічної рівноваги екосистеми змінюється склад води і умови водокористування. Також водні об'єкти зазнають великого антропогенного навантаження у зв'язку з їх багатофункціональним використанням: питного, господарсько-побутового та промислового водоспоживання; прийом стічних і дренажних вод; водні транспортні артерії і лісоплав; використання в лікувальних цілях і рекреація; рибне і мисливське господарство; гідроенергетика, гідротехнічне будівництво, зрошення і видобуток корисних копалин тощо [1], що значно порушує їх нормальне функціонування, і, як наслідок, відбувається докорінна трансформація та становлення нових, як правило, негативних, антропогенно-обумовлених умов функціонування водних екосистем.

У всіх розвинутих країнах якість води є предметом особливої уваги держави, засобів масової інформації та населення. Оцінка якості води є досить трудомістким завданням, оскільки базується на порівнянні середніх концентрацій, які спостерігаються в пункті контролю якості вод з установленими нормами для кожного інгредієнта.

Наслідуючи принцип єдності природних вод, сформульований В. І. Вернадським, основою сучасної системи якості вод (питних, стічних, поверхневих і підземних) повинні бути класифікації, які охоплюють показники і критерії складу та властивостей води (фізичних, хімічних, біологічних), які в сукупності придатні для вирішення

широкого кола проблем, пов'язаних з різними видами водогосподарської діяльності, використанням та охороною водних ресурсів. Така система повинна відповідати одночасно екологічним, гігієнічним та технологічним вимогам. На сьогодні такої системи немає, зважаючи на складність міждисциплінарної задачі. Також, не існує загальновизнаного універсального методу оцінювання якості водних об'єктів або ступеня їх забруднення, чи якості води. Існуючі численні методи та методики прямо або опосередковано базуються на трансформації кількісних показників у якісні індекси екологічного стану. Саме на основі методик трансформації розробляються численні авторські (експертні) методики, котрі можна класифікувати як за областю дослідження стану водного середовища (гідрохімічного, гідрологічного, санітарно-гігієнічного, мікробіологічного, гідроекологічного тощо), так і за видом водокористування – для питних потреб, зрошення, риборозведення, рекреації тощо [2, 3].

Оцінка якості води є ключовим завданням будь-яких заходів в галузі водокористування, раціонального природокористування та проведення природоохоронних дій у водних об'єктах та їх басейнів. Якість води оцінюють за широким спектром показників – біологічних (гідробіологічних, бактеріологічних) та фізико-хімічних (гідрохімічних, гідрофізичних, гідрологічних).

В даний час для визначення екологічного стану річки або річкового басейну широко використовуються біологічні методи, засновані на оцінці стану флори і фауни водних ресурсів [4-6].

Одним з основних якісних показників річкових вод є їх гідрохімічний режим, що визначається впливом багатьох факторів, серед яких можна виділити такі як динаміка водності річки (стоку), природнокліматичні умови, інтенсивність господарської діяльності людини тощо. Використання фізико-хімічних методів передбачає визна-



чення абіотичних чинників: температури, прозорості води, концентрації завислих речовин, іонного складу, мінералізації, концентрації біогенних елементів, органічної речовини, розчиненого у воді кисню, різноманітних токсинів, водневого показника (рН) тощо. Традиційно якість води визначається хімічними методами.

Системний аналіз існуючих проблем екологічного нормування якості природних вод та ефективність застосування інтегральних індексів [7] показав, що всі вони пов'язані з використанням кількісних характеристик – гранично допустимих концентрацій (ГДК). При всіх недоліках ГДК [8], більш ефективного загальноовизнаного варіанту застосування існуючих екологічних нормативів на сьогодні у світі не існує.

Питання комплексної оцінки екологічного стану екосистем, зокрема дослідження особливостей формування динаміки стоку і якості води річки Дніпро та його приток представлені в наукових працях Н. Г. Александрової [9], Л. Г. Будкіної [10], Ф. М. Лисецького [11, 12], В. Д. Романенко [13, 14], Ю. В. Пилюпенка [15], І. О. Шахман [16], С. О. Афанасьєва [17, 18], А. Г. Ободовського [19], П. М. Линника [20-22], О. С. Данильченко [23] та інших вчених.

Науковці відзначають, що за останніми дослідженнями поверхневих вод р. Дніпро, особливо в середній та нижній її течії, відбувається постійне їх забруднення та спостерігається перевищення значень ГДК речовин (вміст заліза, амонію, сульфатів, біогенних речовин тощо). Щербак В. І. [24] вказував, що однією із основних проблем сьогодення у негативній зміні якості води р. Дніпро є масова приватизація та забудова водоохоронних санітарних зон. Також слід відзначити, що ці зони в басейні Дніпра широко використовуються для потреб сільського господарства. Головними сезонними факторами, що впливають на якість поверхневих вод, є інтенсивні ерозійно-небезпечні дощі і танення снігів, які призводять до

змиву великої кількості різних забруднюючих речовин із поверхневими частками ґрунтів і акумуляції їх у водних об'єктах; висока літня температура або спека, що стимулює у Дніпрі масове цвітіння зелених водоростей, процеси гниття, зменшення кисню у воді, призводить до значного погіршення їх фізико-хімічного і трофічного стану та масовий мор риб. Тому визначення допустимого антропогенного навантаження на водні об'єкти є необхідним заходом для збереження екологічної рівноваги та якості води у водоймах і водотоках басейну Дніпра, які є об'єктами водокористування та акумуляції забруднюючих речовин одночасно. Для забезпечення безпеки поверхневих вод, перш за все, необхідні адекватні оцінки екологічного стану водних об'єктів. Нормативний стан, має служити критерієм для оцінки ступеня негативного впливу і розрахунків допустимого антропогенного навантаження в межах компенсаційних можливостей екосистем басейна р. Дніпро.

