

УДК 504.4.06:556.52

DOI: 10.15587/1729-4061.2017.112211

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПОГІРШЕННЯ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

О. В. Рибалова

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: olga.rybalova@nuczu.edu.ua

С. Р. Артем'єв

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: arctic2667@gmail.com

*Кафедра охорони праці та

техногенно-екологічної безпеки

Національного університету

цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94,

г. Харків, Україна, 61023

Пропонується новий підхід до визначення екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод. Нова методика ґрунтується на визначенні екологічних нормативів якості поверхневих вод з урахуванням ландшафтних і географічних особливостей річкових басейнів. Застосування запропонованої методики дасть змогу прийняти науково обґрунтовані управлінські рішення в галузі водоохоронної діяльності. Визначення ризику порушення благополуччя водної екосистеми дасть змогу удосконалити водоохоронну стратегію

Ключові слова: екологічний ризик, водна екосистема, екологічний норматив, річковий басейн, водоохоронна стратегія

Предлагается новый подход к определению экологического риска ухудшения состояния поверхностных вод. Новая методика основывается на определении экологических нормативов качества поверхностных вод с учетом ландшафтных и географических особенностей речных бассейнов. Применение предложенной методики даст возможность принять научно обоснованные управленческие решения в области водоохранной деятельности. Определение риска нарушения благополучия водной экосистемы даст возможность усовершенствовать водоохранную стратегию

Ключевые слова: экологический риск, водная экосистема, экологический норматив, речной бассейн, водоохранная стратегия

1. Вступ

Сучасний стан поверхневих вод вимагає розробки нових інструментів управління водоохоронною діяльністю. В більшості європейських країн та США при розробці природоохоронної політики обов'язковим етапом є оцінювання екологічного ризику. Екологічний ризик визначає ймовірність порушення екологічного благополуччя, деградацію екосистем, зниження біологічного різноманіття й спрощення трофічної структури.

Оцінювання екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод має за мету ідентифікацію водних об'єктів, які потребують першочергового впровадження водоохоронних заходів. Ця задача є дуже актуальною при розробці водоохоронної стратегії, особливо в індустріально розвинутих регіонах з низькою забезпеченістю водними ресурсами. Саме тому застосування нової методики оцінки екологічного ризику здійснено для найбільш забруднених річок Харківської області (Україна) – Уди та Оскіл.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Екологічне нормування антропогенного впливу на навколишнє середовище потребує урахування стійкості і регенераційних можливостей екосистем на основі аналізу взаємозв'язку всіх компонентів ландшафтно-географічної системи.

Ландшафтно-екологічний підхід до визначення якісного стану поверхневих вод на півночі Монголії та аналіз причин забруднення представлено в роботі [1]. Дослідження моніторингових даних гідрології, гідроморфології, кліматології, фізико-хімічних особливостей ґрунтів, географії ландшафтів, різноманітності риб в басейні річки Хара дозволило вперше отримати детальну характеристику аквальної ландшафтів. В ході оцінки було виявлено фоновий стан різних водних екосистем і його показники використовувались для встановлення екологічних стандартів.

Всебічне дослідження причин забруднення поверхневих вод є основою для розробки водоохоронної політики [2].

Аналіз змін в землекористуванні показав, що існує ризик деградації водних екосистем в субтропіках Австралії за рахунок збільшення навантаження на біогенні речовини. Евтрофікація поверхневих вод через потрапляння забруднюючих речовин від дифузних джерел є серйозною проблемою якості води у всьому світі, що призводить до втрати функцій екосистем відповідних водойм. Зміни клімату посилюють цю проблему [3].

Дослідження закономірностей формування, функціонування та стійкості водної екосистеми під впливом природних і антропогенних чинників є дуже важливими.

В роботі [4] показано, що зміна клімату значно змінить режими стоку річок в Європі і в усьому світі. На основі прогнозних моделей SWIM дана оцінка май-

бутніх змін річкового стоку в усьому басейні річки Дунай за допомогою екологічно релевантних показників потоку річок при різних сценаріях потепління клімату.

Згідно з прогнозами зміна кліматологічних умов підвищить ризик гіпоксії і концентрація кисню в донній воді знизиться на 11,5 % до 2100 року [5].

Якщо глобальні середні температури підвищаться більш ніж на 2°, це стане серйозною загрозою як для навколишнього природного середовища, так і для здоров'я людини [6].

Дослідження негативних наслідків потепління на стан поверхневих вод дозволяє оцінити екологічні ризики, викликані аномаліями клімату і визначити майбутні соціально-економічні проблеми [7].

Цій складній проблемі присвячено багато наукових досліджень, зокрема в галузі оцінювання екологічних ризиків [8–12]. В узагальненому вигляді екологічний ризик зводиться до двох типів:

- ризик порушення стійкості екосистем в результаті реального або потенційного забруднення навколишнього природного середовища;

- ризик для здоров'я населення, який є ймовірністю виникнення несприятливих для здоров'я ефектів [13].

На даний час існує велика кількість відомих методик оцінювання ризику для здоров'я населення, але у своїй більшості вони засновані на санітарно-гігієнічних нормативах, граничних (безпечних) значеннях [14–16].

Підходи до оцінки якості водних об'єктів, що засновані на визначенні показників гранично-допустимих концентрацій (ГДК), не відображують у необхідній мірі екологічний стан. Тому використання таких граничних значень у розрахунках екологічного ризику не є коректним. І хоча одиницями виміру рівня екологічної безпеки можуть бути показники, які характеризують стан здоров'я людини, існує проблема визначення саме ризику погіршення стану водних екосистем.

