

КОЗАК В.А., ТОВМАЧЕНКО А.В., ГЕРЦЮК М.М.

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЯКОСТІ ВОДИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ В УКРАЇНІ

Показані основні джерела хімічного забруднення поверхневих водойм України і зазначено, що екосистема довкілля і водні ресурси, перебуваючи під постійним техногенним навантаженням, мають тенденцію до стійкого погіршення екологічного стану. Описані методи оцінки якості поверхневих вод з використанням гранично допустимих концентрацій вмісту шкідливих речовин у воді та комплексної оцінки екологічного стану поверхневих водойм за інтегральними гідрохімічними показниками. Розглянуті міжнародні підходи до оцінювання стану поверхневих водойм. Зазначено, що найбільш повну інформацію щодо стану водної екосистеми можна отримати з використанням комплексу фізико-хімічних та біологічних параметрів. Відзначені недоліки у проведенні моніторингу органічних мікрозабруднювачів у поверхневих водах. Проведено аналіз міжнародного досвіду визначення якості води та параметрів токсикологічної дії органічних мікрозабруднювачів із застосуванням хеміо-інформативних методів для моделювання екологічного стану водних систем.

Ключові слова: водні ресурси, поверхневі водойми, оцінка якості води, екологічний стан, техногенне навантаження, гранично допустимі концентрації, хімічні забруднювачі води, органічні мікрозабруднювачі води, хеміо-інформативні методи моделювання токсичних властивостей органічних сполук.

Показаны основные источники химического загрязнения поверхностных водоемов Украины и указано, что экосистема окружающей среды и водные ресурсы, находясь под постоянной техногенной нагрузкой, имеют тенденцию к устойчивому ухудшению экологического состояния. Описанные методы оценки качества поверхностных вод с использованием предельно допустимых концентраций содержания вредных веществ в воде и комплексной оценки экологического состояния поверхностных водоемов по интегральным гидрохимическим показателям. Рассмотрены международные подходы к оценке состояния поверхностных водоемов. Отмечено, что наиболее полную информацию о состоянии водной экосистемы можно получить с использованием комплекса физико-химических и биологических параметров. Отмеченные недостатки в проведении мониторинга органических микрозагрязнителей в поверхностных водах. Проведен анализ международного опыта определения качества воды и параметров токсикологической действия органических микрозагрязнителей с применением хеміо-інформативных методов для моделирования экологического состояния водных систем.

Ключевые слова: водные ресурсы, поверхностные водоемы, оценка качества воды, экологическое состояние, техногенная нагрузка, предельно допустимые концентрации, химические загрязнители воды, органические микрозагрязнители воды, хеміо-інформативные методы моделирования токсических свойств органических соединений.

The main sources of chemical pollution of surface water bodies of Ukraine are shown and it is noted that the ecosystem of the environment and water resources, being under constant man-caused load, tend to steadily deteriorate the ecological condition. Methods for assessing the quality of surface waters using the maximum allowable concentrations of harmful substances in water and a comprehensive assessment of the ecological status of surface water by integrated hydrochemical parameters are described. International approaches to the assessment of the state of surface water

bodies are considered. It is noted that the most complete information on the state of the aquatic ecosystem can be obtained using a set of physicochemical and biological parameters. There are shortcomings in the monitoring of organic micro-pollutants in surface waters. The analysis of the international experience of determination of water quality and parameters of toxicological action of organic micro-pollutants with application of chemo-informative methods for modeling of an ecological condition of water systems is carried out.

Key words: *water resources, surface reservoirs, water quality assessment, ecological condition, technogenic load, maximum permissible concentrations, chemical water pollutants, organic micro-pollutants of water, chemo-informative methods of modelling toxic properties of organic compounds.*

Вода – одна з найважливіших компонентів біосфери, основа життя на Землі та є одним з найголовніших видів природних ресурсів. Водні ресурси являють собою стратегічний, життєво важливий природний ресурс, що має особливе значення. Вони забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості й сільського господарства, та задоволення комунально-побутових і рекреаційних потреб населення. Водні ресурси є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку.

Згідно прогнозів експертів із Міжурядової групи щодо змін клімату (IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change), [1] саме скорочення запасів водних ресурсів може бути головною причиною майбутніх можливих екологічних загроз.

Саме завдяки антропогенному впливу від діяльності людини (господарсько-побутових, промислових, сільськогосподарських тощо) спостерігається хімічне, фізичне, біологічне й теплове забруднення гідросфери. Глобальна зміна клімату на планеті також призводить до скорочення водних ресурсів у світовому масштабі і запаси прісної води стають дефіцитними для багатьох країн і регіонів. Очікується, що до 2030 року від нестачі прісної води потерпатиме 47%, у 2050 році – до 2/3 населення планети. За визначенням ЄЕК ООН [2], Україна як держава, поверхневі водні ресурси якої не перевищують 1,7 тис. м³ на 1 особу і становлять приблизно 1 тис. м³ на 1 особу, вважається водонебезпеченою. У рейтингу ЮНЕСКО Україна посідає 95 місце серед 122 країн світу за рівнем раціонального використання водних ресурсів та якості поверхневих вод [3, 4].

Басейн річки Дніпро на території України займає найбільшу площу, що становить майже 44 % від басейнів усіх річок країни. Зокрема площа земель водного фонду в Київській області становить – 232,6 тис. га (8% від загальної площі території 28,9 тис. км²). В тому числі під річками та струмками 10 тис га, під водосховищами з озерами та ставками – 158,4 тис. га, болотами – 50 тис. га.

На території Київської області протікає 1523 річки загальною довжиною 8,7 тис. км. На них розташовано 2596 водойм (без врахування дніпровських водосховищ) з площею водного дзеркала 25,36 тис. га, об'ємом 411,6 млн м³ води. Великі річки – Дніпро (243 км в межах області), Десна (66 км), Прип'ять (68 км) [5].

Близько 80% ресурсів господарського водопостачання в Україні забезпечують водні ресурси басейну Дніпра. У цілому р. Дніпро забезпечує водою 2/3 території України, у тому числі близько 30 млн. чол., 50 великих міст та промислових центрів, близько 6 тис. промислових підприємств, 2,2 тис. аграрних і понад 1 тис. комунальних господарств. На території України задіяні близько 50 великих зрошувальних систем, 4 атомні електростанції, стічні води від яких так чи інакше впливають на екосистему та стан поверхневих вод.

На сьогодні якість води та стан екосистем поверхневих водних об'єктів визначаються головним чином дією антропогенних чинників, в основному, впливом забруднюючих речовин, які надходять шляхом організованого скидання забруднених стічних вод із точкових джерел, або неконтрольованого стоку від дифузних та розподілених джерел. До останніх відносять стоки з сільськогосподарських угідь, міських територій та промислових

майданчиків, не обладнаних зливною каналізацією, полігонів і звалищ – сховищ твердих побутових і промислових відходів, витоків з нафтопроводів і продуктопроводів в результаті їх розгерметизації на суші та у водоймах, скиди від річкового транспорту, атмосферні опади.

Гідротехнічні споруди (водосховища природні та штучні водойми/ставки) також суттєво впливають як на якість води, так і на стан водних екосистем. Зокрема наслідком регіонального підйому рівнів басейну ріки Дніпро (6 дніпровських водосховищ, 15.4 тис. ставків на притоках) стали регіональна активізація підтоплення земель і ерозійних процесів, розвиток незворотних процесів у береговій зоні водосховищ, посилення проявів небезпечних зсувних, просадкових, суфозійних процесів, а також зниження захищеності від техногенного забруднення ґрунтових та артезіанських водоносних горизонтів, що призводить до втрати кондиційних параметрів для 20% прогнозованих ресурсів підземних вод. Інтенсивне господарювання на території басейну Дніпра (більше ніж 50% території зайняті сільгоспугіддями) з порушенням норм науково обґрунтованого невиснажливого природокористування суттєво впливає на відновлення природного ландшафту, погіршення водно-екологічних параметрів. Загалом надмірне антропогенне навантаження на басейн р. Дніпро, як і інших басейнів рік, значно порушує природну рівновагу, різко знижує якість водно-ресурсного потенціалу, екологічний стан багатьох територій у басейні головних водних артерій країни.

Питання екологічного стану проблем басейну Дніпра відображено в природоохоронному законодавстві України. Так, у 1997 р. постановою Верховної Ради України, а у 2013 р. Законом України прийнято Національну програму екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості поверхневих вод та Загальнодержавну цільову програму розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року з наступним її продовженням до 2030 року [6,7].

В Україні набули чинності умови Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС (ВРД) [2,8,9], яка стала першим документом, що запровадив принцип управління водними ресурсами, з урахуванням природних географічних особливостей річкових басейнів, що є основним механізмом інтегрованого управління водними ресурсами. На її основі створена нова законодавча база використання, захисту та відновлення водних ресурсів. ВРД вимагає досягнення «доброго стану», для кожного водного об'єкту, запобігання подальшому погіршенню якості водних ресурсів, підтримання сталого їх функціонування. У ВРД якість води розглядається вже не як ресурс, а як необхідна складова в процесах існування біологічних видів та життєдіяльності людини.

Україна, у рамках національної стратегії наближення законодавства до європейських вимог, адаптувала цілі сталого розвитку у відповідності до власного законодавства, визначивши 86 завдань щодо розвитку та 172 показники для моніторингу їх виконання [10]. Необхідність виконання цих завдань зазначено в: «Основних засадах державної екологічної політики України на період до 2020 року» [11]; «Стратегії державної екологічної політики до 2030 року» [3]; «Загальнодержавній цільовій програмі розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» [12] та в багатьох інших нормативних актах та законах.

В Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» визначені основні положення екологічної політики України на період до 2030 року [11] та завдання для їх досягнення. Процес реформування повинен був реалізовуватись в два етапи: перший – до 2015 р. передбачав забезпечення стабілізації екологічної ситуації в країні, другий – до 2020 р. направлений на реформування екосистеми

В результаті першого етапу реалізації цієї стратегії (2011–2015 рр.) щодо охорони водних природних ресурсів та зниження рівня забруднення вод, скорочення об'єму скидів недостатньо очищених стічних вод та зменшення об'єму використаних вод та обсягів скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти досягнуто виконання приблизно від 30% до 60% по відношенню до базового рівня [13]. В рамках закону [14] прийнято зміни до Водного кодексу України, що впроваджують принцип інтегрованого управління водними

ресурсами за басейновим принципом. В Україні встановлено 9 районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок [15]. У рамках імплементації національного водного законодавства згідно європейських вимог, зокрема щодо ВРД [8], здійснюється робота з підготовки планів управління для кожного із 9 районів річкових басейнів, що передбачає і оцінювання їх екологічного стану. Реалізація цього проекту з управління річковими басейнами має розпочатися з 2021 року.

У 2018 році Верховною Радою України прийнято Закон України «Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [3]. Метою цього закону є стабілізація та поліпшення стану довкілля України шляхом інтеграції екологічної політики з умовами соціально-економічного розвитку держави та створення екологічно безпечнішого природного середовища для життя і здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованої системи природокористування

Національна стратегія зближення законодавства України до основних положень законодавства ЄС у сфері охорони довкілля фокусується на положеннях статті 363 розділу 6 «Навколишнє середовище» і додатку ХХХ до Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії та їхніми державами – членами, з іншої сторони [16, 17], і має на меті забезпечення ефективного виконання Україною зазначених вимог Угоди. В зв'язку з виконанням плану імплементації Угоди та отриманням позитивних висновків Комітету асоціації статтю 363, постановою Кабміну України від 21 червня 2017 р. № 503-р, було виключено з цієї Угоди [14]. Відповідно з цим, було прийнято Закон від 20.03.2018 № 2354–VIII «Про стратегічну екологічну оцінку» [18]. Він є важливим з точки зору формування нової державної екологічної політики та міжнародних зобов'язань України. Даний закон дозволяє поширити практику застосування європейської моделі стратегічної екологічної політики на місцеві проекти та програми. Детальний аналіз екологічного стану басейну Дніпра поданий у багатьох звітних, аналітичних та наукових виданнях і характеризується як критичний. Однак через недосконалість державної системи моніторингу довкілля інформація щодо екологічної ситуації та тенденції її розвитку ще далека від вичерпної. Загалом рівень інформування органів державного управління та громадськості щодо стану водних ресурсів в Україні ще не відповідає сучасним вимогам і міжнародним угодам.

В Україні, як і в ЄС, законодавство, що відноситься до охорони вод, використовує як засіб контролю і оцінки забруднення водного середовища підхід, який ґрунтується на досягненні заданої якості. На відміну від ЄС, в Україні немає поділу на «цілі якості води» і «стандарти якості води». Діюча система стандартів якості вод в Україні є всеосяжною та амбітною, охоплює сотні забруднюючих речовин та встановлює досить низькі концентрації забруднювачів. До теперішнього часу система була частково реформована, але в її основі лежить підхід, прийнятий раніше. Державні стандарти [19] відповідно до закону визначають методи контролю за станом навколишнього середовища і вимоги щодо запобігання забрудненню навколишнього природного середовища. Екологічними нормативами встановлені гранично допустимі скиди у навколишнє природне середовище забруднюючих хімічних речовин та рівні їх можливого допустимого шкідливого впливу. Нормативи ГДК забруднюючих речовин є єдиними для всієї території України і встановлені для побутових та інших потреб населення, а також для водних об'єктів, вода яких використовується для потреб рибного господарства.