Мета досліджень – визначити просторово-часові закономірності формування гідрохімічних показників та виконати комплексну оцінку якості води річки Дніпро у період 1990 – 2015 рр. за різними методиками і нормативами якості води поверхневих водних об'єктів для питних потреб, культурно-побутового та рекреаційного, рибогосподарського призначення.

Матеріали і методи досліджень. У дослідженнях використанні дані за 12-ма міждержавними гідрологічними постами (рис. 1а) моніторингу якості води екологічної бази даних басейна Дніпра за 1990 – 2002 рр. (<http://dnipro.ecobase.org.ua>), яка була створена в межах програми ПРООН-ГЕФ екологічного оздоровлення басейну Дніпра, дані державного моніторингу водних об'єктів, представлених у Херсонській області мережею станцій і постів контролю стану довкілля Державною екологічною інспекцією та Державним агентством водних ресурсів за

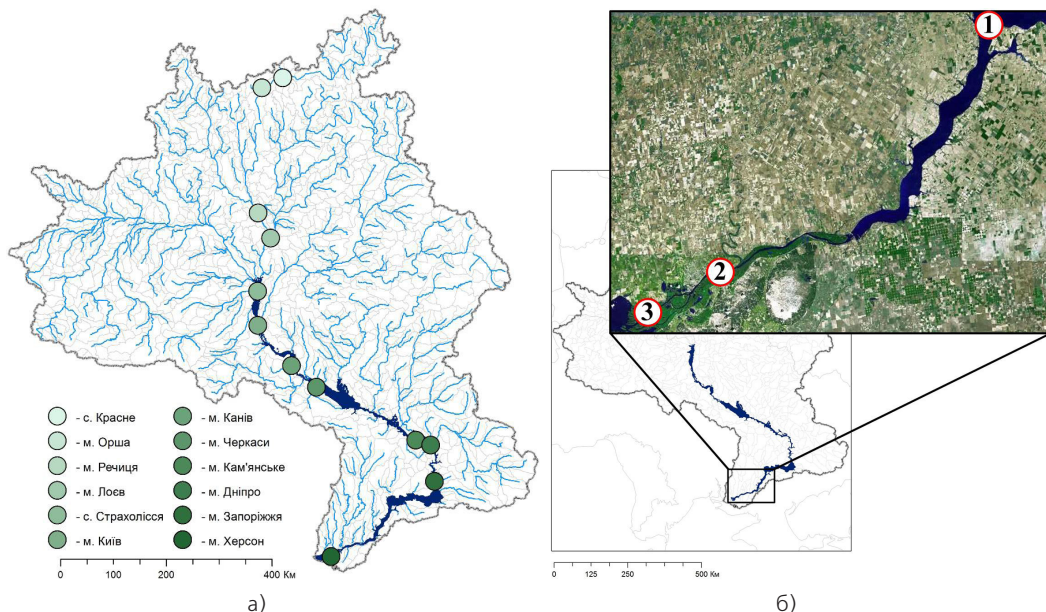


Рис. 1. Просторовий розподіл гідрологічних постів моніторингу якості води річки Дніпро: а) період досліджень 1990 – 2002 рр.; б) період досліджень 2013 – 2015 рр. (1 – смт. Нововоронцовка-Ушкалка, Каховське вдсх. (195 км від гирла); 2 – м. Херсон, 1 км вище міста (40 км від гирла); 3 – с. Кизомис, рукав Рвач (0 км від гирла))

2013 – 2015рр. у нижньому Дніпрі (рис. 16).

У діяльності установ Державної гідрометслужби та Державного агентства водних ресурсів України застосовується методика оцінки якості води Гідрохімічного інституту [25]. Поширеною методикою інтегральної оцінки є також розрахунок індексів забруднення води [26]. Фахівці Одеського державного екологічного університету С. М. Юрасов, Т. А. Сафранов, А. В. Чугай та ін. [27-30] пропонують виконувати порівняльний аналіз оцінки якості води річок за різними методиками.

Комплексні індекси, на основі яких здійснюється екологічна оцінка якості вод, розраховуються за всіма гідрохімічними показниками або за їхніми частинами. Вони характеризують стан води в цілому, при цьому інформація за окремими показниками втрачається.

Послідовність виконання оцінки якості води складається з двох етапів: на першому етапі здійснюється розрахунок значення

показника, а на другому – за розрахованим значенням індексу і за шкалою якості надається словесна характеристика якості води. Оцінка представляється в балах.

Оцінка якості води в дослідженні здійснена за трьома критеріями: індексом забруднення води (ІЗВ), модифікованим індексом забруднення води (МІЗВ) і комбінованим індексом забруднення (КІЗ).

До I класу належать води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Значення їх гідрохімічних і гідробіологічних показників близькі до природних значень для даного регіону. Для вод II класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги. До III класу належать води, які перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. Води IV–VII класів – це води з порушеними екологічними параметрами, і їхній екологічний стан оцінюється як екологічний регрес.



Комплексна оцінка якості води р. Дніпро здійснена за різними методиками і діючими в Україні нормативами якості води поверхневих водних об'єктів для питних потреб, культурно-побутового та рекреаційного, рибогосподарського призначення [30-32].