Метод оцінювання екологічних ризиків, що викликають при впливі джерел забруднення на водні об'єкти [17] засновано на обробленні даних, зібраних за спеціально розробленою експрес-схемою натурних досліджень, що базуються, в першу чергу, на біологічних даних. На рівні детальної оцінки ризику застосовується експертний аналіз характеристик рецепторів та індикаторів ризику, розмірів антропогенного тиску та можливих загроз водній екосистемі.

Відомі методи оцінки екологічного ризику для водних об'єктів, які засновані на біологічній чутливості та реакції певних організмів [18], а також методи ймовірного розподілу чутливості видів (SSD) [19].

Оцінка екологічного ризику з використанням SSD відображає ймовірності того, що спостережувані концентрації перевищать критичні для організмів. Дослідження [19] показали, що ймовірнісні результати добре відображають емпіричну інформацію, тому такий метод є цінним як доповнення до більш традиційних підходів до розрахунку ризиків.

Недоліком вищезгаданих методичних підходів є трудомісткість, нерівнозначність умов у водних екосистемах і реакції організмів, необхідність проведення додаткових гідробіологічних досліджень з залученням провідних фахівців.

У Директиві 2000/60/ЄС [20] відповідно до статті 16 було запропоновано проводити оцінку ризику від пріоритетних речовин, що визначені згідно зі стат-

тею 16 (2) і перелічені в Додатку X. На даний час не всі речовини, зокрема перелічені в Додатку X, контролюються і можуть бути забезпечені офіційними даними моніторингових досліджень. Це вказує на необхідність впровадження систем оцінки ризику, що будуть забезпечені існуючою системою моніторингу і статистичною звітністю.

3. Ціль та задачі дослідження

Метою дослідження є розробка методу оцінювання екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод та її апробація для річок Уди і Оскіл.

Для досягнення цієї мети виконано наступні задачі:

- розробити методіку оцінювання ризику порушення благополуччя водної екосистеми;
- визначити екологічні нормативи для річок Уди і Оскіл Харківської області;
- оцінити екологічний ризик погіршення стану річок Уди і Оскіл та визначити для них перелік пріоритетних забруднюючих речовин;
- обґрунтування необхідності впровадження європейського ітеративного підходу до формування водохоронної стратегії.

4. Методичний підхід до визначення екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод

4.1. Методика оцінки ризику порушення стійкості водної екосистеми

Складність властивостей екосистем обумовлює неоднозначність реакцій на дію зовнішніх і внутрішніх чинників, тому при встановленні пріоритетних проблем доцільно використовувати ймовірнісний підхід.

Оцінка екологічного ризику передбачає визначення ймовірності порушення благополуччя водної екосистем під дією антропогенних і природних чинників. Саме тому методика оцінювання ризику погіршення стану поверхневих вод ґрунтується на визначенні екологічних нормативів. Методика визначення екологічних нормативів стану поверхневих вод наведена в роботі [21]. Встановлення значень екологічних нормативів якості поверхневих вод полягає в обґрунтуванні обов'язкового рівня якості води для конкретних водних об'єктів за умови збереження благополуччя водної екосистеми. Екологічні нормативи характеризуються певними значеннями гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних та бактеріологічних показників якості води, а також вмістом в ній пріоритетних речовин токсичної і радіаційної дії [21].

Екологічні нормативи (ЕН) встановлюються на основі обробки багаторічних даних спостереження з визначенням екологічного індексу за удосконаленою методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями [22].

Необхідним є визначення років серед усіх даних спостереження з мінімальними значеннями екологічного індексу (I_E) з урахуванням коефіцієнта водності ($K_v \leq 1$) на основі побудови діаграми тенденцій змін екологічних індексів та коефіцієнтів водності. ЕН відповідає мініальному значенню серед середніх і модальних величин для кожного показника екологіч-

ного стану водного об'єкту, мінімальних значень екологічного індексу з врахуванням коефіцієнта водності і прогнозних величин.

Екологічний індекс якості вод (I_E) розраховується як середньоарифметичне хімічного (I_X) та біологічного (I_B) індексів [22]:

$$I_E = \frac{I_X + I_B}{2} \tag{1}$$

Екологічний індекс якості вод, як і блокові індекси, розраховуються для середніх значень категорій $I_{E\text{сер}}$. Оцінка має бути проведена з використанням однакового переліку показників.

Для вибору репрезентативних років за певний період спостережень необхідно використовувати величину коефіцієнта водності K_B [21]:

$$K_B = Q_C / Q_{БР} \tag{2}$$

де Q_C – середня витрата води за період, для якого виконується оцінка; $Q_{БР}$ – середньо багаторічна витрата води за аналогічний період (сезон) [21].

Для побудови прогнозної моделі екологічного стану поверхневих вод був використаний метод Хольта-Уінтерса, яким вирішуються завдання прогнозування часового ряду з урахуванням сезонності [23].

Аналіз багаторічних спостережень за якісним станом поверхневих вод показав, що гідрохімічні і гідрологічні показники можуть різко змінюватися на протязі років. Метод Хольта-Уінтерса здатний виявляти мікротренди у моменти часу, безпосередньо попередні прогнозним, і екстраполювати ці тренди на майбутнє. Метод потрійного експонентного згладжування тимчасового ряду дозволяє робити як середньострокові, так і довгострокові прогнози. Тому метод Хольта-Уінтерса був обраний для прогнозу екологічного стану водних об'єктів.

Якщо для окремого водного об'єкту не встановлено екологічні нормативи, пропонується використовувати в якості граничного значення верхню межу 3 категорії класифікації якості поверхневих вод [22], що відповідає II класу з добрим станом.