В Україні сьогодні згідно з «Порядком здійснення державного моніторингу вод» [20] та «Положенням про державну систему моніторингу навколишнього середовища» [21] спостереження за екосистемою та оцінюванням якості води є невід'ємною складовою частиною державної системи моніторингу довкілля і ключовим завданням будь-яких заходів в галузі водокористування, раціонального природокористування та проведення природоохоронних дій у водних об'єктах та їх басейнів. На основі цих двох урядових документів розроблена «Єдина міжвідомча інструкція з організації та здійснення державного моніторингу вод» (ЄМІ). Цей документ встановлює єдині вимоги до організації та

проведення спостережень за станом поверхневих вод, прибережних зон водосховищ, підземних вод, джерел забруднення вод, за гідрологічними, фізико-хімічними, біологічними, радіологічними показниками якості вод. Виконання вимог ЄМІ обов'язкове для всіх підрозділів суб'єктів державного моніторингу вод, а також відповідальних водокористувачів, які здійснюють спостереження за кількісним та якісним станом вод.

Однією із основних задач моніторингу є оцінювання екологічного ризику забруднення водних систем для населення, гідробіоти та біоти в цілому, а також для її окремих складових. Він має стимулювати розвиток соціальних заходів, пов'язаних з антропогенною дією на природні води, наприклад, екологічне страхування і економічних механізмів керування водно-господарським комплексом. До головних суб'єктів України, що здійснюють державний моніторинг водних ресурсів належать: Міністерство екології та природних ресурсів, зокрема Держекоінспекція та Держуправління охорони навколишнього природного середовища в областях, організації Гідрометеорологічної служби; геологічні територіальні організації; Міністерство з питань надзвичайних ситуацій; Міністерство охорони здоров'я; Міністерство аграрної політики; Державний комітет України з водного господарства; Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. Основний обсяг робіт за станом і моніторингом водних ресурсів України виконують пункти спостережень Гідрометеослужби. Мережа діючого моніторингу вод Гідрометслужби має 82 пункти, а до мережі спостережень Держводагенства належать 216 пункти. Перелік показників, які визначаються суб'єктами моніторингу вод, істотно відрізняється від рекомендованого ВРД для проведення оцінки стану водного масиву. Спостереження здійснюються переважно за гідрохімічними показниками – компонентами сольового складу та вмісту металів в складі природних вод. Особливо важливими є дані щодо вмісту у природних водах загального азоту ($N_{\text{заг}}$) та загального фосфору ($P_{\text{заг}}$), зважаючи на ключову роль цих забруднювачів у екосистемі для росту водних організмів, їх природного та надмірного розвитку внаслідок скидів поживних речовин із зворотними водами.

Оскільки не існує єдиного критерію, який би визначав весь комплекс основних характеристик води, оцінювання якості води проводиться з використанням характерних показників. Ці показники поділяються на біологічні (бактеріологічні, гідробіологічні) та фізико-хімічні (гідрохімічні, гідрофізичні, гідрологічні). Інша форма класифікації показників якості води – їх розподілення на загальні та специфічні. До загальних відносять показники, які є характерними для проведення моніторингу будь-яких водойм. Присутність у воді специфічних показників обумовлена місцевими природними умовами, а також особливостями антропогенного впливу на водний об'єкт. До найбільш поширених специфічних показників визначення якості води відносять феноли, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини (ПАР), синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), пестициди і важкі метали.

Відповідно до Водного кодексу України оцінювання якості водних ресурсів здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних нормативів якості води водних об'єктів. Діючі нормативні документи дають змогу оцінювання якості води, яка використовується для комунально-побутових, господарсько-питних та рибогосподарських потреб. Нормативна база моніторингу якості води ґрунтується на основі застосування загальних вимог до складу та властивостей води і значень гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у воді. Загальні вимоги визначають допустимі склад та властивості води, які оцінюються за найважливішими фізичними, бактеріологічними та узагальненими хімічними показниками.

В даний час для визначення екологічного стану річки або річкового басейну широко використовуються біологічні методи, засновані на оцінці стану флори і фауни водних ресурсів [22-24]. 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), природно-кліматичні умови, інтенсивність господарської діяльності людини тощо. Використання фізико-хімічних методів передбачає визначення абіотичних показників: температури, прозорості води, концентрації завислих речовин,

іонного складу, мінералізації, вмісту біогенних складників, органічних речовин, 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 [25] показав, що всі вони пов'язані з використанням кількісних характеристик – гранично допустимих концентрацій (ГДК). При всіх недоліках ГДК [26], більш ефективного загальноновизнаного варіанту застосування існуючих екологічних нормативів на сьогодні в Україні немає

Система ГДК, яка широко застосовується для оцінки якості води в екологічному та гігієнічному нормуванні, побудована на основі експериментально встановлених критеріїв безпеки конкретних токсичних речовин, які містяться у воді, для людини та водних організмів. ГДК відповідають таким концентраціям речовини, які не мають прямого або опосередкованого впливу на здоров'я населення за умови впливу на організм протягом усього життя, і не погіршують санітарно-гігієнічні умови водокористування.

Тобто, оцінювання якості води в Україні ґрунтується на санітарно-гігієнічних засадах, а їхніми цільовими показниками є гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин для природних поверхневих водойм, вода яких використовується для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення [27]. Також використовують ГДК речовин у водних об'єктах рибного господарства [28]. Кожна з них встановлює єдиний норматив для всіх водних систем, незважаючи на значну різницю у ландшафтно-географічних, кліматичних та соціально-економічних умов для різних регіонів. До переліку визначуваних компонентів відносяться переважні іони які впливають на загальну мінералізацію води, біогенні елементи, деякі органічні речовини, окремі важкі метали, радіонукліди та пестициди.

Значення ГДК для деяких хімічних речовин, що є обов'язковими для спостережень за будь-якими джерелами забруднення, згідно з [27–37] наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння гранично допустимих концентрацій для показників води

№ п/п	Показник	ГДК			За даними ВООЗ для питної води
		Для водойм рибо- господарського призначення (ГДК _{РГ})	Для питної води (ГДК _{ПВ})	Для водойм господарсько- побутового використання (ГДК _{ГП})	
1	Розчинений кисень, мг/дм ³	>6,0	>4,0	>4,0	–
2	Жорсткість, мг- екв/дм ³	7	7 (10)**	7	200
3	Значення рН, од. рН	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8
4	БСК5, мг О ₂ /дм ³	2,0	3,0	≤6	□5
5	ХСК, мг О ₂ /дм ³	2,0	15,0	30	15
6	Сума іонів, мг/дм ³	1000	1000 (1500)**	1000	600
7	Хлориди, мг/дм ³	300	250 (350)**	350	250
8	Сульфати, мг/дм ³	100	250 (500)**	500	250
9	Іони магнію, мг/дм ³	50	80	–	–
10	Іони кальцію, мг/дм ³	180	–	–	–
11	Іони натрію, мг/дм ³	120	200	200	–
12	Азот амонійний, мгN/дм ³	0,39	0,5 (2,6)**	2	1,5
13	Азот нітратний, мгN/дм ³	9,1	50,0	10,15	11,3

14	Азот нітритний, мгN/дм ³	0,02	0,5 (0,1)**	1	3
15	Фосфати, мгP/дм ³	0,2	3,5 (мгPO ₄ /дм ³)	1,14 (3,5)	5
16	Хром (VI), мкг/дм ³	1	50 (хром загальний)	50	50 (хром загальний)
17	Свинець, мкг/дм ³	100	10	30	10
18	Нікель, мг/дм ³	10	10	100	10
19	Кадмій, мкг/дм ³	5	1	–	3
20	Магнан, мкг/дм ³	10	50 (500)**	–	500
21	Залізо загальне, мкг/дм ³	5 (100)*	200	300	200
22	Нафтопродукти, мкг/дм ³	50	100	300	–
23	СПАР, мкг/дм ³	100	500	500	–
24	Феноли, мкг/дм ³	1	1	1	1
25	Пестициди (заг.), мкг/дм ³	4	0,5	100	–
* – згідно з СОУ-05.01.-37-385:2006; ** – згідно нормативів МОЗ України.					

Відповідно, з урахуванням цих загальних показників, усі можливі наявні у воді речовини за характером негативного впливу поділяють на 5 груп. Кожна група об'єднує речовини з однаковою ознакою впливу, яку називають ознакою шкідливості. Одна й та сама речовина в різних концентраціях може спричинити появу різних ознак шкідливості [38].

До I групи віднесені речовини, до яких встановлені загальні вимоги щодо кількості розчиненого кисню, або хімічного чи біологічного споживання кисню (БСК₅), завислих речовин, водневого показника (рН), загальної мінералізації. До II групи входять речовини із санітарно-токсикологічними лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ), а саме: SO₄²⁻, Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NO₃⁻, Cr³⁺. До III групи належать речовини токсикологічної ЛОШ (N – NH₄⁺, N – NO₂⁻, СПАР, Cu²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺). До IV групи відносять речовини, що мають ЛОШ для водних систем для рибогосподарських потреб – феноли, нафтопродукти, V група охоплює речовини з органолептичними ЛОШ.

При проведенні оцінювання якості водних об'єктів застосовують принцип адитивності – односпрямованої дії, відповідно до якого належність кількох речовин до однієї й тієї самої ЛОШ визначається в підсумовуванні їх негативного впливу.

Чинна на сьогоднішній день система санітарно-гігієнічного нормування для характеристики водних ресурсів, з використанням ГДК, не є досконалою. Основні зауваження до системи застосуванням ГДК наведені в публікаціях [39–43]. У ній не приділяється належної уваги фізико-хімічним і гідробіологічними процесам формування якості, взаємодії компонентів водного об'єкта – водної маси, гідробіоти, донних відкладень, прибережної зони.

За українськими нормативами за великої кількості затверджених ГДК (близько 1500 санітарно-гігієнічних показників) реальна кількість показників, що підлягають аналізу – майже 40 (фактично 20–25), за нормами ЄС – до 50, за ВООЗ – близько 160. Однією з причин цього є нормування таких показників, вміст яких знаходиться поза межею чутливості доступних методик їх визначення. Крім того, значно застаріла приладова і методична бази, що використовується для моніторингу якості вод.

Відомо, що основна більшість ГДК розраховані за впливом на здоров'я людини відповідно до положення про його пріоритетну роль [39]. Людина є одним із найстійкіших біологічних видів, щодо впливу зовнішніх факторів. В той же час, необхідно дотримуватися екологічних критеріїв з урахуванням найбільш чутливих складових довкілля, що дозволить

ще на стадії планування будь-якої діяльності зменшити погіршення стану навколишнього природного середовища. За допомогою ГДК можливо лише показати екологічне неблагополуччя для водойм, в той час, з використанням екологічних показників можна встановити причин та наслідки цих змін. У наведених публікаціях Всесвітнього банку від 2001 року зазначено, що немає єдиної універсальної системи комплексного оцінювання якості води в умовах багатофакторного забруднення водної системи [44]. Проте поряд з нормами, за якими оцінюють стан якості поверхневих вод, в статті [45] подано метод комплексної оцінки вод за сукупністю показників та додаткової оцінки якості води. Пропонується визначати індекс якості води з урахуванням основних показників залежно від видів її водокористування. У роботі [46] рекомендується концепція екологічної класифікації стану і якості поверхневих вод річкових басейнів виходячи із їх водогосподарського використання. Є пропозиції оцінювання якості поверхневих вод за допомогою графічного методу [47, 48]. В його основі лежить складання моделі-карти та виведення екологічного коефіцієнта якості води. Результати досліджень, які стосуються індексу забрудненості води, висвітлено в працях [48–50].

Деякі з вище перерахованих підходів оцінювання 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 щодо стану поверхневих вод, але не запропоновано загальнодоступного алгоритму їх застосування, що, як результат, не дає достовірного стану забрудненості поверхневих водойм, особливо щодо їх безпечного екологічного стану. Ще одна не розв'язана проблема використання існуючих методів оцінювання екологічного стану водойм не враховує можливу наявність синергізму, тобто 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 та деяких кислот органічного походження наявних у воді). Більшість з існуючих методик моніторингу надзвичайно громіздкі, потребують даних щодо вмісту у воді таких складових, які не є обов'язковими для визначення контролюючими органами, або ж потребують для використання складних математичних розрахунків. Вплив екологічних ризиків від господарської діяльності, що проводяться на об'єктах в межах існуючих водойм басейну річок на його якісний стан, зумовлює необхідність застосування, для вивчення тенденцій зміни якісних показників води, комплексного екосистемного підходу з ухилом на потреби не конкретного водокористувача, а на збереження в цілому структурно-функціональних особливостей усієї екосистеми [51, 52].