Результати досліджень та їх обговорення. У сезон весняної повені дніпровська вода може мати значні перевищення нормативів якості води за вмістом органічних сполук, марганцю, показниками кольору і мутності, хімічного та біологічного споживання кисню тощо, що визвано випаданням в Дніпро річок, які протікають в болотистих місцевостях (рр. Прип'яті, Тетерева, Ірпеня) і живляться водами багатими на органіку (р. Десна), марганець та інші сполуки. У результаті ерозійних процесів і змиву із сільськогосподарських угідь на значній території басейну р. Дніпро відбувається дифузне забруднення, що спричиняє потрапляння у водні ресурси пестицидів і хімічних речовин, які широко використовують для ведення інтенсивного сільського господарства. Також додатковим навантаженням є «гарячі» точки або локальні джерела забруднення дніпровської води, серед яких лідирує місце займають скиди очисних споруд великих міст, котрі не здатні очистити міські стоки відповідно до встановлених норм. За останнє десятиліття уміст біогенних речовин у стоках, що потрапляють на очисні споруди, підвищився в десятки разів. Окрім зміни санітарно-хімічного режиму р. Дніпро відбувається мікробіологічне і вірусне забруднення поверхневих вод, про що свідчить щорічне закриття пляжів в літній сезон. Ще одна причина погіршення якості води – абразія берегів, яка відбувається як антропогенним, так і природним шляхом. Більшість дніпровських берегів руйнуються через незаконні забудови водоохоронної санітарної зони. Крім того, щорічно частина берегів «з'їдається» водосховищами. Великою проблемою до сьогоднішнього дня залиша-

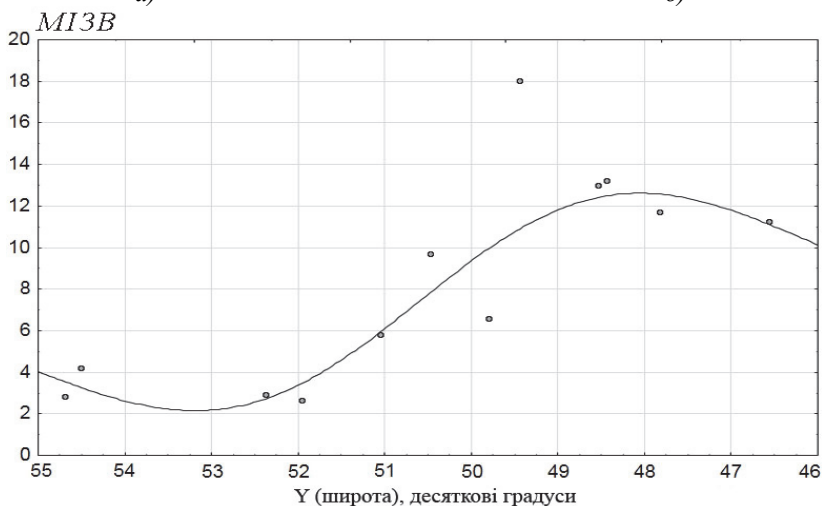
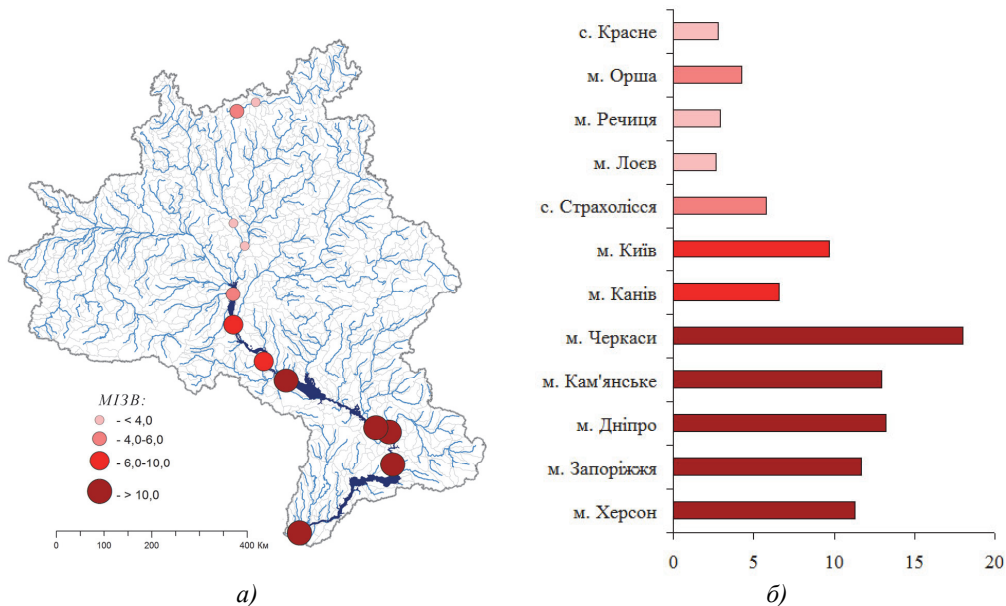
ється заболочування Дніпра в результаті створення шести водосховищ, що не дозволяє річці існувати повноцінно в природних умовах. Усі ці проблеми із року в рік загострюються постійним підсиленням антропогенного тиску на екосистему басейна р. Дніпро. За даними програми ПРООН-ГЕФ екологічного оздоровлення басейну Дніпра побудовані карти та визначені просторово-часові закономірності зміни якості води в період 1990 – 2002 рр. Встановлено, що за хіміко-фізичними властивостями (рН, залежлі речовини) дніпровська вода у 83,3 % випадків, зафіксованих на гідрологічних постах, відноситься до II класу якості, а решта – до I класу; за газовим режимом (розчинений кисень) якість води відноситься до I-го класу; сольовим складом (сульфати, хлориди, сума іонів) у 80 % випадків відноситься до першого класу, в інших 20 % – до II класу; за органічними та біогенними речовинами (азот амонійний, азот нітратний, фосфати, БСК5) у 43,8 % випадків якість води відноситься до III класу, 35,4 % – до II-го, 18,7% – до I класу на гідропостах, які розташовані у верхній течії р. Дніпро, та у 2,1 % – у нижній течії Дніпра – до IV класу. Також у дніпровській воді спостерігається значне перевищення гранично допустимих концентрацій вмісту важких металів (мідь, марганець, цинк). За цими показниками у 61 % випадків якість води віднесено до III класу, решта – до II-го. За вмістом органічних токсин, а саме нафтопродуктів, якість води річки Дніпро віднесено до I класу, а за синтетичними поверхнево-активними речовинами – до II класу якості води.