Пропонується визначати екологічний ризик порушення благополуччя водних екосистем для кожної i -ої забруднюючої речовини в j -ому створі спостереження за якісним станом поверхневих вод за формулою:

$$R_{ij} = 1 - ((1 - P_{ij}) \times (1 - S_{ij})), \tag{3}$$

де P_{ij} – ймовірність порушення екологічного нормативу для i -ого показника у j -ому створі, безрозмірна величина; S_{ij} – індикаторний показник наслідків порушення екологічного благополуччя для водної екосистеми для i -ого показника у j -ому створі, безрозмірна величина.

Ймовірність порушення екологічного нормативу визначається за формулою:

$$P_{ij} = \frac{n_{Eij}^i}{N_{Eij}^i}, \tag{4}$$

де n_{Eij}^i – кількість спостережень за екологічним станом водного об'єкту для кожної i -ої забруднюючої речовини в j -ому створі з порушенням екологічного

нормативу; N_{Eij}^i – загальна кількість спостережень за екологічним станом водного об'єкту для кожної i -ої забруднюючої речовини в j -ому створі з визначенням екологічного нормативу.

Відповідно до Концепції екологічного нормування [24], порушення екологічного нормативу буде означати негативні наслідки для водної екосистеми. Тому індикаторний показник наслідків порушення екологічного нормативу (S) пропонується визначати на основі оцінки середньої величини концентрації i -ої забруднюючої речовини серед концентрацій, які перевищують ЕН ($C_{срнЕН}^i$).

Потім відповідно до значення цієї концентрації за величиною екологічного індексу (I_E) привласнюється один з п'яти класів якості згідно з методикою [22]. Індикаторний показник наслідків порушення екологічного нормативу (S) визначається шляхом інтерполяції з використанням даних табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика стану водотоків за значеннями індикаторного показника наслідків порушення екологічного нормативу (S) і значеннями екологічного індексу (I_E)

Назва показника	1 клас добрий стан	2 клас за- довільний стан	3 клас посеред- ній стан	4 клас поганий стан	5 клас дуже поганий стан
Значення індикаторного показника наслідків порушення екологічного благополуччя для водної екосистеми (S)	0–0,19	0,2–0,39	0,4–0,59	0,6–0,79	0,8–1,0
Значення екологічного індексу (I_E)	0–1,0	1,1–3,0	3,1–5,0	5,1–6,0	6,1–7,0

Сумарний екологічний ризик погіршення стану водних екосистем в j -ому створі спостереження за якісним станом поверхневих вод (R_{evj}) визначається як середнє геометричне окремих ризиків для кожної i -ої забруднюючої речовини (R_{ij}) за формулою:

$$R_{evj} = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m R_{ij}}, \tag{5}$$

де m – кількість досліджених показників якісного стану водної екосистеми.

Екологічний ризик для великих або середніх річок визначається за умови достатньої забезпеченості інформацією (наявна моніторингова інформація за 30 років і більше).

У разі, коли наявна гідрохімічна, гідробіологічна та гідрологічна інформація не охоплює всього переліку блоків показників, обчислення проводиться за наступною схемою.

До розрахунку приймаються 5 показників, які найбільше перевищують екологічні нормативи.

На першому етапі оцінювання екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів визначається перелік забруднюючих речовин, які перевищують значення екологічного нормативу. Вважається, що саме ці

речовини сприяють розвитку деградаційних процесів в водній екосистемі.

На другому етапі оцінки екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів визначаються пробіти ($Prob$) за наступною формулою [25]:

$$Prob = -2 + 3,32 \times \lg \frac{C_i}{C_{En}} \quad (6)$$

де C_i – концентрація i -ої речовини у водному об'єкті, мг/дм³; C_{En} – значення екологічного нормативу для i -ої речовини у водному об'єкті, мг/дм³.

На третьому етапі відповідно до закону нормально-ймовірнісного розподілу за значенням $Prob$ встановлюється відповідне значення екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів.

На четвертому етапі визначається сумарний екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів за формулою [25]:

$$ER = 1 - (1 - ER_1) \times (1 - ER_2) \times \dots \times (1 - ER_n) \quad (7)$$

де ER – сумарний екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів; ER_1, \dots, ER_n – екологічний ризик кожної забруднюючої речовини.

На п'ятому етапі дається характеристика екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів. При трактуванні отриманих величин екологічного ризику пропонується користуватися наступною ранговою шкалою (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика якості поверхневих вод за значенням екологічного ризику

Клас якості води	Характеристика якості водних об'єктів	Значення екологічного ризику (ER)	Трофність
I Відмінне	Водні об'єкти в природному стані звичайно оліготрофні, вода прозора чи з невеликою кількістю гумусу. Водні об'єкти придатні для усіх видів використання	<0,1	Оліготрофні
II Гарне	Водні об'єкти близькі до природного стану чи слабо евтрофовані. Вода придатна для усіх видів використання	0,1–0,19	Мезотрофні
III Задовільне	Водні об'єкти знаходяться під слабким впливом стічних вод, площинних джерел забруднення чи інших видів впливу. Якість звичайно задовольняє вимогам більшості видів водокористування	0,2–0,59	Евтрофні
IV Незадовільне	Вода водних об'єктів значно забруднена в результаті надходження стічних вод, поверхневого стоку, а також під впливом інших факторів. Водні об'єкти придатні тільки для тих видів використання, у яких менш жорсткі вимоги до якості води	0,6–0,89	Політрофні
V Погане	Водні об'єкти сильно забруднені стічними водами, поверхневим стоком чи у результаті впливу інших факторів	0,9–1,0	Гіпертрофні

Класифікація водних об'єктів за значенням екологічного ризику (табл. 2) дає змогу визначити їх придатність для водокористування. Це є важливим для впровадження ітеративного підходу до управління водоохоронною діяльністю.