Одним з таких підходів до оцінювання якості води є міжвідомча методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [53], в якій наведена значна кількість параметрів екологічного стану водних екосистем і широкий перелік показників. Наведені у цій методиці розрахунки дають змогу порівняння якості води істотно різних водних об'єктів. Проте, головним і загальним недоліком усіх прикладних досліджень є недостатня їх реалізація для вирішення завдань збереження та відновлення водних ресурсів, створення необхідних умов їх безпечного функціонування.

Екосистемний підхід вперше було запроваджено в 1992 р. рішеннями зборів Конференції Сторін Конвенції про охорону біологічного різноманіття. Збереження та стабільне використання природних ресурсів також є основою для дій в рамках Конвенції про біологічне різноманіття ЄС 92/43/ЄЕС [54].

Управляти процесами в екосистемах можливо лише для конкретних, охарактеризованих просторових та структурних параметрів системи. Такими системами відповідно до [11] є басейни річок і сформовані в їх межах водні екосистеми. Обов'язковим при інтегрованому управлінні водними ресурсами є виокремлення показників, які найбільше впливають на екологічний стан водойм [55].

При детальному аналізі наявних методичних розробок [52, 56-59] визначено, що оцінка екологічної безпеки базується на кількох складових з використанням

мікробіологічного дослідження на основі значень ГДК, фізико-хімічних методів аналізу та застосуванням індикаторних показників.

Організація Економічного Співробітництва і Розвитку (ОЕСР) та UNEP (United Nations Environment Program) [57, 60–63] спільно запропонували концептуальну модель системи індикаторів для навколишнього природного середовища яка базуються на застосуванні трьох груп показників: вплив – стан – відповідь (реагування) (модель P–R–S (Pressure–State–Response)). Модель базується на причинності, тобто на конкретній діяльності людини, яка чинить тиск на навколишнє середовище, спричиняючи зміни у своїй первісній функції або кількості природних ресурсів, які вона забезпечує. Така модель дозволяє одночасно враховувати вплив техногенного навантаження на екологічну ситуацію для водної екосистеми та зміни і наслідки дії антропогенних чинників. Керуючись рекомендаціями ОЕСР, у багатьох країнах світу були розроблені заходи для досягнення «зеленого» росту, створено 85 інтегрованих системи розрахунків, які спроможні виступити як індикатори екологічно збалансованого розвитку (індикатори дії, індикатори реакції, індикатори накопичення) [64–67]. Різні варіанти систем з застосуванням індикаторних показників впровадженні в екологічну політику управління водними басейнами в багатьох країнах [68–72]. Актуальність застосування нової методики зумовлена необхідністю мінімізації негативних причин антропогенного впливу на стан водних екосистем [70] та визначення першочерговості природоохоронних заходів для розроблення ефективної стратегії управління водними ресурсами.

Систематизовані моніторингові дані Центральної геофізичної обсерваторії України та регіональних пунктів спостереження за якістю поверхневих вод [5,10,73–76]; свідчать, що основною причиною забруднення басейну ріки Дніпро та її приток є значне антропогенне навантаження на водні ресурси. Внаслідок техногенної діяльності, води забруднені переважно радіонуклідами, сполуками важких металів, азоту та фосфору, фенолами, сульфатами, сполуками міді, хрому шестивалентного, поверхнево-активними речовинами, нафтопродуктам, пестицидами, фекаліями тощо. Середні значення концентрації нафтопродуктів не перевищують рівень відповідних нормативних показників. Загальна мінералізація води у річках басейну Дніпра значних змін не зазнає і в середньому становить 228 – 991 мг/дм³. За даними останніх спостережень кисневий режим річок басейну є задовільним, дефіциту кисню чи повної його відсутності не зареєстровано, розчинений у воді кисень знаходиться у межах 8,11 – 11,81 мг/ дм³ (ГДК р/г – 4 мг/дм³ в зимовий період, 6 мг/дм³ у літній).

За гідробіологічними показниками якість вод басейнів річок України відповідає III–IV-му класу якості води (помірно-забруднені та забруднені води). За даними спостережень стану планктонних ценозів у басейні Дніпра сапробіологічна ситуація є благополучною – III клас якості, тобто як помірно-забруднені води. Характеристика якості води за гідрохімічними показниками вод басейну р. Дніпро за середніми та максимальними значеннями перевищення ГДК за 2019 рік наведено в табл.2.

Таблиця 2

Забруднення поверхневих вод басейну р. Дніпро

Об'єкт	Нафтопродукти	Сполуки міді	Сполуки мангану	Сполуки хрому	Сполуки заліза
р. Дніпро	>1 (>1)	>1 (>1)	>1 (>1)	>1 (>1)	>1 (>1)
Притоки Дніпра	>1 (>1)	1 (1-2)	1-2 (1-3)	2 (2-4)	1 (1-3)
Київське водосховище	>1 (>1)	>1 (>1)	1-2 (2-3)	1-4 (3-7)	>1 (>1)

Значною проблемою моніторингу якості води є недостатня кількість інформації щодо більш детального аналізу, особливо відносно наявності органічних забруднювачів. Важливий вплив на формування якості поверхневих вод р. Дніпро в київському регіоні здійснюють, зокрема, специфічні органічні речовини, а також стійкі органічні забруднювачі. На жаль, інформація про концентрації даних речовин у воді відсутня, що ставить під питання об'єктивність встановлення класу якості води, адже саме ці показники можуть бути пріоритетними у її формуванні.

Тому, при проведенні моніторингу поверхневих вод Дніпра, пропонується переглянути перелік специфічних показників токсичної та радіаційної дії. Відсутність даних гідробіологічного блоку також перешкоджає встановленню екологічної якості води р. Дніпро. Крім того, до значущих проблем, які не піддаються зараз кількісній оцінці, необхідно віднести вплив на водні об'єкти дифузного стоку з сільськогосподарських угідь та забудованих територій на берегах Дніпра, ділянок розміщення комунальних та промислових відходів. Головними 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 синьо-зелених водоростей, процеси гниття, зменшення кисню у воді, призводить до значного погіршення їх фізико-хімічного і трофічного стану та масовий мор риб.

З метою визначення допустимого антропогенного навантаження на водні об'єкти та збереження екологічної рівноваги і якості води у водоймах і водотоках басейну Дніпра також потребують більш детального вивчення поверхневі води середніх та малих річок, для яких спостерігається значне порушення гідрологічного режиму, незадовільний їх санітарний та екологічний стан. Такі об'єкти водокористування є одночасно і основними джерелами акумуляції забруднюючих речовин. Для забезпечення безпеки поверхневих вод та адекватної оцінки екологічного стану водних об'єктів, для Київського регіону необхідно, враховувати і збільшення кількості населення. Використання водних ресурсів йде випереджаючими темпами по відношенню до зростання чисельності населення. Урбанізація впливає на мікроклімат, динаміку поверхневих вод, поповнення підземних вод, геоморфологію водного потоку, біогеохімію та екологію потоку. Це впливає на кількісні та якісні характеристики водних об'єктів у межах міста. В основному вплив урбанізації на якість води викликаний двома ключовими чинниками – значним надходженням забруднюючих речовин та зменшення водорегулюючої функції водозбору внаслідок заміни природних поверхонь на водонепроникні покриття (асфальтування). Заміна частини природних угідь на асфальтне покриття в межах водозбірних басейнів приводить до збільшення водного стоку в кілька разів та концентрацій завислих та біогенних речовин в десятки і сотні разів.

Серед нагальних науково-технологічних проблем водопостачання та водовідведення в Україні – відсталість використовуваних технологій очищення стічних вод в системі житлово-комунального господарства. Більшість розвинених країн працюють за третинними технологіями, що дозволяють видаляти азот- і фосфорновмісні розчинені у воді мінеральні речовини, а також погано розчинні ксенобіотики (ліки, засоби побутової, сільськогосподарської та промислової хімії).

Майже не проводиться моніторинг органічних ксенобіотиків – чужорідних для живих організмів хімічних речовин, що не входять в природний біотичний кругообіг, хоча в розвинених країнах кількість ксенобіотиків які визначаються з початку 1990-х років активно росте, проводяться заходи по регулюванню їх надходження до водних об'єктів. Сьогодні нараховуються сотні тисяч видів ксенобіотиків, але методична база оцінки шкідливого впливу чужорідних організмів на екологічний стан водних об'єктів і людини відсутня. Характерна особливість ряду ксенобіотиків подібна до пріоритетних забруднюючих речовин – висока біологічна активність та токсичність, здатність до накопичення, стійкість до впливу зовнішніх факторів. Незважаючи на низькі і наднизькі концентрації, вплив таких хімічних речовин на флору та фауну водних об'єктів і людину через споживану питну воду може бути

значним. Особливо суттєва ця проблема для джерел питного водопостачання, оскільки типові системи водоочищення комунальних стічних вод і підготовки питних вод не орієнтовані на видалення таких речовин.

Речовини у воді на мікрорівнях містяться в декількох фазових формах: розчинена фаза компонентів, тверда мінеральна або органічна фаза у вигляді зважених часток, колоїдна органічна і планктонна фази у водній масі. Характерним є те, що при попаданні у воду забруднюючої речовини в розчиненій формі, тобто у вигляді іонів або молекул, спостерігається їх перерозподіл між фазами, наявними у воді: частина молекул або іонів забруднюючої речовини адсорбуються твердими частками або мулом, поглинається великими органічними молекулами або осідає на дно разом із зваженими частинками. Коли говорять про концентрацію певної речовини в воді, то мають на увазі середню величину кількох окремих концентрацій – у водній масі чи різного виду дисперсних систем (мінеральних, органічних), в органічних колоїдах, донному мулі і планктоні. У кращому випадку середня величина – це сума окремих концентрацій або вона представлена тільки однією характерною концентрацією, зазвичай для відповідної розчиненої фракції. Однак дія різних дисперсних фаз на живу клітину або організм в цілому є багатогранною. Найбільшу небезпеку становлять так звані істинно розчинені речовини (молекули або іони), оскільки вони легше проникають через захисну мембрану клітини. Форми, які «поглинені» іншими компонентами (суспензіями, колоїдами, великими молекулами), менш небезпечні. Ця особливість не враховується в нормативах ГДК. Більшість зважених і колоїдних частинок характеризується сорбційними властивостями. Тому зважені речовини не відносяться до пасивної частини якості вод, а є концентраторами і переносниками більшості забруднюючих речовин. При більшій кількості таких речовин важливо знати концентрацію не тільки їх розчинених форм, а й їх вміст у суспензіях, оскільки сорбційні властивості залежать від дисперсного складу частинок. Максимальними поглинальними властивостями володіють частинки розміром менше 1 мкм.

Необхідне також вдосконалення методик визначення вмісту нафтопродуктів. Після потрапляння в воду нафтопродукти перестають існувати як суміші компонентів. Під дією живих організмів (гідробіонтів) з ними відбуваються різноманітні хімічні, фізико-хімічні, а також і метаболічні перетворення з утворення нових речовин. Однак величини ГДК розроблені виключно як для нафтопродуктів, що відносяться до групи вуглеводнів. Цей показник не враховує специфічну для окремих вуглеводнів токсичність, варіабельність складу вихідної нафти, а також схильність вуглеводнів, що входять до складу нафти до складних перетворень у водному середовищі [77].

За оцінкою EPA (United States Environmental Protection Agency) на сьогодні існує більше 6 млн. найменувань токсичних речовин, які використовуються у побутово-господарській діяльності людини і які зі стоками, атмосферними опадами, ґрунтовими водами та іншими шляхами мігрують у водні об'єкти. Серед них значну частину складають штучно синтезовані токсичні забруднюючі речовини (ксенобіотики) – чужорідні для водних екосистем речовини, що мало і повільно розкладаються під впливом водних систем та здатні акумулюватися донними субстратами та живими організмами. З кожним роком перелік токсичних речовин поповнюється на 1 – 2 тис. нових сполук.

У розвинених країнах широко проводяться дослідження щодо наявності органічних ксенобіотиків у навколишньому середовищі, обговорюються необхідність включення небезпечних ксенобіотиків, зокрема деяких лікарських сполук та фармацевтичних виробів (загальна назва таких речовин – органічні мікрозабруднювачі (ОМЗ), до переліку речовин, які підлягають обов'язковому моніторингу та регулюванню. До них належать фармацевтичні препарати, засоби особистої гігієни, а також пестициди, які можуть бути як природного так і антропогенного походження, та входять в перелік пріоритетних забруднюючих речовин Управління з охорони навколишнього середовища США, а також є пріоритетними для Європейського агентства з навколишнього середовища. Їх поява в життєво важливих джерелах, таких як поверхневі та ґрунтові води, і, відповідно, в питній воді, в концентраціях

від нг/дм^3 до декількох мг/дм^3 має вкрай негативний вплив на якість води і може призвести до тяжких наслідків через їх надзвичайно високу токсикологічну дію.