У результаті комплексної оцінки якості води за усередненими щорічними даними 12-ти гідрологічних постів (1990 – 2002 рр.) встановлено, що якість води р. Дніпро для питних потреб, культурно-побутового та рекреаційного, рибогосподарського призначення, за значеннями ІЗВ, відноситься до «дуже чистого» та «чистого» статусу. За МІЗВ для питних, культурно-по-



бутових та рекреаційних потреб якості води відноситься до меж класів «чиста» – «помірно забруднена», для рибогосподарського призначення дніпровська вода не

відповідає критеріям і знаходиться в межах якісних характеристик «помірно забруднена» – «надзвичайно забруднена». За комбінованим індексом забруднення води (КІЗ)



$$MI3B = 7,3 - 4,73 \cdot \cos(0,464y) + 0,240 \cdot \sin(0,464y) + 0,245 \cdot \cos(0,928y) + 1,190 \cdot \sin(0,928y), r^2 = 0,82$$

де, y – широта, десяткові градуси

Рис. 2. Просторовий розподіл модифікованого індексу забруднення води (МІЗВ) річки Дніпро за період 1990 – 2002 рр.: а) картограма, б) розподіл за пунктами гідрологічних спостережень, в) функція просторової зміни МІЗВ в напрямку течії річки



визначений найгірший статус води у р. Дніпро за різним її призначенням в межах класів «брудна» – «забруднена».

Значний негативний вплив на формування якості дніпровської води в часі та просторі мають підвищений вміст важких металів та біогенних речовин, які поступово акумулюються в напрямку течії р. Дніпро. Просторова тенденція зміни якості води визначена із використанням МІЗВ, розрахованого на основі середньорічних концентрацій шести показників оцінки якості води: розчинений кисень, біохімічне споживання кисню у воді за 5

діб (БСК5), азот амонійний, фосфати, цинк і мідь. Встановлено, що в результаті значного використання водних ресурсів та зональних особливостей інтенсивного ведення сільського господарства спостерігається просторова закономірність збільшення значення МІЗВ у 4,2-6,4 рази від витоків до дельти річки Дніпро (рис. 2).

Підвищення концентрації важких металів і акумуляція біогенних речовин призводить до значного погіршення якості поверхневих вод і трофічного їх статусу в середній та нижній течії річки Дніпро. За результатами просторово-часового

1. Комплексна оцінка якості води р. Дніпро – м. Херсон, 1 км вище міста (40 км від гирла) за різними методиками і нормативами якості води поверхневих водних об'єктів рибогосподарського призначення за період 1990 – 2002 рр.

Роки	Якісна оцінка ступеня забруднення								
	ІЗВ			МІЗВ			КІЗ		
	Значення	Клас якості води	Ступінь чистоти	Значення	Клас якості води	Ступінь чистоти	Значення	Клас якості води	Характеристика забруднення води
1990	0,83	II	чиста	5,86	V	брудна	68	IV	дуже брудна
1991	0,27	I	дуже чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	41	III	брудна
1992	0,32	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	41	III	брудна
1993	0,36	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	37	III	брудна
1994	0,37	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	37	III	брудна
1995	0,94	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	63	III	брудна
1996	0,36	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	24	II	забруднена
1997	0,37	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	30	II	забруднена
1998	0,39	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	30	II	забруднена
1999	0,41	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	33	II	забруднена
2000	0,40	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	33	II	забруднена
2001	0,41	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	32	II	забруднена
2002	0,40	II	чиста	>10	VII	надзвичайно брудна	29	II	забруднена



аналізу даних у період досліджень 1990 – 2015 рр. встановлено, що якість води у нижньому Дніпрі має значну диференціацію відповідно до різних потреб, яка обумовлена негативним антропогенним навантаженням на транскордонний басейн, що призвело до зміни природного стану та дисбалансу цілісності функціонування екосистеми, і деструкції синергетичного процесу саморегуляції, самоочищення та самовідновлення річки Дніпро.

Ретроспективна комплексна оцінка якості води р. Дніпро на гідрологічному посту м. Херсон в період 1990 – 2002 рр. за різними методиками і нормативами якості води поверхневих водних об'єктів, призначених для питних потреб, достатньо неоднозначна. За значеннями ІЗВ вода відноситься до I класу «дуже чиста» та II класу «чиста», що є достатньо сумнівним результатом і, на наш погляд, абсолютно не об'єктивним. Більш об'єктивні результати, які описують стан зміни якості води, отримані на основі двох інших індексів – МІЗВ та КІЗ. За їх розрахунками дніпровська вода для питного, культурно-побутового та рекреаційного призначення за значеннями МІЗВ відповідає класам «чиста» (II клас) – «помірно забруднена» (III клас) і «забруднена» (II клас) – «брудна» (III клас) за значеннями КІЗ. Ця тенденція значно не змінилася за період досліджень (2013 – 2015 рр.) та до сьогоднішнього дня, що підтверджує наявність стабільних антропогенно-обумовлених процесів забруднення поверхневих вод Дніпра. Особливо низьку якість дніпровська вода має відповідно нормативів рибогосподарського призначення. В період досліджень 1990-2002 рр. за показником МІЗВ вона була віднесена до VII класу «надзвичайно брудна» (табл. 1), за значенням КІЗ вода мала статус «забруднена» (II клас) – «брудна» (III клас).

Для сучасного періоду спостережень (2013 – 2015 рр.) ситуація дещо покращилася, але все одно залишилася дуже неспри-

ятливою для рибного господарства: за МІЗВ вода змінюється від «помірно забрудненої» (III клас) до «забрудненої» (IV клас) (табл. 2), за значенням КІЗ якість води відноситься до статусу «забруднена» (II клас) та «брудна» (III клас). Несуттєве покращення якості води обумовлене зменшенням антропогенного навантаження промислової та транспортної галузі.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Представлені результати оцінки якості води р. Дніпро наведеними методиками дозволяють простежити збереження стійкої просторово-часової тенденції формування низької якості води, яке обумовлене значним антропогенним порушенням природної цілісності функціонування екосистеми басейну р. Дніпро та вторинним забрудненням від постійної акумуляції шкідливих речовин.