4. 2. Оцінка екологічного ризику погіршення стану річок Уди і Оскіл Харківської області

Харківська область є великим індустріальним центром України з багатогалузевим сільським господарством і чисельними населеними пунктами, що потребує великої кількості якісних водних ресурсів. Але Харківська область посідає одне з останніх місць в країні по забезпеченістю водою. Проте розвинутий промисловий комплекс здійснює велике антропогенне навантаження на водні об'єкти Харківської області. Тому встановлення екологічних нормативів в якості екологічних стандартів і визначення найбільш забруднених водотоків на основі оцінки екологічного ризику є важливою задачею. На території Харківської області протікає 867 річок і тимчасових водотоків, в тому числі 1 велика річка (р. Сіверський Донець), 6 середніх річок (р. Уди, р. Лопань, р. Оскіл, р. Мерла, р. Орель, р. Самара) і решта – малі річки.

Загальна довжина всіх річок області складає 6405 км, з них 172 мають довжину більше 10 км і загальна довжина складає 4655 км. Всі річки і тимчасові водотоки відносяться до басейнів Дона і Дніпра, охоплюючи відповідно 3/4 і 1/4 території області.

На території Харківської області знаходиться лісостепова і степова географічні зони, що обумовлює різницю в особливостях формування і функціонування водних екосистем. При розробці екологічних нормативів важливо врахувати географічне розташування, а також характерні особливості гідрологічного, гідрохімічного і гідробіологічного режимів, котрі виразно відрізняються між окремими річковими басейнами.

Річка Сіверський Донець є головною водною артерією Харківської області, найбільшими притоками є річка Уди, яка розташована в лісостеповій зоні, і річка Оскіл, яка протікає на границі лісостепової і степової зони.

Басейн р. Уди є однією з найбільших приток річки Сіверський Донець та має транскордонний характер. Загальна довжина річки – 164 км, з них 127 км протікає територією Харківської області. Загальна площа водозбору – 3894 км², з них 3460 км² знаходяться в Харківській області.

Басейн р. Уди, права притока р. Сіверський Донець, розташований у південно – західних відрігах Середньоруської височини в межах вододілу Дніпро – Дон. Поверхня території являє собою полого – хвилясту рівнину, розчленовану густою мережею балок і ярів. Живлення р. Уди в основному снігове, меншу роль відіграє дощове та ґрунтове живлення.

Річки басейну р. Уди найбільш багатоводні. Вони беруть початок в Белгородській області Росії та течуть у південному напрямку. Внаслідок того, що вони протікають через густозаселені райони області, річки дуже зарегульовані і забруднені.

Оцінка екологічного стану басейну р. Уди в Чугуївському районі Харківської області за період з 1969 по 2015 рік, в основному, відповідає 4 категорії за екологічною класифікацією [22] (рис. 1).

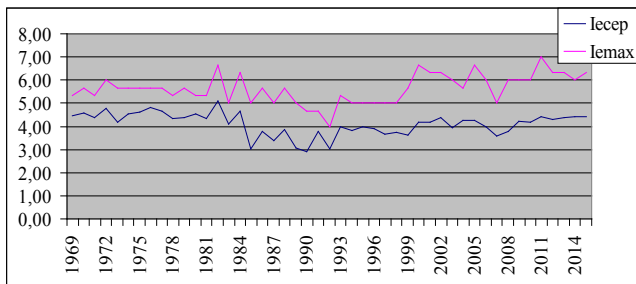


Рис. 1. Динаміка змін середнього екологічного індексу ($I_{ср}$) і максимального екологічного індексу ($I_{макс}$) в річці Уди в Чугуївському районі Харківської області за період з 1969 по 2015 рік

Встановлення значень цільових ЕНц для окремих показників якості води проводиться аналогічно допустимим ЕНд. Значення цільового екологічного нормативу відповідає мінімальній величині серед показників для вибраних років з найменшими значеннями екологічного індексу з урахуванням коефіцієнта водності, сучасного стану, середньої і прогнозних величин.

Для розрахунку екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод приймається допустимий екологічний норматив (ЕНд).

В табл. 3 представлено розрахунок за пріоритетними речовинами екологічного ризику порушення благополуччя водної екосистеми річки Уди в Чугуївському районі Харківської області за методикою, що представлена вище.

Таблиця 3

Екологічний ризик порушення благополуччя водної екосистеми річки Уди в Чугуївському районі Харківської області

Назва речовини	ЕН, мг/дм ³	n	N	P	C _{српЕН} , мг/дм ³	S	R
Сухий залишок	745	16	54	0,30	786,74	0,39	0,57
Сульфати	216	17	54	0,31	233,19	0,79	0,86
Хлориди	80	28	51	0,55	130,03	0,49	0,77
Азот амонійний	1,10	36	52	0,69	3,24	0,98	0,99
Азот нітритний	0,309	8	51	0,16	0,402	0,98	0,98
Азот нітратний	4,93	6	52	0,12	5,49	0,98	0,98
Завислі речовини	11,20	37	45	0,82	24,10	0,49	0,91
Розчинний кисень	7,30	26	52	0,50	6,49	0,49	0,75
БСК ₅	4,77	35	55	0,64	6,84	0,59	0,85
РН	7,80	25	54	0,46	7,99	0,39	0,67
СПАР	0,039	22	41	0,54	0,273	0,98	0,99
Нафтопродукти	0,182	27	37	0,73	0,655	0,98	0,99
Залізо загальне	0,21	24	51	0,47	0,32	0,49	0,73
Марганець	0,027	4	14	0,29	0,0377	0,39	0,56
Мідь	0,0060	7	22	0,32	0,0069	0,49	0,65
Цинк	0,016	3	37	0,08	0,0472	0,49	0,53
Середній екологічний ризик							0,78

Аналогічно визначено екологічний ризик порушення благополуччя водної екосистеми річки Оскіл Харківської області.