Скиди комунально-побутових і промислових стічних вод – основні джерела надходження ксенобіотиків до навколишнього природного середовища та водних екосистем. Типовий склад комунально-побутових стічних вод великих міст включає наступні групи сполук: поверхнево-активні речовини (ПАР) з аніонними і катіонними групами; аніоноактивні, катіоноактивні та нейногенні ПАР; відбілюючі речовини; лакофарбові вироби; емульгатори; ензими; мускуси та парфумерні речовини; консерванти; пластифікатори; розчинники; УФ-абсорбенти, лікарські речовини, засоби особистої гігієни, стійкі органічні забруднювачі, тощо. У неочищених стічних водах великих міст розвинених країн виявляється до 900-1000 представників різних груп ксенобіотиків.

Виходячи з цих ознак та урахуванням наявних даних щодо токсикологічної дії органічних мікрозабруднювачів (ОМЗ) у 2015 році Європейською комісією вперше був розроблений первинний контрольний список речовин, який в 2018 році був уточнений і доповнений до раніше згадуваних в Директиві 39/2013/ЄС і які підлягають моніторингу в масштабах Європейського союзу [78], назвавши їх потенційним ризиком для поверхневих вод і фактично зробивши їх кандидатами до списку пріоритетів Рамкової Водної Директиви.

До контрольного списку були включені такі речовини, як: диклофенак і синтетичний гормон 17-альфа-етинілестрадіол (ЕЕ2), природний гормон 17-бетаестрадіол (Е2) і естрон (Е1); до контрольного списку з 10 сполук/групи речовин відносяться також три макролідних антибіотики (азитроміцин, кларитроміцин та еритроміцин), перерахований ряд пестицидів (метіокарб, оксадіазон, імідаклоприд, тіаклоприд, тіаметоксам, клотіанідін, ацетаміприд, тріаллат), УФ-поглинальні рідини (2-етилгексил-4-метоксіціннамат) і антиоксидант (2,6-дитрет-бутил-4-метілфенол), який використовується в якості харчової добавки і як антидепресант. На жаль, практично відсутня інформація щодо речовин, які не були включені до контрольного переліку речовин згідно цього Рішення через їх низький вміст у пробах води в ході проведення моніторингу.

Необхідно особливо відзначити, що більшість наукових робіт, присвячених впливу ОМЗ на живі організми, використовує для досліджень тільки один фармацевтичний препарат і при цьому не враховує ефект підсумовування, який може посилювати їх негативний вплив. Наприклад, антибіотик лінкоміцин проявляє такі властивості в комбінації з 27 додатковими хімічними речовинами. Разом з тим, дослідження показують, що мікрозабруднення мультикомпонентними сумішами, що містить, одночасно кілька фармацевтичних препаратів, можуть взаємодіяти один з одним і які при цьому можуть мати комплексну (адитивну) токсичність щодо живих організмів. Так, наприклад, одночасна присутність у воді диклофенаку, ібупрофену, напроксену та ацетилсаліцилової кислоти призводить до синергетичного ефекту токсичності [79].

Значні концентрації ОМЗ у природних поверхневих водах спостерігаються поблизу та нижче за течією водоскидів стічних вод великих міст. Втім, дослідження з моніторингу якості природних вод у всьому світі вказують на їх присутність в мікрокількостях у водних об'єктах навіть на великих відстанях від населених пунктів [80]. Найбільшу кількість досліджень із моніторингу ОМЗ у природних водах проведено у розвинених країнах світу: США, Швеції, Німеччині, Канаді, Китаї тощо [81–89]. Серед ОМЗ, виявлених у поверхневих водах США [90], найвищі концентрації властиві ібупрофену, найнижчі – ципрофлоксацину. Схожа картина спостерігається й для Швеції [91] – вищі концентрації характерні для анальгетиків, нижчі – для антибіотиків. Значно вищі концентрації антибіотиків зафіксовано у водних об'єктах таких країн, як Індія та Китай [92, 93]. Дослідження щодо виявлення органічних ксенобіотиків та лікарських речовин в джерелах питного водопостачання для деяких міст у Російській Федерації були виконані співробітниками Інституту водних проблем РАН [94]. Під час проведення цих робіт було виявлено 52 фармацевтичні речовини і понад 43 метаболітів відомих ліків.

Тобто, варіативність переліку ОМЗ у складі водних ресурсів різних країн зумовлена географічно-соціальними та сезонними чинниками зміни їх структури споживання, а також ефективністю технологій очищення стічних вод. Згідно з переважною більшістю досліджень, присутність ОМЗ у воді встановлено в концентраціях, нижчих за мінімальний поріг прояву біологічної активності. Занепокоєння викликають лише водозабори питної води, розташовані безпосередньо в місцях локального погіршення екологічного стану водойм. В ході реалізації проекту KNAPPE (The Knowledge and Need Assessment on Pharmaceutical Products in Environmental Waters) [95], фінансованого Головним Управлінням Дослідженнями Європейської Комісії, було розроблено рекомендації щодо зниження негативного впливу ОМЗ на навколишнє середовище. Запропоновано впровадження наступних заходів [96]: моніторинг ефективності видалення ОМЗ на очисних спорудах та їх подальшої трансформації; поглиблення досліджень екологічної небезпеки; розроблення достовірних та обґрунтованих методів визначення хронічної токсичності води з низьким вмістом ОМЗ; підвищення важливості результатів моніторингу ОМЗ для оцінювання екологічних ризиків; розроблення та застосування екологічно безпечних препаратів; посилення контролю за викидами фармацевтичних препаратів і ліків у довкілля та пошук шляхів їх мінімізації.

Моніторинг фармацевтичних компонентів в Україні майже не проводиться через відсутність відповідної законодавчої бази щодо проведення такого моніторингу, а також через відсутність необхідного лабораторного обладнання. Дослідженнями [97] у воді р. Лопань (м. Харків) було виявлено 15 фармацевтичних речовин, серед яких карбамазепін, диклофенак та кофеїн які проявляють високу здатність до акумуляції. Вміст карбамазепіну перевищує ліміт шкідливого впливу на водні організми (рачки) та є екологічно небезпечним. Виявлення деяких органічних забруднювачів в поверхневих водах були проведені і розглянуті також в роботах працівників НАНУ та НАМУ [98–101] в яких описано дані хімічного моніторингу органічних екотоксикантів (хлорорганічних пестицидів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів та поліхлоробіфенілів) в водних системах та гідробіонтах.

Питання моніторингу ОМЗ є актуальним для важливих водних об'єктів України – річок Дніпро, Дністер, Південний Буг та ін. оскільки, гідробіонти у природних водах постійно підпадають під комплексний вплив суміші ОМЗ у низьких концентраціях. Діючі речовини ліків пестицидів інших хімічних препаратів, які характеризуються гострою та хронічною токсичністю, складають потенційну небезпеку для водних екосистем і здоров'я людини. Неконтрольоване надходження лікарських препаратів до навколишнього середовища може призводити до виникнення негативного впливу на біоту і здоров'я людини. В зв'язку з цим є необхідним регулярний контроль наявності в навколишньому середовищі цих сполук; виявлення реальних джерел забруднення ОМЗ; забезпечення очищення навколишнього середовища, в тому числі, вод від фармпрепаратів та інших шкідливих ОМЗ, розвитку системи відповідних законодавчих і нормативних актів щодо їх моніторингу, визначення токсикологічних характеристик, зокрема і ГДК, а також біологічної активності у водних екосистемах.

Таким чином, аналіз якості природних вод, особливо тих, які використовуються як джерела питного водопостачання, вимагає розуміння багатокомпонентності забруднення, уявлення щодо потенційної наявності синергізму і необхідності ідентифікації ОМЗ за надзвичайно низьких концентрацій для яких немає формалізованих і нормативних методик. З аналізу літературних джерел і рекомендацій Комісії (ЄС) [78] випливає, що хроматографія і хромато-мас-спектрометрія в даний час є найпоширенішими і найбільш часто використовуваними методами хімічного аналізу для ідентифікації органічних речовин. Сьогодні близько 60% хімічних аналізів в усіх країнах світу виконуються з використанням саме хроматографічних методів. За їх допомогою можна визначити вміст та склад в об'єктах навколишнього середовища супертоксикантів, зокрема діоксинів, поліхлородифенілів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів та ксенобіотиків, за дуже низьких концентрацій цих речовин. В принципі можлива ідентифікація будь-яких органічних ксенобіотиків, що

знаходяться у воді, в концентраціях на рівні 10 нг/дм^3 , а в ряді випадків – до $0,1 \text{ нг/дм}^3$ за відповідної підготовки проб і вибору оптимального методу дослідження. Визначення органічних речовин у воді дозволяє формально визначити їх номенклатуру, структурні формули і на основі отриманих даних оцінити токсичну дію шкідливої речовини, а в деяких випадках і межі небезпечних концентрацій навіть за відсутності нормованих значень ГДК для них [102].

Незважаючи на те, що методи виявлення ОМЗ постійно вдосконалюються, основа сучасних поточних досліджень все ще зосереджена лише відносно важливих ОМЗ через тривалість вимірювання, витрат та зусиль, залучених для проведення аналізування. Як альтернативу доцільно залучення розрахункових методів для визначення параметрів токсичності речовин і їх небезпечних концентрацій, які формуються на основі знань щодо структури речовини та/або їх фізико-хімічних характеристик, а також інформаційних технологій, пов'язаних з пошуком даних про небезпечність речовин в міжнародних базах даних і реєстрах. При цьому корисним є використання нормативної бази і інших країн, що містять значення гранично або орієнтовно допустимих концентрацій для різних речовин; перелік особливо небезпечних речовин (наприклад, Національний перелік пріоритетних речовин США – CERLA) [103]; відповідні фахові довідники для окремих токсичних речовин, які видаються Всесвітньою організацією охорони здоров'я (World Health Organization) [104], або Міжнародної програми з хімічної безпеки (International Programme of Chemical Safety – IPCS) [105]; бази даних щодо біологічної активності та ГДК для речовин, що формуються міжнародними і національними організаціями [106–110].

Одним з найбільш перспективних і сучасних напрямів сучасної хеміо-інформатики і комп'ютерної хімії для оцінювання біологічної небезпеки ксенобіотиків є модель кількісних взаємозв'язків структура–активність (QSAR), яка була сформована в середині 1960-х років з урахуванням наукових розробок американського вченого Корвіна Ганча [111–113], та інші взаємопов'язані моделі QSPR (кількісні взаємозв'язки структура–властивості) та SAR (взаємозв'язки структура–активність). Ця модель-система для прогнозування біологічної активності сполук за їх структурою використовує понад 14 міжнародних і національних баз даних та декількох комп'ютерних програм [102]. Сучасна (версія за 2014 рік) комп'ютерної програми PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) дозволяє провести моделювання і охарактеризувати біля 7157 можливих варіантів щодо токсичності та активної біологічної дії компонентів на основі даних про 960 тис. речовин. Середня точність передбачення при цьому становить близько 94,1% [114, 115].

Перелік прогнозованих видів біологічної активності з використанням PASS включає основні і побічні фармакологічні ефекти, біохімічні механізми дії, специфічну токсичність, мішені в організмі. Прогнозовані види біологічної активності можна класифікувати за рівнями дії: цілісний організм, окремі системи організму (наприклад, нервова), окремі органи, тканини, клітини, субклітинні структури, біохімічні реакції або на біомакромолекулярному рівні. Результати прогнозу за цією програмою слугують основою для визначення ймовірної наявності чи відсутності конкретного виду активності. Методи на основі використання статистичної вибірки дозволяють також прогнозувати і деякі кількісні характеристики токсичності. Наприклад, з використанням програмного забезпечення GUSAR (General Unrestricted Structure-Activity Relationships – Загальні необмежені взаємозв'язки між структурою та активністю) [116] можна провести розрахунок наступних екоотоксикологічних показників: фактор біоаккумуляції (біопоглинання); гостра токсичність LD_{50} – середня смертельна концентрація для випробувальних організмів; концентрація напівмаксимального інгибування росту клітин IGC_{50} .

Отримані результати дозволили не тільки підтвердити високий внесок в токсичність відомих токсикантів, які описані в літературі та розглянуті в QSAR, а й запропонувати низку можливих нових потенційних токсикантів, а також допомагають відстежувати процеси та пропонувати відповідні варіанти їх виявлення та видалення без значних експериментальних зусиль. Очевидно, що токсичність речовини та водної екосистеми в цілому є інтегральною

характеристикою та істотно залежить від оточення структурного фрагмента для даної речовини але і від множинності забруднюючих речовини та потенційної наявності синергізму. Досить багато прикладів, коли за незначної зміни структури, наприклад заміни 1–2 атомів, біологічна активність молекули кардинально змінюється [117]. Однак для багатьох моделей QSAR відсутня структурна інтерпретація, яка не дозволяє проводити раціональне моделювання для водних екосистем за наявності широкого спектру ОМЗ з низькими рівнями вмісту і їх невідомої токсичності. Значна частина існуючих моделей QSAR властивостей токсичності по відношенню до систем навколишнього середовища передбачає обмеження для їх широкого застосування введенням досить скромних статистичних характеристик цих моделей або незначного числа ОМЗ у відповідних вибірках.