Негативне антропогенне навантаження на транскордонний басейн призвело до зміни природного стану, дисбалансу та деструкції басейнових структур і екосистеми водозбору в цілому, зниження здатності до саморегуляції, самоочищення та самовідновлення ріки Дніпро. До того ж, низька якість води значно ускладнює процес її підготовки для подачі на питні потреби, що посилюється роботою застарілого обладнання станцій з підготовки та очищення води на р. Дніпро, які були побудовані близько 40-60 років назад, і були розраховані на більш високу (I-II клас) якість дніпровської води, ніж та, яке є на сьогоднішній день.

Зниження стабільності функціонування водної екосистеми ускладнюється акумулятивними процесами продуктів ерозійного руйнування ґрунтів, суттєвим збільшенням концентрацій важких металів і біогенних речовин у 4,2–6,4 рази, що знижує придатність води для питних потреб, культурно-побутового та рекреаційного, рибогосподарського використання. Негативні процеси в значній мірі усклад-



2. Зведені результати оцінки якості води нижнього Дніпра за різними методиками за нормативами якості води поверхневих водних об'єктів рибогосподарського призначення за 2013 – 2015 рр. (пост 1 – смт. Нововоронцовка-Ушкалка, Каховське водсх.; пост 2 – м. Херсон, 1 км вище міста; пост 3 – с. Кизомис, рукав Рвач)

Пост	Якісна оцінка ступеня забруднення								
	ІЗВ			МІЗВ			КІЗ		
	Значення	Клас якості води	Ступінь чистоти	Значення	Клас якості води	Ступінь чистоти	Значення	Клас якості води	Характеристика забруднення води
2013 рік									
1	0,35	II	чиста	1,58	III	помірно забруднена	43	III	брудна
2	0,31	II	чиста	1,44	III	помірно забруднена	40	III	брудна
3	0,32	II	чиста	1,43	III	помірно забруднена	40	III	брудна
2014 рік									
1	0,26	I	дуже чиста	1,19	III	помірно забруднена	36	II	забруднена
2	0,23	I	дуже чиста	1,25	III	помірно забруднена	32	II	забруднена
3	0,30	I	дуже чиста	1,21	III	помірно забруднена	51	III	брудна
2015 рік									
1	1,29	III	помірно забруднена	3,39	IV	забруднена	43	III	брудна
2	1,27	III	помірно забруднена	3,33	IV	забруднена	46	III	брудна
3	1,28	III	помірно забруднена	3,48	IV	забруднена	46	III	брудна

нюються дифузним забрудненням поверхневих вод в результаті інтенсивного і нерационального ведення сільського господарства та відсутності обґрунтованих заходів щодо оптимізації структури земельного фонду на основі басейнових позиційно-динамічних і адаптивно-ландшафтних про-

тиерозійних принципів геопланування з метою максимального зменшення негативного сільськогосподарського впливу на екосистему і створення передумови для рационального використання та оздоровлення земельних і водних ресурсів транскордонного басейну Дніпра.

Література

1. Неверова-Дзиопак Е. В. Об экологической безопасности водных объектов / Е. В. Неверова-Дзиопак, Л. И. Цветкова, С. В. Макарова, А. В. Киселев // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №3. Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6303>