Найбільшою лівою притокою річки Сіверський Донець є р. Оскіл. Басейн р. Оскіл має також транскордонне значення, бо протікає в межах двох країн – Росії та України. Загальна довжина річки – 472 км, з них 290 км протікає територією Харківської області. Загальна площа водозбору – 14800 км², з них 3830 км² знаходяться в Харківській області.

Впадає р. Оскіл у Сіверський Донець в 580 км від гирла. Особливістю р. Оскіл до зарегулювання була значна мінливість стоку. Після короткої повені більшу частину року водність річки звичайно була невеликою. Нині стік дещо вирівнявся.

Для розгляду був обраний пункт вище м. Куп'янськ на р. Оскіл.

В роботі [21] представлена загальна методика і визначено екологічні нормативи для річки Оскіл в пункті спостереження вище м. Куп'янськ.

За даними аналітичного контролю якості поверхневих вод Харківської області за середніми показниками за період з 1977 по 2014 рік був розрахований екологічний індекс і коефіцієнт водності.

Динаміка змін екологічного стану р. Оскіл за визначенням екологічного індексу з урахування зміни гідрологічних показників ($I_{еу}$) представлена на рис. 2.

Аналіз динаміки екологічного індексу з урахуванням коефіцієнта водності в р. Оскіл за період з 1977 року по 2014 рік показав, що найменше його значення спостерігалось у 1984 році, 1992 році та 2001 році (рис. 2). Це означає що якість поверхневих вод в р. Оскіл саме в цих роках треба брати за основу при визначенні екологічних нормативів (табл. 4).

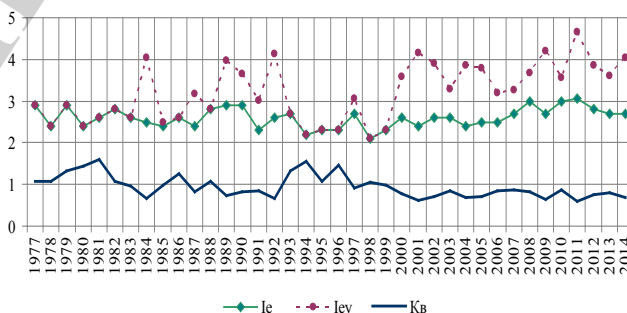


Рис. 2. Динаміка змін екологічного індексу (I_e), коефіцієнта водності (K_w) та екологічного індексу з урахування зміни гідрологічних показників ($I_{еу}$) в річці Оскіл за період з 1977 по 2014 рік

В табл. 4 представлено допустимі екологічні нормативи (ЕНд) і цільові екологічні нормативи (ЕНц). Цільові значення показників якості води – це такі їх порогові величини, які можуть бути досягнуті за визначений проміжок часу з урахуванням технологічних та економічних можливостей досягнення водокористувачами. Цільові екологічні нормативи встановлюють на основі прогнозних моделей екологічного стану окремого водного об'єкту з врахуванням багаторічних спостережень за якісним станом поверхневих вод.

Визначення екологічного ризику порушення благополуччя водної екосистеми річки Оскіл Харківської області для найбільш поширених забруднюючих речовин представлено в табл. 5.

Таблиця 4

Екологічні нормативи якості поверхневих вод басейну річки Оскіл

Найменування інгредієнтів	Концентрації забруднюючих речовин						
	1984 рік	1992 рік	2001 рік	2014 рік	2025 рік	ЕНд	Енц
	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
Сухий залишок	467,6	513,5	503,5	553,8	609,8	529,64	503,5
Сульфати	107,5	127,3	111,7	113,4	131,9	118,36	107,5
Хлориди	88	46,97	41,57	43,5	44,6	52,928	41,57
Азот амонійний	0,176	0,241	0,095	0,303	0,36	0,235	0,095
Азот нітритний	0,03	0,008	0,02	0,01	0,008	0,0152	0,008
Азот нітратний	0,07	0,23	1,22	0,77	0,16	0,49	0,07
Фосфор фосфатів	0,047	0,12	0,25	0,3	0,403	0,224	0,047
БСК ₅	3,174	4,298	2,013	2,573	2,24	2,859	2,013
Розчинний кисень	9,48	9,94	9,06	7,72	9,39	9,12	9,94
РН	7,64	7,08	8,13	7,9	7,88	7,73	7,08
ХСК	–	–	12,325	19,75	17,3	16,458	12,325
Мідь	0,0068	0,0007	0,0068	0,0038	0,007	0,005	0,0007
Нафтопродукти	0,1	0,15	0,0167	0,1125	0,105	0,0968	0,0167
Залізо загальне	0,165	0,0943	–	0,0133	0,043	0,0789	0,0133
Марганець	0,185	0,21	0,005	0,14	0,059	0,1198	0,005
Цинк 2+	0,0055	0,012	0,0068	0,01	0,007	0,0083	0,0055
СПАР	0,03	0,0114	0,0233	0,0133	0,014	0,0184	0,0114

Таблиця 5

Екологічний ризик порушення благополуччя водної екосистеми річки Оскіл Харківської області