Сучасне дослідження пропонує поєднання підходів QSAR та MMP (matched molecular pairs – метод узгоджених молекулярних пар) шляхом пошуку перетворень MMP на основі прогнозів QSAR для великих наборів хімічних даних. Дослідження показує, що такий підхід, який називають аналізом MMP на основі прогнозування, є корисним інструментом для аналізування, поводження та керування процесами для складних екосистем. Усі методичні розробки впроваджені як частина OCHEM (Chemical Database and Modeling Environment) [118] програмних продуктів OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) та QSAR, що дозволяють проводити віртуальний скринінг речовин для виявлення їх гострої токсичної дії на об'єкти довкілля [119, 120].

Незважаючи на те, що за останні роки були прийняті важливі нормативні та законодавчі акти щодо вдосконалення екологічної політики в Україні та реалізовані численні програми міжнародної допомоги з розвитку та управління навколишнім середовищем в Україні, екологічний стан та якість поверхневих вод в країні вимагають подальшого вирішення проблем забруднення водних систем. Причинами такого становища, зокрема, є недосконалість механізму управління якістю природних вод, слабкість системи моніторингу та контролю хімічного забруднення поверхневих водоем, застаріле обладнання та методична база для моніторингу, Тому нагальним завданням є розширення відповідних державних заходів для підвищення ролі наглядової діяльності задля успішного виконання Національної програми екологічного оздоровлення навколишнього середовища та поліпшення якості питної та поверхневих вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конвенція з охорони та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер ООН; Конвенція, Міжнародний документ від 17.03.1992.

http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/994_273.

2. Водний Кодекс України, затв. Постановою № 213/95-ВР від 06.06.1995, зі змінами і доповненнями Верховна Рада України від 24.05.2012, № 4836-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2013. №17. 146 с. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>.

3. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року від 25.02.2019, № 2594-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2018. № 44. 360 с.

4. A joint report by the twenty-three UN agencies concerned with fresh water. 140 p.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129726e.pdf>.

5. Екологічний паспорт Київської області за 2019 рік

<http://koda.gov.ua/oblderzhadministratsija>.

6. Постанова Верховної Ради України (Постанова втратила чинність на підставі Закону № 4836-VI (4836-17) від 24.05.2012, ВВР, 2013, № 17, ст.146) Про Національну програму екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води Відомості Верховної Ради України. 1997, № 41, 1997, № 42, 279 с.

<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/123/97-%D0%B2%D1%80>.

7. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021

року», *Відомості Верховної Ради України*, 2013, № 17, 146 с.

<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>.

8. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року

http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_962.

9. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення: Вид. офіційне. К.: Твій формат, 2006. 240 с.

10. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Міністерство екології та природних ресурсів України. 2017.

11. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» № 2818-VI від 21.12.2010 р. *Відомості Верховної Ради України*. 2011. № 26. 218 с.

12. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» № 4836-VI від 24.05.2012. *Відомості Верховної Ради України*. 2013. № 17. 146 с.

13. Оцінка виконання Стратегії державної екологічної політики України на період до 2020 року та Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011–2015 роки К.: 2015 <http://old.menr.gov.ua/press-center/news/150-news28/3362-otsinka-vykonannia-stratehii-derzhavnoi-ekolohichnoi-polityky-ukrainy-na-period-do-2020-roku-ta-natsionalnoho-planu-dii-z-okhorony-navkolishnoho-prirodnoho-seredovishcha-na-2011-2015-roku>.

14. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» № 1641-VIII від 04.10.2016, *Відомості Верховної Ради України*. 2016. № 46. 780 с.

15. Наказ Мінприроди України від 03.03.2017 № 103 «Про затвердження Меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок», *Відомості Верховної Ради України*. 2013. № 17. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z0421-17>.

16. Розпорядження «Про імплементацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони» від 24.05.2012, № 4836-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2013. № 17. 146 с. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/847-2014-p>.

17. **Кулинич Я.І.** Апроксимація водного законодавства України до законодавства Європейського союзу. *Екологічна безпека держави: матеріали XII Всеукр. наук.–практ. конф. молодих учених та студентів* (Київ, 19 квітня 2018). К.: НАУ, 2018. С. 171.

18. Про стратегічну екологічну оцінку від 20.03.2018. № 23548-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2018. № 16. С. 138.

19. **Вайсбурд А.А.** Фізико-хімічний моніторинг поверхневих вод з урахуванням вимог європейських нормативів. [https://kncop.jimdo.com/app/download/7558454254/%D0%92%D0%B0%D0%B9%D1%81%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B4++%D0%A4%D0%A5%D0%9C.pdf?t=1519484340"knscop.jimdo.com](https://kncop.jimdo.com/app/download/7558454254/%D0%92%D0%B0%D0%B9%D1%81%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B4++%D0%A4%D0%A5%D0%9C.pdf?t=1519484340).

20. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2019-%D0%BF>" № 1065 від 04.12.2019.

21. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р., № 391 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>.

22. **Semenchenko V.P., Razlutsky V.I.** (2010) The ecological quality of surface waters. Minsk: Belarus science, 329 p.

23. Transboundary diagnostic analysis of the Dnipro river basin (2003). UNDP-GEF, Program for the ecological improvement of the Dnipro Basin. Minsk. 217 p.

24. **Lipinskaya T.P., Giginyak I.Yu.** 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), 2011, P. 45–49.
25. **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.
26. **Бикбулатов Э.С., Степанова И.Э.** Функции желательности Харрингтона для оценки качества природных вод, *Экологическая химия*. 2011. № 20 (2). С. 94–104.
27. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання Людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10), Міністерство охорони здоров'я України, Наказ від 12.05.2010 № 400.
28. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. СОУ-05.01.-37-385:2006. Стандарт Мінагрополітики України. К.: Міністерство аграрної політики України, 2006. 7 с.
29. Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення. СанПіН 4630-88. Норми від 04.07.1988 № 4630-88 із змінами від 21.10.1991.
30. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуарів України. Методика КНД 211.1.4.010-94. К., 1994. 37 с.
31. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: ВНИЭРХ, 1990. 44 с.
32. Методические рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: ВНИРО, 1986. 48 с.
33. Методические указания по установлению предельно допустимых концентраций вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов и дополнительных характеристик, нужных для расчета ПДС. Л., 1989. 50 с.
34. Директиви Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 р. про якість води, призначеної для споживання людиною, із змінами та доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) N 1882/2003 (у частині заходів із строком виконання до кінця 2017 року). <http://www.cleanwater.org.ua/ru/legislation/eu-directives/>.
35. Директива Ради 75/440/ЄС від 16 червня 1975 щодо вимог до якості поверхневих вод, призначених для забору питної води для країн-членів Співтовариства. <http://www.cleanwater.org.ua/ru/legislation/eu-directives/>.
36. Директива Ради 78/659/ЄС від 18 червня 1978 року щодо якості поверхневих вод для яких необхідний захист або поліпшення для підтримки придатних умов для життя риб. <http://www.cleanwater.org.ua/ru/legislation/eu-directives/>.
37. Guidelines for Drinking Water Quality: Vol. 1. Health Criteria and Other Supporting Information, Geneva: WHO, 1984. 56 p.
38. **Степова О.В., Рома В.В.** Моніторинг поверхневих вод, Полтава 2017, ПолтНТУ, 2017. 82 с.
39. **Хільчевський К., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л., Чунар'єв О.В.** Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона. К.: ВПЦ «Київський університет», 2015. 154 с.
40. **Осадча Н.М., Клебанова Н.С., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б.** Адаптація системи моніторингу поверхневих вод державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень Водної Рамкової Директиви ЄС. *Наук. праці УкрНДГМІ*. Вип. 257. К., 2008. С. 146–161.
41. **Рыбалова О.В.** Комплексний підхід до визначення екологічного стану басейнів малих річок. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки. *Зб. наук. пр. УкрНДІЕП*. Вип. XXXIII. Харків. 2011. С. 88–97.

42. **Емельянова Л.В.** Популяционный мониторинг как основа определения состояния водных экосистем. *Гидрология, гидрохимия и гидроэкология*. К.: Ніка-Центр, 2001. Т. 2. С. 616–620.
43. **Мельников Н.В.** Сучасні підходи до вирішення проблем екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів в Україні. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2014. 36. С. 164–175.
44. Екологічне оздоровлення Дніпра (досвід міжнародної співпраці). / **В. Шевчук, О. Мазуркевич, В. Навроцький та ін.**; К.: Геопринт, 2001. 267 с.
45. **Боярин М.В.** Інтегральний екологічний індекс екосистеми басейну річки Західний Буг. *Наук. вісн. ВДУ ім. Лесі Українки. Серія: Географ. науки*, 2006. № 2. С. 171–175.
46. **Гриб Й.В.** О периодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод. *Гидробиологический журн.* 2003. № 3. С. 38–43.
47. **Чижевська Л.Т.** Екологічні проблеми поверхневих вод Волинської області Т.4. К.–Луцьк: РВ ЛДТУ, 2002. С. 164–166.
48. **Кукурудза С.І.** Гідроекологічні проблеми суходолу. Л.: Світ, 2009. С. 101–113.
49. **Сніжко С.І.** Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка-Центр, 2001. 264 с.
50. **Хільчевський В.К., Маринич В.В., Савицький В.М.** Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра Т.4. К.-Луцьк: РВ ЛДТУ, 2002. С. 167-169.
51. **Міхалєва М., Столярчук П.** Проблеми нормування якості водних середовищ, стічних вод, апаратне і метрологічне забезпечення системи гідромоніторингу. *Вимірвальна техніка та метрологія*. 2008. № 68. С. 199–203.
52. **Обиход Г.О.** Інституціоналізація екологічної безпеки України: К.: ДУ ІЕПСР НАН України, Логос, 2016. 304 с.
53. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними критеріями Мінекобезпеки. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. К.: Символ-Т, 1998. 28 с.
54. Конвенція ООН від 05.06.1992. *Офіційний вісник України*. 2007. № 22. С. 932.
55. **Яцик А.В. Гончак І.В.** Методичні вказівки до виконання практичних занять «Розрахунок антропогенного навантаження і оцінка екологічного стану басейну малої річки» з навчальної дисципліни «Основи басейнового управління водогосподарськими системами». Рівне: НУВГП, 2012. 27 с.
56. **Крайнюков О.М.** Науково-методичні основи нормування антропогенного забруднення аквальної ландшафтів: монографія. За редакцією проф. Гриценка А. В., проф. Крайнюкової А.М. Харків: Екограф, 2013. 260 с.
57. Environment at a Glance 2015: OECD Indicators. Paris: OECD Publishing, 2015. P. 32–39. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264235199-en>
58. Green Growth Indicators 2014. Paris: OECD Publishing. 2016. 154 p. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264202030-en>
59. Indikatoren für die ökonomische Bedeutung von Wasser und Gewässern. Dessau-Roßlau. 2018. P. 323. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
60. UNEP (2006) «Environmental Indicators for North America» http://www.na.unep.net › NA_Indicators › NA-Indicators-FullVersion
61. Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and User Guide. OECD, 2008. 162 p.
62. United Nations Water. (2015). Indicators and Monitoring. Available: <http://www.unwater.org/sdgs/indicators-and-monitoring/en/>
63. OECD Work on Environmental INDICATORS OECD. <https://www.oecd.org/environment/>
64. **Guo H.D., Shao J.L. et al.** Urban Water Resources Carrying Capacity Based on Pressure-State-Response Model. *Water Resources Protection*. 2009. No 25 (2) P. 46–49.