2. Шитиков В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зінченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
3. Войтенко Л. В. Концепція інтегральної оцінки якості води для різних видів водоспоживання з використанням функції бажаності Харрінгтона / Л. В. Войтенко, В. А. Коплєвич, М. П. Строкаль // Біоресурси і природокористування. – 2015. – № 7 (1-2). – С. 25–36.
4. Семенченко В. П. Экологическое качество поверхностных вод / В. П. Семенченко, В. И. Разлуцкий. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 329 с.
5. Трансграничный диагностический анализ бассейна реки Днепр / ПРООН – ГЭФ, Программа экологического оздоровления бассейна реки Днепр. – [Минск]: [б. и.], 2003. – 217 с.
6. Липинская Т. П. Оценка экологического качества воды в системе «река-водохранилище-река» по структурным показателям сообщества макрозообентоса и биотическим индексам / Т. П. Липинская, И. Ю. Гигиняк // Вестник ВГУ. – 2011. – № 2(62). – С. 45–49.
7. Рисник Д.В. Подходы к нормированию качества окружающей среды. Законодательные и научные основы существующих систем экологического нормирования / Д.В. Рисник, С.Д. Беляев, Н.Г. Булгаков и др. // Успехи современной биологии. – 2012. – № 132 (6). – С. 531–550.
8. Бикбулатов Э. С. Функции желательности Харрингтона для оценки качества природных вод / Э. С. Бикбулатов, И. Э. Степанова // Экологическая химия. – 2011. – № 20 (2). – С. 94–104.
9. Александрова Н. Г. Комплексная оценка качества воды низовья Днепра / Н. Г. Александрова, Т. Г. Мороз, В. С. Полищук, Є. Я. Россова // Водные ресурсы. – 1985. – № 6. – С. 199–127.
10. Будкіна Л. Г. Деякі аспекти водного режиму дельти р. Дніпра в умовах антропогенного впливу / Л. Г. Будкіна, В. М. Тимченко, М. П. Колісник // Вісник Київського ун-ту. геогр. – 1985. – Вип. 27. – С. 44–49.
11. Лисецкий Ф. Н. Периодичность климатических, гидрологических процессов и озерного осадконакопления на юге Восточно-Европейской равнины / Ф. Н. Лисецкий, В. Ф. Столба, В. И. Пичура // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 4. – С. 19–25.
12. Реки и водные объекты Белогорья: [моногр.] / Ф. Н. Лисецкий, А. В. Дегтярь, Ж. А. Бурак [и др.]; под ред. Ф. Н. Лисецкого; ВОО «Рус. геогр. о-во», НИУ «БелГУ». – Белгород: КАНСТАНТА, 2015. – 362 с.
13. Комплексна оцінка екологічного стану басейну Дніпра / В. Д. Романенко, М. Ю. Євтушенко, П. М. Линник [та ін.]. – К.: Інститут гідробіології НАНУ, 2000. – 103 с.
14. Гідроекосистеми заповідних територій верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін: монографія / за ред. В. Д. Романенка, С. О. Афанасьєва, В. І. Осадчого. – К.: Кафедра, 2013. – 228с.
15. Пилипенко Ю. В. ГІС якісних параметрів водних об'єктів / Ю. В. Пилипенко, О. М. Філіна, Н. С. Нароха, А. А. Ліписивецький // Матеріали 4-й междунар. научно-практич. конф. «Использование ГИС-технологий при нормировании водопользования в орошаемом земледелии и в экологическом мониторинге». – Херсон, 2008. – С. 146–150.
16. Шахман І.О. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками / І. О. Шахман, Н. С. Лобода // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – № 17. – С. 123–136. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2016_17_16.
17. Афанасьєв С. О. Екологічні проблеми водокористування на території, що постраждала від аварії на Чорнобильській АЕС та рекомендації для населення / С. О. Афанасьєв, Г. О. Карпова, О. Л. Савицький [та ін.]; за ред. С. Д. Щербака, С. О. Афанасьєва. – К.: А-Центр, 2005. – 96 с.
18. Управление трансграничным бассейном Днепра: верхний Днепр. Экологическое состояние трансграничного участка Днепра (Украина – Беларусь) и интеркалибрация результатов гидробиологической оценки: (по материалам украинско-белорусской экспедиции на научно-исследовательском судне «Корвет»: монография / под ред. С. А. Афанасьєва, Т. Н. Середы. – К.: Кафедра, 2015. – 116 с.
19. Управление трансграничным бассейном Днепра: Суббасейн реки Припяти / под ред. А. Г. Ободовского, А. П. Станкевича, С. А. Афанасьєва. – К.: Кафедра, 2012. – 448 с.
20. Линник П. Н. Причины ухудшения качества воды в Киевском и Каневском водохранилищах / П. Н. Линник // Химия и технология воды. – 2003. – № 4 (25). – С. 384–403.
21. Linnik P. N. Impact of humic substances on the secondary pollution of an aquatic environment by heavy metals and some organic compounds caused by the bottom sediments / P. N. Linnik, T. A. Vasylychuk, V. P. Osypenko, A. V. Zubko // Polish Journal Chemistry. – 2008. – Vol. 82. – P. 411–418.



22. Linnik P. N. Some peculiarities of metal migration in the aerobic and anaerobic conditions in the surface water bodies / P. N. Linnik // *Russian Journal of General Chemistry*. – 2010. – No 13 (80). – P. 2682–2693.
23. Данильченко О. С. Екологічна оцінка якості води річок Сумської області / О. С. Данильченко // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. – 2016. – Т. 4. – С. 82-88. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2016_4_10
24. Щербак В. І. Національний природний парк “Прип’ять–Стохід”. Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів / В. І. Щербак, Н. В. Майстрова, А. О. Морозова, Н. Є. Семенюк; під ред. В. І. Щербака. – К.: Фітосоціоцентр, 2011. – 164 с.
25. Емельянова В. П. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям / В. П. Емельянова, Г. Н. Данилова, Т. Х. Колесникова // *Гидрохимические материалы*. – 1983. – № 88 – С. 119–129.
26. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С. І. Сніжко. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 262 с.
27. Юрасов С. М. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник / С. М. Юрасов, Т. А. Сафранов, А. В. Чугай. – Одеса: Екологія, 2012. – 168 с.
28. Юрасов С. Н. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення / С. Н. Юрасов, С. О. Кур’янова, Н. С. Юрасов // *Український гідрометеорологічний журнал*. – 2009. – № 5 – С. 42–53.
29. Юрасов С. Н. Учет временной изменчивости состава и свойств вод при оценке их качества по санитарным нормам на примере р. Днестр – г. Беляевка / С. Н. Юрасов, Е. А. Алексеев // *Український гідрометеорологічний журнал* – 2012. – № 11. – С. 14–23.
30. Державні санітарні нормативи та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – Київ, 2010. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
31. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суши та естуаріїв України: Методика: КНД 211.1.4.010-94. – К., 1994. – 37с.
32. Клименко М. О. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод / М. О. Клименко, Н. М. Вознюк, К. Ю. Вербецька // *Наукові доповіді НУБіП України*. – 2012. – № 8 (30). – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2012_1/12kmo.pdf