Назва речовини	ЕН, мг/дм ³	n	N	P	Ссрп _{ен}	S	R
Сухий залишок	529,64	19	38	0,50	593,046	0,29	0,65
Сульфати	118,36	10	38	0,26	137,236	0,49	0,62
Хлориди	52,93	10	38	0,26	73,280	0,39	0,55
Азот амонійний	0,235	13	38	0,34	0,310	0,98	0,99
Азот нітритний	0,0152	24	38	0,63	0,027	0,59	0,85
Азот нітратний	0,49	22	38	0,58	1,238	0,79	0,91
Фосфор фосфатів	0,224	13	36	0,36	0,285	0,79	0,87
БСК ₅	2,859	22	38	0,58	3,449	0,49	0,79
РН	7,73	26	38	0,68	8,036	0,39	0,81
Мідь	0,005	10	38	0,26	0,019	0,59	0,70
Нафтопродукти	0,0968	22	38	0,58	0,225	0,79	0,91
Залізо загальне	0,0789	21	38	0,55	0,189	0,49	0,77
Марганець	0,1198	17	32	0,53	0,176	0,59	0,81
Цинк 2+	0,0083	17	38	0,45	0,020	0,39	0,66
СПАР	0,0184	23	38	0,61	0,043	0,49	0,80
Розчинний кисень	9,12	24	38	0,63	7,904	0,29	0,74
Середній екологічний ризик							0,77

Оцінка екологічного ризику порушення благополуччя водних екосистем річки Уди і річки Оскіл показала, що значення ризику відповідають IV класу якості (незадовільна) за табл. 2. Водні об'єкти не придатні для рибогосподарського водокористування.

5. Аналіз результатів оцінки ризику погіршення екологічного стану річки Уди та річки Оскіл

Визначення величини екологічного ризику дозволяє прорангувати окремі показники з метою ідентифікації пріоритетних забруднюючих речовин, які в першу чергу потребують впровадження заходів з відновлення стійкості водної екосистеми. На рис. 3 представлено рангування забруднюючих речовин для річки Уди, а на рис. 4 – для річки Оскіл.

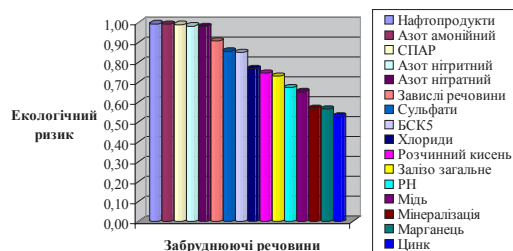


Рис. 3. Рангування забруднюючих речовин річки Уди за величиною екологічного ризику

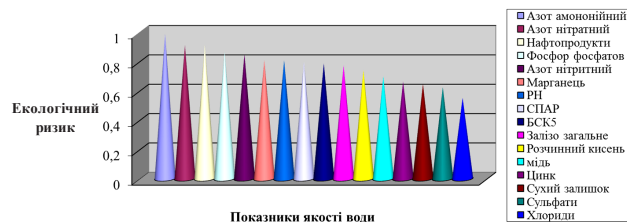


Рис. 4. Рангування забруднюючих речовин річки Оскіл за величиною екологічного ризику

Результати рангування забруднюючих речовин за величиною екологічного ризику як для річки Уди, так і для річки Оскіл показують, що в перелік пріоритетних

забруднюючих речовин для обох річок входять азотна група, нафтопродукти, СПАР, фосфор фосфатів, завислі речовини і органічні речовини за показником БСК₅. Цей перелік пояснюється впливом скидів стічних вод комунального господарства і промислових підприємств.

Екологічний ризик порушення благополуччя водної екосистеми показує ймовірність досягнення екологічних нормативів. В табл. 6 показано кратність перевищення середньої концентрації забруднюючих речовин серед концентрацій, які перевищують ЕН ($C_{срнЕН}$) до значення екологічного нормативу.

Таблиця 6

Кратність перевищення середньої концентрації забруднюючих речовин серед концентрацій, які перевищують ЕН ($C_{срнЕН}$) до значення екологічного нормативу для річки Уди і річки Оскіл

Назва речовини	$C_{срнЕН}/ЕН$ для р. Уди	$C_{срнЕН}/ЕН$ для р. Оскіл
Сухий залишок	1,06	1,12
Сульфати	1,08	1,16
Хлориди	1,63	1,38
Азот амонійний	2,95	1,32
Азот нітритний	1,30	1,76
Азот нітратний	1,11	2,53
Розчинний кисень	1,12	0,87
БСК ₅	1,43	1,21
РН	1,02	1,04
СПАР	7,00	2,33
Нафтопродукти	3,60	2,33
Залізо загальне	1,50	2,39
Марганець	1,40	1,47
Мідь	1,15	3,72
Цинк	2,95	2,40

Аналіз даних табл. 6 показує, що в річці Уди найбільше перевищують екологічний норматив СПАР (в 7 разів), нафтопродукти (в 3,6 разів), цинк (в 2,95 разів) і азот амонійний (в 2,95 разів). В річці Оскіл найбільше перевищують екологічний норматив мідь (в 3,72 разів), азот нітратний (в 2,53 рази), цинк (в 2,4 рази), залізо загальне (в 2,39 разів), нафтопродукти і СПАР (в 2,33 рази). Цей факт підтверджує гіпотезу, що в незадовільній якості поверхневих вод річки Уди і Оскіл перш за все винні скиди стічних вод промислових підприємств.

6. Пропозицій щодо впровадження ітеративного підходу до управління якістю поверхневих вод

В умовах сучасного незадовільного якісного стану водотоків басейну р. Сіверського Донця і відсутності єдиного узгодженого підходу до розробки та реалізації природоохоронних заходів вирішального значення набуває проблема розробки дієвої системи управління водоохоронною діяльністю.

В роботі [26] на основі аналізу багаторічної динаміки змін кліматичних і гідрологічних показників показано, що в Харківській області передбачається потепління клімату на 1,9 °C з 7,8 °C до 9,7 °C у 2020 році,

а також прогнозується зменшення середньорічної кількості опадів, об'єму стоку і витрат води. Такі тенденції матимуть негативні наслідки для екологічного стану водних об'єктів і вимагають розробки нової водоохоронної стратегії в умовах змін клімату та посилення антропогенного навантаження з створенням гнучкої системи регулювання якості вод.