65. **Zhang Xinduan, Zheng Zegen** Education Ministry Key Laboratory of Ecology Environment in Three Gorges Areas, Chongqing University, Chongqing 400045, China; Study on the Environmental Indicator Systems of Environment-Friendly City [J]; *Environmental Science and Management*; 2007-09.
66. **Ramos T.B., Caeiro S., de Melo J.J.** 2004. Environmental indicator frameworks to design and assess environmental monitoring programs. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 2004 22:1 P. 47–62. DOI: 10.3152/147154604781766111.
67. EEA, 2005. EEA core set of indicators: Guide, Copenhagen, DK: European Environment Agency. <http://www.eea.eu.int/coreset>.
68. Indikatoren für die ökonomische Bedeutung von Wasser und Gewässern. Dessau-Roßlau. 2018. 323 p. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>.
69. **Cuffney T.F., Kennen J.G., Waite I.R.** Aquatic Ecosystems as Indicators of Status and Trends in Water Quality. 2014. DOI: 10.1016/B978-0-12-382182-9.00008-6.
70. **Furse M.T., Hering D., Brabec K., Buffagni A., Sandin, L., Verdonschot P.F.M.** (2006). The ecological status of European rivers: evaluation and intercalibration of assessment methods. *Hydrobiologia*, 566(1), 1-2. DOI: 10.1007/s10750-006-0113-4.
71. **Delin Liu, Shilong Hao** Ecosystem Health Assessment at County-Scale Using the Pressure-State-Response Framework on the Loess Plateau, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017, 14(1), 2; DOI: 10.3390/ijerph14010002.
72. **Огородникова А.А., Щеглов В.В., Вейдеман Е.Л.** Модель «воздействие-состояние-отклик» в решении задач экологического мониторинга загрязнения прибрежной экосистемы. *Известия ТИИРО*. 2004. № 137. С. 321–336.
73. Щорічники про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за даними державної системи спостережень гідрометеослужби. ЦГО.-м. Київ., Рукопис. <http://www.cgo-sreznevskiy.kyiv.ua>.
74. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Київській області у 2018 році. <http://ecologykievoblast.com.ua>.
75. Екологічний паспорт міста Київ за 2018 рік. <http://ecodep.kyivcity.gov.ua> ekol.
76. **Грій В.А., Колісник І.А., Косовець О.О., Кузнецова Т.О.** Динаміка якості поверхневих вод України на початку ХХІ століття. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2011. Т.4 (25). С.129–136.
77. **Веницианов Е.В., Курпичникова Н.В., Щеголькова Н.М.** Разработка интегральных критериев выделения потенциально опасных зон донных отложений водохранилищ. *Водное хозяйство России*. 2016. № 6. С. 27–41. <http://www.waterjournal.ru>.
78. Виконавче рішення Комісії (ЄС) 2018/840 від 5 червня 2018 року про встановлення контрольного списку речовин для загальносоюзного моніторингу у галузі водної політики відповідно до Директиви 2008/105/ЄС Європейського Парламенту та Ради та про скасування Виконання Комісії Рішення (ЄС) 2015/495 (повідомлено під документом С (2018) 3362) http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2018/840/oj.
79. **Sairam Sudhakaran** Organic Micropollutants in Water: Environmental Informatics. 2014. 160 p. <https://www.lap-publishing.com/>.
80. **Fick J., Söderström H., Lindberg R.H. et al.** Contamination of surface, ground, and drinking water from pharmaceutical production. *Environ. Toxicol. Chemistry*. 2009 Dec; N 28(12) P. 2522-2527 DOI: 10.1897/09-073.1.
81. **Caldwell D.J., Mastrocco F., Margiotta-Casaluci L., Brooks B.W.** An integrated approach for prioritizing pharmaceuticals found in the environment for risk assessment, monitoring and advanced research. *Chemosphere*. 2014. № 115. P. 4–12. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.021.
82. **Cardoso O., Porcher J.M., Sanchez W.** Factory-discharged pharmaceuticals could be a relevant source of aquatic environment contamination: Review of evidence and need for knowledge. *Chemosphere*. 2014. № 115. P. 20–30. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.02.004.

83. **Moon-Kyung Kim, Kyung-Duk Zoh** Occurrence and removals of micropollutants in water environment. *Environmental Engineering Research* 2016; 21(4): P. 319–332. DOI: 10.4491/eer.2016.115.
84. **Loos R., Gawlik B.M., Locoro G., Rimaviciute E., Contini S., Bidoglio G.** EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. *Environ. Pollut.* 2009, 157(2). P. 561–568. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.09.020.
85. **Liška I., Wagner F., Sengl M., Deutsch K., Slobodník J.** Joint Danube Survey 3|ICPDR. International Commission for the Protection of the Danube River. <https://www.icpdr.org/main/activities-projects/jds3>.
86. **Elijah M. M. Wanda, Hlengilizwe Nyoni, Bhekie B. Mamba, Titus A. M. Msagati** Occurrence of Emerging Micropollutants in Water Systems in Gauteng, Mpumalanga, and North West Provinces, South Africa. *Int. J. Environ Res Public Health.* 2017, 14(1): 79 P. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph14010079> 10.3390/IJERPH14010079
87. **Ellis J.B.** Pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in urban receiving waters. *Environ. Pollut.* 2006; 144(1). P. 184–189. DOI: 10.1016/j.envpol.2005.12.018.
88. **Yu Y., Huang Q., Wang Z., Zhang K., Tang C., Cui J., Feng J., Peng X.** Occurrence and behavior of pharmaceuticals, steroid hormones, and endocrine-disrupting personal care products in wastewater and the recipient river water of the Pearl River Delta, South China. *J Environ Monit.* 2011;13. P. 871–878. DOI: 10.1039/C0EM00602E.
89. **Yefeng Cui, Yinghui Wang, Changgui Pan, Ruilong Li, Rui Xue, Jing Guo, Ruiling Zhang** Spatiotemporal distributions, source apportionment and potential risks of 15 pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Qinzhou Bay, South China, *Marine Pollution Bulletin.* April 2019. Volume 141. P. 104–111. <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.marpolbul.2019.02.012> 10.1016/j.marpolbul.2019.02.012.
90. **Alistair B.B.A.** The environmental side effects of medication. *EMBO reports.* 2004. № 5. P. 1110–1116. <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsj.embor.7400307> 10.1038
91. **Bendz D., Paxeus N.A., Ginn T.R., Loge F.J.** Occurrence and fate of pharmaceutically active compounds in the environment, a case study: Hoje River in Sweden. *Journal of Hazardous Materials.* 2005. № 122. P. 195–204. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.03.012.
92. **Fick J., Söderström H., Lindberg R.H. et al.** Contamination of surface, ground, and drinking water from pharmaceutical production. *Environ Toxicol Chem.* 2009. № 28. P. 2522–2527. DOI: 10.1897/09-073.1.
93. **Li D., Yang M., Hu J. et al.** Determination and fate of oxytetracycline and related compounds in oxytetracycline production wastewater and the receiving river. *Environ. Toxicol. Chem.* 2008. № 27(1). P. 80–86. DOI: 10.1897/07-080.1.
94. **Баренбойм Г.М., Чиганова М.А.** Загрязнение поверхностных и сточных вод лекарственными препаратами. *Вода: Химия и экология.* 2012. № 10. С. 40–46.
95. KNAPPE (The Knowledge and Need Assessment on Pharmaceutical Products in Environmental Waters). www.knappe-eu.org.
96. Pharmaceuticals in the environment. Results of an EEA workshop. EEA Technical report. 2010. № 1. 34 p. <https://www.eea.europa.eu/publications/pharmaceuticals-in-the-environment-result-of-an-eea-workshop/file>
97. **Виставна Ю.Ю., Руско О.Ю.** Фармацевтичні речовини у природних водах: моніторинг та екологічний ризик. *Комунальне господарство міст.* 2011. № 97 С. 134–140. <http://eprints.kname.edu.ua/21174/>
98. **Милюкин М.В., Гончарук В.В.** Химический мониторинг органических экотоксикантов в водных системах, Київ, Наукова думка, 2016, 310 С.
99. **Мілюкін М.В., Горбань М.В., Скринник М.М.** Моніторинг та розподіл дисперсної фази поліхлорованих біфенілів у природній воді. *Методи та об'єкти хімічного аналізу.* 2016. 11(2), С. 81-87. DOI: 10.17721/mosa.2016.99-105.

100. **Проданчук М.Г., Кравчук О.П., Лепьошкін І.В. та ін.** Забруднення питної води залишками пестицидів, нормування, методи контролю, оцінка ризику. http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2007/n07_2_1.htm
101. **Скринник М.М., Милюкин М.В.** Определение копланарных полихлорированных бифенилов в биоте бассейна Днепра методом газовой хроматографии/масс-спектрометрии. *Укр. хим. журн.* 2010. Т. 76, № 7. С. 65–69.
102. Научные основы создания систем мониторинга качества природных поверхностных вод. Под ред. Г.□М. Баренбойма, Е.□В. Веницианова, О.□П. Авандеевой. М.: Научный мир, 2016. 462 с.
103. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). U.S. Department of Health and Human Services.: <http://www.atsdr.cdc>
104. WHO.IPCS. Environmental Health Criteria 170 – Assessing Human Health Risk of Chemicals-Derivation of Guidance Values for Health-Based Exposure Limits. World Health Organization, International Program on Chemicals Safety, Geneva, 1994.
105. International Programme of Chemical Safety – IPCS.: <http://www.inchem.org/>
106. Chemical Abstracts Service (CAS).: <http://www.cas.org>
107. ESIS (European chemical Substances European chemical Substances Information System Information System).: <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>
108. OSHA/EPA Occupational Chemical Database: www.osha.gov/web/dep/chemicaldata/default.asp
109. Сайт Європейського хімічного агентства (ECHA): <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registeredsubstances>
110. NIST Chemistry WebBook: <http://webbook.nist.gov/>
111. **Hansch C., Fujita T.** ρ - σ - π Analysis. A Method for the Correlation of Biological Activity and Chemical Structure. *J. Am. Chem. Soc.* 1964, 86, 8, P. 1616-1626. DOI: 10.1021/ja01062a035.
112. **Cherkasov A., Muratov E.N., Fourches D. et al.** QSAR Modeling: Where Have You Been? Where Are You Going To? *J. Med. Chem.* 2014, 57, 12, P. 4977–5010. DOI: 10.1021/jm4004285.
113. **Dearden J.C.** The History and Development of Quantitative Structure-Activity Relationships (QSARs). *International Journal of Quantitative Structure-Property Relationships (IJQSPR)*. 2016 (1). 44 p. https://www.researchgate.net/publication/291953482_The_History_and_Development_of_Quantitative_Structure-Activity_Relationships_QSARs
114. **Filimonov D.A., Lagunin A.A., Glorizova T.A. et al.** Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the pass online web resource. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 2014. V. 50. № 3. P. 444–457. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10593-014-1496-1>
115. **Filimonov D.A., Poroikov V.V.** Probabilistic approach in activity prediction. In: *Chemoinformatics Approaches to Virtual Screening*. Eds. Alexandre Varnek and Alexander Tropsha. Cambridge (UK): RSC Publishing, 2008. P. 182–216. DOI: 10.1039/9781847558879-00182.
116. **Lagunin A., Zakharov A., Filimonov D., Poroikov V.** QSAR modelling of rat acute toxicity on the basis of PASS prediction. *Molecular informatics*. 2011. V. 30 (2-3). P. 241–250. DOI: 10.1002/minf.201000151.
117. **Politi R., Rusyn I., Tropsha A.** Prediction of binding affinity and efficacy of thyroid hormone receptor ligands using QSAR and structure-based modeling methods. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2014. 280 (1). P. 177–189. DOI: 10.1016/j.taap.2014.07.009"10.1016/j.taap.2014.07.009.
118. OCHEM – Chemical Database and Modeling Environment. <http://ochem.eu/>
119. QSAR Toolbox. <http://www.qsartoolbox.org>

120. Toxtree – Toxic Hazard Estimation by decision tree approach.
<http://toxtree.sourceforge.net/>

REFERENCES

1. Konventsiya z ohorony ta vykorystannya transkordonnykh vodotokiv ta mizhnarodnykh ozer OON; Konventsiya, Mizhnarodnyj dokument vid 17.03.1992. Elektronnyj resurs – Rezhym dostupu: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/994_273
2. Vodnyj Kodeks Ukrainy, zatv. Postanovoyu N 213/95-VR vid 06.06.1995, zi zminami i dopovnennyami Verkhovnoyi Rady Ukrainy vid 24.05.2012, N 4836-VI. Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy. 2013. N 17. 146 s. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80.#Text>
3. Pro Osnovni zasady (strategiyu) derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrainy na period do 2030 roku vid 25.02.2019, N 2594-VIII. Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy
4. A joint report by the twenty-three UN agencies concerned with fresh water. 140 p. <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129726e.pdf>.
5. Ekolohichnyj pasport Kyivs'koyi oblasti za 2019 rik. <http://koda.gov.ua/oblnderzhadministratsija>
6. Postanova Verkhovnoyi Rady Ukrainy (Postanova vtratyla chynnist' na pidstavi Zakonu N 4836-VI (4836-17) vid 24.05.2012, VVR, 2013, N 17, st.146) Pro Natsional'nu programy ekolohichnoho ozdorovlennya basejnu Dnipra ta polipshennya yakosti pytnoyi vody (*Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy*. 1997, N 41, 1997, N 42 279 s. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/123/97-%D0%B2%D1%80>
7. Zakon Ukrainy "Pro zatverdzhennya Zagal'noderzhavnoyi tsil'ovoyi programy rozvytku vodnoho hospodarstva ta ekolohichnoho ozdorovlennya basejnu richky Dnipro na period do 2021 roku", *Vidomosti Verhovnoi Rady Ukrainy*. 2013, N 17, 146 s. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>
8. Dyrektyva 2000/60/ES Evropejs'kogo Parlamentu i Rady "Pro vstanovlennya ramok diyal'nosti Spivtovarystva v galuzi vodnoyi polityky" vid 23 zhovtnya 2000 roku http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_962
9. Vodna Ramkova Dyrektyva ES 2000/60/ES. Osnovni terminy ta yih vyznachennya: Vyd. ofitsijne. K.: Tvij format, 2006. 240 s.
10. Natsional'na dopovid' pro stan navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini u 2015 rotsi. Ministerstvo ekolohiyi ta pryrodnyh resursiv Ukrainy. 2017.
11. Zakon Ukrainy "Pro Osnovni zasady (strategiyu) derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrainy na period do 2020 roku" N 2818-VI vid 21.12.2010 r. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy*. 2011. N 26. 218 s.
12. Zakon Ukrainy "Pro zatverdzhennya Zagal'noderzhavnoyi tsil'ovoyi programy rozvytku vodnoho hospodarstva ta ekolohichnoho ozdorovlennya basejnu richky Dnipro na period do 2021 roku" vid 24.05.2012 N 4836-VI. *Vidomosti Verhovnoi Rady Ukrainy*. 2013. N 17. 146 s.
13. Otsinka vykonannya Stratehii derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrainy na period do 2020 roku ta Natsional'noho planu dij z ohorony navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha na 2011-2015 roky K.: 2015. <http://old.menr.gov.ua/press-center/news/150-news28/3362-ocinka-vykonannia-stratehii-derzhavnoi-ekolohichnoi-polityky-ukrainy-na-period-do-2020-roku-ta-natsionalnoho-planu-dii-z-okhorony-navkolyshnoho-pryrodnoho-seredovyscha-na-2011-2015-roky>
14. Zakon Ukrainy "Pro vnesennya zmin do deyakyh zakonodavchyh aktiv Ukrainy shchodo vprovadzhennya intehrovanyh pidhodiv v upravlinni vodnymy resursamy za basejnovym pryntsyptom" vid 04.10.2016 N 1641-VIII. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy*. 2016. N 46. 780 s.