References

1. Neverova-Dziopak E.V., Tsvetkova L.I., Makarova S.V., Kiselev A.V. (2012) About the ecological safety of water bodies. Modern problems of science and education, No 3. URL: <https://www.science-education.ru/en/article/view?id=6303>
2. Shitikov V.K., Rosenberg G.S., Zinchenko T.D. (2003) Quantitative hydroecology: methods of system identification. Zinchenko. Togliatti: IEEB RAS, 463.
3. Voytenko L.V., Kopilevich V.A., Strokal M.P. (2015) The concept of integrated water quality assessment for different types of water consumption using Harrington's desirable function. *Bioresources and nature management*, No. 7 (1-2), 25-36.
4. Semenchenko V.P., Razlutsky V.I. (2010) The ecological quality of surface waters. Minsk: Belarus science, 329.
5. Transboundary diagnostic analysis of the Dnipro river basin (2003). UNDP-GEF, Program for the ecological improvement of the Dnipro Basin. Minsk, 217.
6. Lipinskaya T.P., Giginyak I.Yu. (2011) Estimation of the ecological quality of water in the "river-reservoir-river" system by structural indicators of the macrozoobenthos community and biotic indices. *Vestnik VSU*, No. 2 (62), 45-49.
7. Risnik D.V., Belyaev S.D., Bulgakov N.G. and others (2012) Approaches to the normalization of environmental quality. Legislative and scientific foundations of existing systems of environmental regulation. *Advances in modern biology*, No. 132 (6), 531-550.
8. Bikbulatov E.S., Stepanova I.E. (2011) Harrington desirability functions for assessing the quality of natural waters. *Ecological Chemistry*, No. 20 (2), 94-104.
9. Alexandrova N.G., Moroz T.G., Polishchuk V.S., Rossova E.Ya. (1985) Integrated assessment of water quality in the lower Dnipro. *Water resources*, No. 6, 199-127.
10. Budkina L.G., Timchenko V.M., Kolisnyk M.R. (1985) Some aspects of the water regime of Dnipro delta in the anthropogenic influence. *Bullitin of Kyiv university of geography*, Iss. 27, 44-49.



11. Lisetskiy F.N., Stolba V.F., Pichura V.I. (2013) Periodicity of climatic, hydrological processes and lake sedimentation in the south of the East-European plain. *Problems of regional ecology*, No. 4, 19-25.
12. Lisetskiy F.N., Degtyar A.V., Buryak Zh.A. (2015). Reki i vodnye obekty Belogoriya: [monografiia] [Rivers and water bodies Belogoriya: [monograph]]. Belgorod: KANSTANTA Publ., 362.
13. Romanenko V.D., Yevtushenko M.Yu., Linnik P.M., Arsan O.M., Kuzmenko M.I., Zhuravleva L.O., Klenus V.G., Pligin Yu.V., Scherbak V.I., Shevchenko P.G. (2000) Integrated assessment of the ecological condition of the Dnipro basin. Kiev: Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 103.
14. Hydroecosystems of the protected territories of the Upper Pripjat under climate change conditions: monograph (2013). Ed. V.D. Romanenko, S.O. Afanasyeva, V.I. Osadchiy. Kiev: Kafedra, 228 p.
15. Pilipenko Yu.V., Filina O.M., Narokh N.C., Lipysvitsky A.A. (2008) GIS of qualitative parameters of water objects. Materials of the 4th Intern. scientific-practical. conf. "Use of GIS technologies in water use valuation in irrigated agriculture and in environmental monitoring". Kherson, 146-150.
16. Shahman I.O., Loboda N.S. (2016) Estimation of water quality in the site of Ingulets river – city Snigurivka by hydrochemical indicators. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, No. 17, P. 123-136. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2016_17_16.
17. Afanasyev S.O., Karpova G.O., Savitsky O.L. and others (2005) Ecological problems of water use in the territory affected by the Chernobyl accident and recommendations for the population. Under red. S.D. Shcherbak, S.O. Afanasyev. Kiev: A-Center, 96.
18. Management of the transboundary basin of the Dnipro: the upper Dnieper. Ecological state of the transboundary section of the Dnipro (Ukraine – Belarus) and intercalibration of the results of the hydrobiological assessment: (based on the materials of the Ukrainian-Belarusian expedition on the Korvet scientific research vessel: monograph (2015). Edited by S. A. Afanasyeva, T.N. Sereda. Kiev: Kafedra, 116.
19. Management of the Transboundary Basin of Dnipro: Sub-basin of the Pripjat River (2012). Under the editorship of A.G. Obodovsky, A.P. Stankevich, S.A. Afanasyev. Kiev: Kafedra, 448.
20. Linnik P.N. (2003) The reasons for the deterioration of water quality in the Kiev and Kanev reservoirs. *Chemistry and Technology of Water*, Iss.25, No. 4, 384–403..
21. Linnik P.N., Vasylychuk T.A., Osypenko V.P., Zubko A.V. (2008) Impact of humic substances on the secondary pollution of an aquatic environment by heavy metals and some organic compounds caused by the bottom sediments. *Polish Journal Chemistry*, Vol. 82, 411–418.
22. Linnik P.N. (2010) Some peculiarities of metal migration in the aerobic and anaerobic conditions in the surface water bodies. *Russian Journal of General Chemistry*, Vol. 80, No 13, 2682–2693.
23. Danilchenko O.S. (2016) Environmental assessment of water quality in the rivers of the Sumy region. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, Vol. 4, 82-88. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2016_4_10
24. Shcherbak V.I., Maistrova N.V., Morozova A.O., Semeniuk N.E. (2011) National Nature Park "Pripjat-Stokhid". Varieties of algal flora and hydrochemical characteristic of aqualands. Kiev: Phytosociocenter, 164.
25. Emelyanova V.P., Danilova G.N., Kolesnikova T.X. (1983) Assessment of the quality of surface waters of the land by hydrochemical indicators. *Hydrochemical materials*, No 88, 119-129.
26. Snizhko S.I. (2001) Estimation and prediction of the quality of natural waters. Kiev: Nika-Center, 262 p.
27. Yurasov S.N., Safranov T.A., Chugay A.V. (2012) Assessment of the quality of natural waters: a manual. Odessa: Ecology, 168.
28. Yurasov S.N., Kurmanova S.O., Yurasov N.S. (2009) Comprehensive assessment of water quality by different methods and ways of its improvement. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, No. 5, 42-53.
29. Yurasov S.N., Alekseenko E.A. (2012) Allowance for the temporal variability of the composition and properties of waters in assessing their quality according to sanitary standards, on the example of Dniester – Belyaevka. *Ukrainian hydrometeorological journal*, No 11, 14-23.
30. State sanitary norms and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (2010). State sanit. Rules and Norms 2.2.4-171-10. Kyiv. Internet link: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
31. Environmental assessment of the quality of surface water of land and estuaries in Ukraine (1994). Methodology: KNI 211.1.4.010-94. Kyiv, 37.
32. Klimenko M.O., Voznyuk N.M., Verbetskaya K.Yu. (2012) Comparative analysis of surface water quality standards. Scientific reports of NUBiP of Ukraine, No. 8 (30). Access mode: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2012_1/12kmo.pdf



SUMMARY

V.I. Pichura, I.A. Shakhman, A.N. Bystriantseva. Spatial and temporal regularities of water quality formation in the Dnieper river/ Biological Resources and Nature Management. – 2018. – 10, №1–2. – P.44–57.