У країнах Східної Європи, Кавказу й Центральної Азії (СЕКЦА) з метою оцінки якісного стану поверхневих вод в цей час використовуються гранично-допустимі концентрації (ГДК), успадковані від нормативно-правових актів радянської епохи. Відповідно до постанови Ради міністрів СРСР № 1045 від 1958 року всі водойми вважались водними об'єктами рибогосподарського призначення. У Радянському Союзі санітарно-гігієнічні ГДК були встановлені для більш ніж 1300 параметрів, а ГДК для рибогосподарських вод – для майже 1100 параметрів. Такі довгі переліки служать корисними джерелами інформації, але на практиці вони виявилися неефективними. Вимоги українського екологічного законодавства дотримання ГДК для рибогосподарського водокористування успадковані від водоохоронної політики колишнього Радянського Союзу суперечать ітеративному підходу до управління якістю поверхневих вод країн Європейського Союзу.

В теперішній час, коли наша країна прагне до вступу в ЄС необхідним є адаптація українського екологічного законодавства до законодавства країн – членів Європейського Союзу. Сучасна практика застосування ГДК для оцінювання якості поверхневих вод і розробки гранично допустимих скидів (ГДС) для точкових джерел забруднення суперечить основним принципам Водної Рамкової Директиви (ВРД) [20].

Ряд рибогосподарських і санітарно-гігієнічних ГДК радянської епохи відповідають майже недоторканій якості вод з дуже низькими рівнями порушення в результаті антропогенної діяльності. Хоча досягнення якості поверхневих вод, близької до їхнього природного стану, є надзвичайною амбіційною метою, ГДК, по суті, вимагають їхнього негайного дотримання, оскільки строки їхнього виконання не визначаються.

Допустимі екологічні нормативи необхідно впровадити як екологічні стандарти якості поверхневих вод замість ГДК. Цільові екологічні нормативи представляють собою екологічну складову розробки водоохоронної стратегії з урахуванням технологічних і фінансових можливостей, соціальних потреб, прогнозу змін клімату і антропогенного навантаження.

В табл. 7 для річки Уди і в табл. 8 для річки Оскіл показано можливість досягнення рибогосподарських і господарсько-побутових ГДК.

Аналіз кратності перевищення гранично допустимих концентрацій для рибогосподарського водокористування (ГДК_{рг}) значеннями допустимого екологічного нормативу (ЕН_д) і прогнозних концентрацій забруднюючих речовин (С_{пр}) показав не можливість використання річки Уди для риборозведення. Значення ЕН_д для азоту нітратного перевищує ГДК_{рг} в 15,45 разів, а його прогнозна концентрація – в 13 разів. Значні перевищення ГДК_{рг} екологічними нормативами спостерігаються також за міддю (в 6 разів), нафтопродуктами (в 3,64 рази), азотом амонійним (в 2,82 рази) та іншими забруднюючими речовинами.

Таблиця 7

Відповідність екологічних нормативів і прогнозних показників якості поверхневих вод річки Уди рибогосподарським і господарсько-побутовим гранично-допустимим концентраціям (ГДК)

Найменування показника	Енд, мг/дм ³	ЕНд/ГДКрг	ЕНд/ГДКгп	Прогнозна концентрація на 2025 рік (Спр), мг/дм ³	Спр/ГДКрг	Спр/ГДКгп
Сухий залишок	745	0,75	0,75	813	0,81	0,81
Сульфати	216	2,16	0,43	211	2,11	0,42
Хлориди	80	0,27	0,23	83,4	0,28	0,24
Азот амонійний	1,10	2,82	0,55	1,66	4,26	0,83
Азот нітритий	0,309	15,45	0,31	0,26	13,00	0,26
Азот нітратний	4,93	0,54	0,48	3,64	0,40	0,36
Фосфати	0,47	2,76	0,13	1,03	6,06	0,29
БСК ₅	4,77	2,13	1,06	3,69	1,65	0,82
ХСК	28,3	1,89	0,94	30,1	2,01	1,00
Мідь	0,006	6,00	0,01	0,007	7,00	0,01
Нафтопродукти	0,182	3,64	0,61	0,22	4,40	0,73
Залізо загальне	0,21	2,10	0,70	0,27	2,70	0,90
Марганець	0,027	2,70	0,27	0,035	3,50	0,35
Цинк ²⁺	0,016	1,60	0,02	0,012	1,20	0,01
СПАР	0,039	0,39	0,08	0,07	0,70	0,14

Таблиця 8

Відповідність екологічних нормативів і прогнозних показників якості поверхневих вод річки Оскіл рибогосподарським і господарсько-побутовим гранично – допустимим концентраціям (ГДК)

Найменування показника	Енд, мг/дм ³	ЕНд/ГДКрг	ЕНд/ГДКгп	Прогнозна концентрація на 2025 рік (Спр), мг/дм ³	Спр/ГДКрг	Спр/ГДКгп
Сухий залишок	529	0,53	0,53	609,8	0,61	0,61
Сульфати	118,36	1,18	0,24	139,2	1,39	0,28
Хлориди	52,93	0,18	0,15	44,57	0,15	0,13
Азот амонійний	0,235	0,60	0,12	0,376	0,96	0,19
Азот нітритий	0,0152	0,76	0,02	3,00E-04	0,02	0,00
Азот нітратний	0,49	0,05	0,05	0,26	0,03	0,03
Фосфати	0,224	1,32	0,06	1,215	7,15	0,35
БСК ₅	2,859	1,28	0,64	2,24	1,00	0,50
ХСК	12,3	0,82	0,41	17,29	1,15	0,58
Мідь	0,005	5,00	0,01	0,007	7,00	0,01
Нафтопродукти	0,0968	1,94	0,32	0,096	1,92	0,32
Залізо загальне	0,0789	0,79	0,26	0,012	0,12	0,04
Марганець	0,1198	11,98	1,20	0,059	5,90	0,59
Цинк ²⁺	0,0083	0,83	0,01	0,007	0,70	0,01
Хром ⁺⁶	0,004	0,67	0,08	6,00E-04	0,10	0,01
СПАР	0,0184	0,18	0,04	0,014	0,14	0,03