15. Nakaz Minpryrody vid 03.03.2017 N 103 "Pro zatverdzhennya Mezh rajoniv richkovykh basejnyv, subbasejnyv ta vodohospodars'kyh dilyanok". Vidomosti Verhovnoi Rady Ukrayiny. 2013. N 17. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z0421-17>
16. Rozporyadzhennya "Pro implementatsiyu Ugody pro asotsiatsiyu mizh Ukrainoyu, z odniefi storony, ta Evropejs'kym Soyuzom, Evropejs'kym Spivtovaryystvom z atomnoyi energiyi i yihnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoyi storony" vid 24.05.2012, N 4836-VI. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny*. 2013. N 17. 146 s. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/847-2014-p>
17. **Kulynych Ya.I.** Aproksymatsiya vodnoho zakonodavstva Ukrayiny do zakonodavstva Evropejs'koho Soyuzu. "Ekolohichna bezpeka derzhavy: materialy XII Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodykh uchenykh ta studentiv (Kyiv, 19 kvitnya 2018). K.: NAU, 2018. S. 171.
18. Pro stratehichnu ekolohichnu otsinku vid 20.03.2018. N 23548-VIII. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny*. 2018. N 16. S. 138.
19. **Vajsburd A.A.** Fyzyko-khimichnyj monitoryng poverkhnevyykh vod z urakhuvannyam vymoh Evropejs'kykh normatyviv. <https://kncop.jimdo.com/app/download/7558454254/%D0%92%D0%B0%D0%B9%D1%81%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B4++%D0%A4%D0%A5%D0%9C.pdf?t=1519484340>"kncop.jimdo.com
20. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 19 veresnya 2018 r. N 758. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2019-%D0%BF>"N 1065 from 04.12.2019
21. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 30 bereznya 1998 r., N <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>
22. **Semenchenko V.P., Razlutsky V.I.** (2010) The ecological quality of surface waters. Minsk: Belarus science, 329 p.
23. Transboundary diagnostic analysis of the Dnipro river basin (2003). UNDP-GEF, Program for the ecological improvement of the Dnipro Basin. Minsk, 217 p.
24. **Lipinskaya T.P., Giginyak I.Yu.** 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), 2011, P. 45-49.
25. **Risnik D.V.** Podhody k normirovaniyu kachestva okruzhayushchej sredy. Zakonodatel'nye i nauchnye osnovy sushchestvuyushchih sistem ekologicheskogo normirovaniya. D.V. Risnik, S.D. Belyaev, N.G. Bulgakov i dr. *Uspekhi sovremennoj biologii*. 2012. N 132 (6). S. 531-550.
26. **Bikbulatov E.S., Stepanova I.E.** Funktsii zhelatel'nosti Harringtona dlya otsenki kachestva prirodnykh vod. *Ekolohicheskaya khimiya*. 2011. N 20 (2). P. 94-104.
27. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla "Hihienichni vymogy do vody pytnoyi, pryznachenoj dlya spozhyvannya lyudynoyu" (DSanPiN 2.2.4-171-10), Ministerstvo okhorony zdorov'ya Ukrayiny, Nakaz vid 12.05.2010 N 400.
28. Voda rybohospodars'kykh pidpnyemstv. Zagal'ni vymohy ta normy. SOU-05.01.-37-385:2006. Stand art Minahropolityky Ukrayiny. K.: Ministerstvo aharnoyi polityky Ukrayiny, 2006. 7 s.
29. Sanitarni pravyla i normy okhorony poverkhnevyykh vod vid zabrudnennya. SanPiN 4630-88. Normy vid 04.07.1988 N 4630-88 iz zminamy vid 21.10.1991.
30. Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod sushi ta estuariyiv Ukrayiny. *Metodyka KND 211.1.4.010-94*. K., 1994. 37 s.
31. Obobshchennyj perechen' predel'no dopustimykh kontsentratsij (PDK) i orientirovochno bezopasnykh urovnej vozdeystviya (OBUV) vrednykh veshchestv dlya vody rybohozyajstvennykh vodoyemov. M.: VNIERH, 1990. 44 s.

32. Metodicheskie rekomendatsii po ustanovleniyu predel'no dopustimyykh kontsentratsiy zagryaznyayushchikh veshchestv dlya vody rybohozyajstvennykh vodoyemov. M.: VNIRO, 1986. 48 s.
33. Metodicheskie ukazaniya po ustanovleniyu predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv dlya vody rybohozyajstvennykh vodoyemov i dopolnitel'nykh kharakteristik, nuzhnykh dlya rashcheta PDS. L., 1989. 50 s.
34. Dyrektyvy Rady 98/83/ES vid 3 lystopada 1998 r. pro yakist' vody, pryznachenoj dlya spozhyvannya lyudynoyu, iz zminamy ta dopovnennyamy, vneseny Reglamentom (ES) N 1882/2003 (u chastyni zahodiv iz strokom vykonannya do kintsya 2017 roku).
<http://www.cleanwater.org.ua/ru/legislation/eu-directives/>
35. Dyrektyva Rady 75/440/ES vid 16 chervnya 1975 shchodo vymog do yakosti poverkhnevyykh vod, pryznachenyykh dlya zaboru pytnoyi vody dlya krayin-chleniv Spivtovaryvstva.
<http://www.cleanwater.org.ua/ru/legislation/eu-directives/>
36. Direktiva Radi 78/659/ES vid 18 chervnya 1978 roku shchodo yakosti poverhnevyykh vod dlya yakih neobhidnij zahist abo polipshennya dlya pidtrimki prydatsnykh umov dlya zhittya ryb.
<http://www.cleanwater.org.ua/ru/legislation/eu-directives/>
36. Dyrektyva Rady 78/659/ES vid 18 chervnya 1978 roku shchodo yakosti poverkhnevyykh vod dlya yakih neobhidnyj zahyst abo polipshennya dlya pidtrymky prydatnykh umov dlya zhyttya ryb. <http://www.cleanwater.org.ua/ru/legislation/eu-directives/>
37. Guidelines for Drinking Water Quality: Vol. 1. Health Criteria and Other Supporting Information, Geneva: WHO, 1984. 56 p.
38. **Stepova O.V., Roma V.V.** Monitoryng poverkhnevyykh vod, Poltava 2017, PoltNTU, 2017. 82 s.
39. **Hil'chevs'kyj K., Zabokryts'ka M.R., Kravchyns'kyj R.L., Chunar'ov O.V.** Osnovni zasady upravlinn ya yakisty vodnykh resursiv ta yihnya ohorona. K.: VPTS "Kyivs'kyj universytet", 2015. 154 s.
40. **Osadcha N.M., Klebanova N.S., Osadchij V.I., Nabyvanets' Yu.B.** Adaptatsiya systemy monitorynhu poverkhnevyykh vod derzhavnoyi hidrometeorolohichnoyi sluzhby MNS Ukrainy do polozhen' Vodnoyi Ramkovoyi Dyrektyvy ES. *Nauk. pratsi UkrNDHMI*. Vyp. 257. K., 2008. S. 146-161.
41. **Rybalova O.V.** Kompleksnyj pidhid do vyznachennya ekolohichnoho stanu basejnykh malykh richok. Problemy ohorony navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha ta tekhnohennoyi bezpeky. *Zb. nauk. pr. UkrNDIEP*. Vyp. XXXIII. Kharkiv. 2011. S. 88-97.
42. **Emel'yanova L.V.** Populyatsyonnyj monitoring kak osnova opredeleniya sostoyaniya vodnykh ekosistem. *Hidrolohiya, hidrohimiya i hidroekolohiya*. K.: Nika-Tsentr. 2001. T. 2. S. 616-620.
43. **Mel'nikov N.V.** Suchasni pidhody do vyrishennya problem ekolohichnoyi bezpeky poverkhnevyykh vodnykh ob'ektiv v Ukraini. *Problemy ohorony navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha ta ekolohichnoyi bezpeky*. 2014. 36. S. 164-175.
44. Ekolohichne ozdorovlennya Dnipra (dosvid mizhnarodnoyi spivpratsi). / **V. Shevchuk, O. Mazurkevych, V. Navrots'kyj ta in.**; K.: Geoprint, 2001. 267 s.
45. **Boyaryn M.V.** Integral'nyj ekolohichnyj indeks ekosystemy basejnu richky Zahidnyj Buh. *Nauk. visn. VDU im. Lesi Ukrainky. Seriya: Geograf. nauky*, 2006. N 2. S. 171-175.
46. **Grib J.V.** O periodichnosti kharakteristik v ekolohicheskoy klassifikatsii kachestva poverkhnostnykh vod. *Hidrobiolohicheskij zhurn*. 2003. N 3. S. 38-43.
47. **Chizhevs'ka L.T.** Ekolohichni problemy poverkhnevyykh vod Volyns'koyi oblasti. T.4. K.-Luts'k: RV LDTU, 2002. S. 164-166.
48. **Kukurudza S.I.** Hidroekolohichni problemy suhodolu. L.: Svit, 2009. S. 101-113.

49. **Snizhko S.I.** Otsinka ta prohnozuvannya yakosti pryrodnikh vod. K.: Nika-Tsentr, 2001. 264 s.
50. **Hil'chevs'kyj V.K., Marynych V.V., Savyts'kyj V.M.** Porivnyal'na otsinka yakosti richkovykh vod basejnu Dnipra T.4. K.-Luts'k: *RV LDTU*, 2002. S. 167-169.
51. **Mihaleva M., Stoliarchuk P.** Problemy normuvannya yakosti vodnykh seredovysch, stichnykh vod, aparatne i metrolohichne zabezpechennya systemy hidromonitorinhu. *Vymiryuval'na tekhnika ta metrolohiya*. 2008. N 68. S. 199-203.
52. **Obykhod H.O.** Institutsionalizatsiya ekolohichnoyi bezpeky Ukrayiny: K.: DU IEPSR NAN Ukrayiny, Logos, 2016. 304 s.
53. Metodyka ekolohichnoyi otsinky yakosti poverkhnevykh vod za vidpovidnymi kryteriyamy Minekobepeky. Romanenko V.D., Zhukyns'kyj V.M., Oksiyuk O.P. ta in. K.: Symvol-T, 1998. 28 s.
54. Konventsiya OON vid 05.06.1992. *Ofitsiyij visnyk Ukrayiny*. 2007. N 22. S. 932.
55. **Yatsyk A.V., Gopchak I.V.** Metodychni vkazivky do vykonannya praktychnykh zanyat' "Rozrahunok antropohennoho navantazhennya i otsinka ekolohichnoho stanu basejnu maloyi richky" z navchal'noyi dystsypliny "Osnovy basejnovoho upravlinnya vodohospodars'kymy systemamy". Rivne: NUVHP, 2012. 27 s.
56. **Krajnyukov O.M.** Naukovo-metodychni osnovy normuvannya antropohennoho zabrudnennya akval'nykh landshaftiv: monografiya. Za redaktsieyu prof. Grytsenka A.V., prof. Krajnyukovoyi A.M. Kharkiv: Ekograf, 2013. 260 s.
57. Environment at a Glance 2015: OECD Indicators. Paris: OECD Publishing, 2015. P. 32-39. DOI: 10.1787/9789264235199-en
58. Green Growth Indicators 2014. Paris: OECD Publishing. 2016. 154 p. DOI: 10.1787/9789264202030-en
59. Indikatoren für die ökonomische Bedeutung von Wasser und Gewässern. Dessau-Roßlau. 2018. P. 323. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
60. UNEP (2006) «Environmental Indicators for North America» http://www.na.unep.net/NA_Indicators/NA-Indicators-FullVersion
61. Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and User Guide. OECD, 2008. 162 p.
62. United Nations Water. (2015). Indicators and Monitoring. Available: <http://www.unwater.org/sdgs/indicators-and-monitoring/en/>
63. OECD Work on Environmental INDICATORS OECD. <https://www.oecd.org/environment/>
64. **Guo H.D., Shao J.L. et al.** Urban Water Resources Carrying Capacity Based on Pressure-State-Response Model. *Water Resources Protection*. 2009. No 25 (2) P. 46-49.
65. **Zhang Xinduan, Zheng Zegen** Education Ministry Key Laboratory of Ecology Environment in Three Gorges Areas, Chongqing University, Chongqing 400045, China; Study on the Environmental Indicator Systems of Environment-Friendly City[J]; *Environmental Science and Management*; 2007-09.
66. **Ramos T.B., Caeiro S., de Melo J.J.** 2004. Environmental indicator frameworks to design and assess environmental monitoring programs. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 2004 22:1 P. 47-62. DOI: 10.3152/147154604781766111.
67. EEA, 2005. EEA core set of indicators: Guide, Copenhagen, DK: European Environment Agency. <http://www.eea.eu.int/coreset>
68. Indikatoren für die ökonomische Bedeutung von Wasser und Gewässern. Dessau-Roßlau. 2018. 323 p. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
69. **Cuffney T.F., Kennen J.G., Waite I.R.** Aquatic Ecosystems as Indicators of Status and Trends in Water Quality. 2014. DOI: 10.1016/B978-0-12-382182-9.00008-6.