The study determines a spatial and temporal pattern of water quality formation in the Dnieper River and makes a comprehensive assessment of the water quality during the period of 1990-2015 based on various methods and regulations on water quality of surface water bodies for drinking needs, as well as for household, recreational and fish breeding purposes. It shows that increased concentrations of heavy metals and biogenic substances, which gradually accumulate along the river flow, have a negative influence on the Dnieper water quality. The paper presents a model of the spatial trend of water quality change using the modified water pollution index (MWPI) calculated on the basis of average annual concentrations on six indicators of water quality assessment, which significantly exceed their maximum permissible values: dissolved oxygen, biochemical oxygen consumption in water during a period of 5 days (BOC5), ammonium nitrogen, phosphates, zinc and copper. The findings prove that both the intensive use of water resources and zonal specifics of intensive agriculture lead to the spatial regularities an increase of the value of MWPI in 4.2-6.4 times from source to mouth of the Dnieper River. The quality of water of the Lower Dnieper used for drinking, household and recreational purposes refers to the following classes: "clean" (class II) – "moderately polluted" (class III) according to MWPI values, and

"polluted" (class II) – "contaminated" (class III) based on the combinatorial index of pollution (CIP) values. The Dnieper water used for fish farming purposes has extremely low quality; according to MWPI values, it is "moderately polluted" (class III) – "contaminated" (class IV); according to CIP values, the quality of water refers to the status of "polluted" (class II) – "contaminated" (class III). Systematical accumulation and exceeding values permissible concentrations of heavy metals and biogenic substances in the surface waters of the Dnieper river make it impossible to ensure favourable conditions for the use of water for drinking, household, recreational, or fish breeding purposes. These adverse processes are largely caused by diffuse pollution of surface waters as a result of intensive and inefficient agriculture and lack of well-grounded measures to optimize the structure of the land fund on the basis of basin positional-dynamic and adaptive landscape anti-erosion principles of geoplanning with an aim of minimizing a negative agricultural impact on the hydrogeoecosystem and creating a prerequisite for the rational use and improvement of land and water resources of the transboundary Dnieper basin.

Keywords: water quality assessment, hydrochemical indicators, quality indices, quality classification, spatial and temporal analysis, modelling

АННОТАЦІЯ

В. І. Пічуря, І. А. Шахман, А. Н. Бистрянцева. Пространственно-временные закономерности формирования качества воды в реке Днепр//Биоресурсы и природопользование. – 2018. – 10, №1–2. – С. 44–57.

Определена пространственно-временная закономерность формирования гидрохимических показателей и выполнена комплексная оценка качества воды реки Днепр в период 1990 – 2015 гг. по разным методикам и нормативам качества воды поверхностных водных объектов для питьевых нужд, культурно-бытового и рекреационного, рыбохозяйственного назначения. Установлено, что негативное влияние на формирование качества днепровской воды имеют повышенное содержание тяжелых металлов и биогенных веществ, которые постепенно аккумулируются в направлении течения р. Днепр. Созданная модель пространственной тенденции изменения качества воды с использованием модифицированного индекса загрязнения воды (МИЗВ), рассчитанного на основе среднегодовых концентраций шести показателей оценки качества воды, значительно превышает

их предельно допустимые концентрации: растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода в воде за 5 суток (БПК5), азот аммонийный, фосфаты, цинк и медь. Установлено, что в результате значительного использования водных ресурсов и зональных особенностей интенсивного ведения сельского хозяйства наблюдается пространственная закономерность существенного увеличения значения МИЗВ в 4,2-6,4 раза от истока до дельты реки Днепр. Качество воды в Нижнем Днепре для питьевого, культурно-бытового и рекреационного назначения соответствует классам «чистая» (II класс) – «умеренно загрязненная» (III класса) по значениям МИЗВ и «загрязненная» (II класс) – «грязная» (III класса) по значениям комбинаторного индекса загрязнения (КИЗ). Особенно низкое качество днепровская вода имеет для рыбохозяйственно-



го назначения, по МІЗВ вода «умеренно загрязненной» (III класса) - «загрязненной» (IV класс)», по значению КИЗ качество воды относится к статусу «загрязненная» (II класс) - «грязная» (III класс). Систематическая аккумуляция и превышение значений предельно допустимых концентраций тяжелых металлов и биогенных веществ в поверхностных водах р. Днепр делает невозможным обеспечение благоприятных условий для использования воды для питьевых нужд, культурно-бытового и рекреационного, рыбохозяйственного назначения. Негативные процессы в значительной степени осложнены диффузным загрязнением поверхностных вод в результате интенсивного и нерационального ведения сельского хозяйства и отсутствием обоснованных меропр-

ятий по оптимизации структуры земельного фонда. Внедрение противоэрозионных мероприятий на основе бассейновых позиционно-динамических и адаптивно-ландшафтных противоэрозионных принципах геопланирования снизит негативное сельскохозяйственное воздействие на экосистему, обеспечит рациональное использования водосборной территории и создаст предпосылки для оздоровления земельных и водных ресурсов трансграничного бассейна Днепра.

Ключевые слова: оценка качества воды, гидрохимические показатели, показатели качества, классификация качества, пространственно-временной анализ, моделирование