70. **Furse M.T., Hering D., Brabec K., Buffagni A., Sandin, L., Verdonschot P.F.M.** (2006). The ecological status of European rivers: evaluation and intercalibration of assessment methods. *Hydrobiologia*, 566(1), P. 1-2. DOI: 10.1007/s10750-006-0113-4.
71. **Delin Liu, Shilong Hao** Ecosystem Health Assessment at County-Scale Using the Pressure-State-Response Framework on the Loess Plateau, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017, 14(1), 2; DOI: 10.3390/ijerph14010002.
72. **Ogorodnikova A.A., Shcheglov V.V., Vejdeman E.L.** Model' "vozdeystvie-sostoyanie-otklik" v reshenii zadach ekolohicheskoho monitoringa zagryazneniya pribrezhnoj ekosistemy. *Izvestiya TINRO*. 2004. N 137. S. 321-336.
73. Shchorichnyky pro stan zabrudnennya poverkhnevyyh vod sushi na terytoriyi Ukrayiny za danymy derzhavnoyi systemy sposterezhen' hidrometeosluzhby. TSHO.-m. Kyiv, Rukopys. <http://www.cgo-sreznevskiy.kyiv.ua> "cgo-sreznevskiy.kyiv.ua
74. Rehional'na dopovid' pro stan navkolysn'oho pryrodnoho seredovyscha v Kyivs'kij oblasti u 2018 rotsi. <http://ecologykievoblast.com.ua>
75. Ekolohichnyj pasport mista Kyeva za 2018 rik. <http://ecodep.kyivcity.gov.ua> \ekol
76. **Grij V.A., Kolisnyk I.A., Kosovets' O.O., Kuznetsova T.O.** Dynamika yakosti poverkhnevyykh vod Ukrayiny na pochatku XXI stolittya. *Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya*. 2011. T. 4(25). S. 129-136.
77. **Venitsianov E.V., Kirpichnikova N.V., Shchegol'kova N.M.** Razrabotka integral'nykh kriteriev vydeleniya potentsial'no opasnyh zon donnyh otlozhenij vodohranilishch. *Vodnoe hozyajstvo Rossii*. 2016. N 6. S. 27-41. <http://www.waterjournal.ru>
78. Vykonavche rishennya Komisiyi (ES) 2018/840 vid 5 chervnya 2018 roku pro vstanovlennya kontrol'noho spysku rehovyn dlya zagal'nosoyuznoho monitorynhu u galuzi vodnoyi polityky vidpovidno do Dyrektyvy 2008/105/ ES Evropejs'koho Parlamentu ta Rady ta pro skasuvannya Vykonannya Komisiyi Rishennya (ES) 2015/495 (povidomleno pid dokumentom C (2018) 3362) http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2018/840/oj
79. **Sairam Sudhakaran** Organic Micropollutants in Water: Environmental Informatics. 2014. 160 p. <https://www.lap-publishing.com/>
80. **Fick J., Söderström H., Lindberg R.H. et al.** Contamination of surface, ground, and drinking water from pharmaceutical production. *Environ. Toxicol. Chemistry*. 2009 Dec; N 28(12) P. 2522-2527 DOI: 10.1897/09-073.1.
81. **Caldwell D.J., Mastrocco F., Margiotta-Casaluci L., Brooks B.W.** An integrated approach for prioritizing pharmaceuticals found in the environment for risk assessment, monitoring and advanced research. *Chemosphere*. 2014. N 115. P. 4-12. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.021.
82. **Cardoso O., Porcher J.M., Sanchez W.** Factory-discharged pharmaceuticals could be a relevant source of aquatic environment contamination: Review of evidence and need for knowledge. *Chemosphere*. 2014. N 115. P. 20-30. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.02.004.
83. **Moon-Kyung Kim, Kyung-Duk Zoh** Occurrence and removals of micropollutants in water environment. *Environmental Engineering Research* 2016; 21 (4): P. 319-332. DOI: 10.4491/eer.2016.115.
84. **Loos R., Gawlik B.M., Locoro G., Rimaviciute E., Contini S., Bidoglio G.** EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. *Environ. Pollut.* 2009, 157 (2). P. 561-568. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.09.020.
85. **Liška I., Wagner F., Sengl M., Deutsch K., Slobodník J.** Joint Danube Survey 3|ICPDR. International Commission for the Protection of the Danube River. <https://www.icpdr.org/main/activities-projects/jds3>
86. **Elijah M. M. Wanda, Hlengilizwe Nyoni, Bhekie B. Mamba, Titus A. M. Msagati** Occurrence of Emerging Micropollutants in Water Systems in Gauteng, Mpumalanga, and North

West Provinces, South Africa. *Int. J. Environ Res Public Health*. 2017, 14(1): 79 p.

<https://dx.doi.org/10.3390/IJERPH14010079>

87. **Ellis J.B.** Pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in urban receiving waters. *Environ. Pollut.* 2006; 144(1). P. 184-189. DOI: 10.1016/j.envpol.2005.12.018.

88. **Yu Y., Huang Q., Wang Z., Zhang K., Tang C., Cui J., Feng J., Peng X.** Occurrence and behavior of pharmaceuticals, steroid hormones, and endocrine-disrupting personal care products in wastewater and the recipient river water of the Pearl River Delta, South China. *J. Environ. Monit.* 2011; 13. P. 871-878. DOI: 10.1039/C0EM00602E.

89. **Yefeng Cui, Yinghui Wang, Changgui Pan, Ruilong Li, Rui Xuee, Jing Guo, Ruiling Zhang** Spatiotemporal distributions, source apportionment and potential risks of 15 pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Qinzhou Bay, South China. *Marine Pollution Bulletin*. April 2019. Volume 141. P. 104-111.

<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.marpolbul.2019.02.012>

90. **Alistair B.B.A.** The environmental side effects of medication. *EMBO reports*. 2004. N 5. P. 1110-1116. <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsj.embor.7400307>

91. **Bendz D., Paxéus N.A., Ginn T.R., Loge F.J.** Occurrence and fate of pharmaceutically active compounds in the environment, a case study: Höje River in Sweden. *Journal of Hazardous Materials*. 2005. N 122. P. 195-204. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.03.012.

92. **Fick J., Söderström H., Lindberg R.H. et al.** Contamination of surface, ground, and drinking water from pharmaceutical production. *Environ. Toxicol. Chem.* 2009. N 28. P. 2522-2527. DOI: 10.1897/09-073.1.

93. **Li D., Yang M., Hu J. et al.** Determination and fate of oxytetracycline and related compounds in oxytetracycline production wastewater and the receiving river. *Environ. Toxicol. Chem.* 2008. N 27(1). P. 80-86. DOI: 10.1897/07-080.1.

94. **Barenbojm G.M., Chiganova M.A.** Zagryaznenie poverkhnostnyh i stochnyh vod lekarstvennymi preparatami. *Voda: Khimiya i ekolohiya*. 2012. N 10. S. 40-46.

95. Knappe (The Knowledge and Need Assessment on Pharmaceutical Products in Environmental Waters). www.knappe-eu.org

96. Pharmaceuticals in the environment. Results of an EEA workshop. EEA Technical report. 2010. N 1. 34 p. <https://www.eea.europa.eu/publications/pharmaceuticals-in-the-environment-result-of-an-eea-workshop/file>

97. **Vystavna Yu.Yu., Rusko O.Yu.** Farmatsevychni rehovyny u pryrodnyh vodah: monitoryng ta ekolohichnyj ryzyk. *Komunal'ne hospodarstvo mist*. 2011. N 97. S. 134-140. <http://eprints.kname.edu.ua/21174/>

98. **Milyukin M.V., Goncharuk V.V.** Khimicheskij monitoring organicheskikh ekotoksikantov v vodnyh sistemah, Kyiv, Naukova dumka, 2016, 310 s.

99. **Milyukin M.V., Gorban' M.V., Skrynnyk M.M.** Monitoring and Disperse-phase Distribution of Polychlorinated Biphenyls in Natural Water. *Metody ta ob'ekty khimichnoho analizu*. 2016. 11(2). S. 81-87. DOI: 10.17721/moca.2016.99-105.

100. **Prodanchuk M.G., Kravchuk O.P., Lep'oshkin I.V. ta in.** Zabrudnennya pytnoyi vody zalyshkamy pestytsydiv, normuvannya, metody kontrolyu, otsinka ryzyku. http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2007/n07_2_1.htm

101. **Skrinnik M.M., Milyukin M.V.** Opredelenie koplanarnykh polikhlorirovannykh bifenilov v biote bassejna Dnepra metodom gazovoj khromatografii/mass-spektrometrii. *Ukr. him. zhurn.* 2010. T. 76, N 7. S. 65-69.

102. Nauchnye osnovy sozdaniya sistem monitoringa kachestva prirodnyh poverkhnostnyh vod. Pod red. G.M. Barenbojma, E.V. Venitsianova, O.P. Avandeevoj. M.: Nauchnyj mir, 2016. 462 s.

103. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). U.S. Department of Health and Human Services.: <http://www.atsdr.cdc>
104. WHO.IPCS. Environmental Health Criteria 170 - Assessing Human Health Risk of Chemicals-Derivation of Guidance Values for Health-Based Exposure Limits. World Health Organization, International Program on Chemicals Safety, Geneva, 1994.
105. International Programme of Chemical Safety - IPCS.: <http://www.inchem.org/>
106. Chemical Abstracts Service (CAS).: <http://www.cas.org>
107. ESIS (European chemical Substances European chemical Substances Information System Information System).: <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>
108. OSHA/EPA Occupational Chemical Database: www.osha.gov/web/dep/chemicaldata/default.asp
109. The website of the European Chemicals Agency (ECHA): <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registeredsubstances>
110. NIST Chemistry WebBook: <http://webbook.nist.gov/>
111. **Hansch C., Fujita T.** ρ - σ - π Analysis. A Method for the Correlation of Biological Activity and Chemical Structure. *J. Am. Chem. Soc.* 1964, 86, 8, P. 1616-1626. DOI: 10.1021/ja01062a035.
112. **Cherkasov A., Muratov E.N., Fourches D. et al.** QSAR Modeling: Where Have You Been? Where Are You Going To? *J. Med. Chem.* 2014, 57, 12, P. 4977-5010. DOI: 10.1021/jm4004285.
113. **Dearden J.C.** The History and Development of Quantitative Structure-Activity Relationships (QSARs). *International Journal of Quantitative Structure-Property Relationships (IJQSPR)*. 2016 (1). 44 p. https://www.researchgate.net/publication/291953482_The_History_and_Development_of_Quantitative_Structure-Activity_Relationships_QSARs
114. **Filimonov D.A., Lagunin A.A., Glorizova T.A. et al.** Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the pass online web resource. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 2014. V. 50. N 3. P. 444-457. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10593-014-1496-1>
115. **Filimonov D.A., Poroikov V.V.** Probabilistic Approaches in Activity Prediction. In: *Chemoinformatics Approaches to Virtual Screening*. Eds. Alexandre Varnek and Alexander Tropsha. Cambridge (UK): RSC Publishing, 2008. P. 182-216. DOI: 10.1039/9781847558879-00182.
116. **Lagunin A., Zakharov A., Filimonov D., Poroikov V.** QSAR modelling of rat acute toxicity on the basis of PASS prediction. *Molecular informatics*. 2011. V. 30 (2-3). P. 241-250. DOI: 10.1002/minf.201000151.
117. **Politi R., Rusyn I., Tropsha A.** Prediction of binding affinity and efficacy of thyroid hormone receptor ligands using QSAR and structure-based modeling methods. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2014. 280 (1). P. 177-189. DOI: 10.1016/j.taap.2014.07.009.
118. OCHEM – Chemical Database and Modeling Environment. <http://ochem.eu/>
119. QSAR Toolbox. <http://www.qsartoolbox.org>
120. Toxtree – Toxic Hazard Estimation by decision tree approach. <http://toxtree.sourceforge.net/>

*Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища
Національної академії наук України», м. Київ*

*Надійшло до редакції:
16 жовтня 2020 року*