Як показують розрахунки по більшості речовин не можливо досягнути якості поверхневих вод, необхідної для рибогосподарського використання, але якісний склад річки Уди і річки Оскіл відповідає господарсько-побутовому використанню.

Допустимі екологічні нормативи для річки Оскіл перевищують гранично-допустимі концентрації для рибогосподарського водокористування за наступними речовинами: марганець (в 11,98 разів), мідь (в 5 разів), нафтопродукти (в 1,94 рази), фосфати (в 1,32 рази), БСК₅ (в 1,28 разів), хлориди (в 1,18 разів). Прогноз екологічного стану річки Оскіл на 2025 рік показує також значні перевищення концентрацій забруднюючих речовин ГДКрг. Цей аналіз вказує на те, що рибогос-

подарське водокористування для річки Оскіл також є дуже амбітною метою.

Управління якістю поверхневих вод повинне відображати загальні цілі, конкретні цільові показники, погоджені й бажані види водокористування з урахуванням наявних фінансових ресурсів і технічних можливостей.

Ітеративний підхід до управління якістю поверхневих вод, який здійснюється в країнах ЄС, передбачає поетапне досягнення цільових показників. Кожний етап (5–10 років) являє собою здійснену й фінансово прийнятну програму досягнення середньострокових цільових показників якості води.

Нормативна база такого багатоетапного планування й управління повинна містити в собі ітеративний

процес планування якості вод і систему нормативів якості поверхневих вод, значення яких збігаються з відповідними середньостроковими цільовими показниками. Для регулювання якості поверхневих вод у транскордонних басейнах потрібно, як мінімум, щоб сусідні держави погодили спільні критерії оцінки якості поверхневих вод. Спільні критерії необхідні для того, щоб оцінки країн були порівнянними й щоб країни могли робити висновок про якість вод. Наступним етапом є визначення сусідніми державами спільних цільових показників якості поверхневих вод, які повинні бути досягнуті по обидві сторони кордону, і кординація мір по управлінню водними ресурсами [27].

7. Обговорення доцільності застосування методики оцінювання екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод

Для забезпечення екологічної безпеки важливим є застосування інструментарію з оцінки екологічних ризиків наслідків забруднення поверхневих вод.

Запропонований метод оцінки екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів має перевагу в тому, що в якості граничного значення застосовується не санітарно-гігієнічний норматив (ГДК), а екологічний норматив якості поверхневих вод. Екологічний ризик відображає ймовірність порушення умов функціонування водної екосистеми. Сучасна система моніторингу поверхневих вод України повністю забезпечує початковими даними, які необхідні для розрахунків значень екологічного ризику. Екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів визначається на основі перевищення екологічних нормативів, що дає змогу не згладжувати результати оцінок.

Оцінка екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів передбачає аналіз і статистичну обробку багаторічних моніторингових даних, що ускладнює застосування цієї методики і можна вважати недоліком. Але запропонована спрощена процедура оцінювання екологічного ризику.

Необхідно відзначити, що методика оцінки екологічного ризику ґрунтується на визначенні екологічних нормативів, проте в Україні ще не існує затвердженої методики визначення. Це є проблемою для впровадження запропонованої методики оцінки екологічного ризику в сучасну практику управління водоохоронною діяльністю.

Необхідність наукового обґрунтування допустимої межі антропогенного впливу на стан поверхневих вод обумовлює актуальність впровадження системи екологічних нормативів та затвердження методики їх розрахунку.

В подальшому планується удосконалення методики оцінки екологічного ризику шляхом врахування стійкості і уразливості водної екосистеми до антропогенного тиску і змін клімату. Можливо удосконалення прогностичних моделей з виділенням найбільш впливових чинників на стан водної екосистеми.

Запропонована методика оцінювання екологічних ризиків порушення благополуччя водної екосистеми має стати основою для удосконалення водоохоронної стратегії. Метод оцінювання екологічного ризику по-

гіршення стану водних об'єктів може бути використано для підвищення ефективності природоохоронних заходів та наукового обґрунтування їх пріоритетності, при розробленні державних і регіональних програм з охорони поверхневих вод, для підготовки нормативних і методичних документів у галузі водоохоронної діяльності.

8. Висновки

1. Запропонована методика визначення екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод. Вона призначена для встановлення ступеня ймовірності порушення благополуччя водних екосистем в умовах антропогенного навантаження і впливу природних чинників. Оцінка екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод може застосовуватися для ефективного управління водоохоронною діяльністю.

2. Оцінка екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод ґрунтується на визначенні допустимих екологічних нормативів. Екологічні нормативи визначено на основі статистичної обробки даних спостереження за гідрохімічними, гідробіологічними і гідрологічними показниками для річки Уди за період з 1969 року по 2015 рік, а для річки Оскіл за період з 1977 по 2014 рік. Побудовані прогностичні моделі методом Хольта-Уінтерса до 2025 року. Розрахунки показали, що якісний склад річок Уди і Оскіл не відповідає нормативам рибогосподарського водокористування.

3. Екологічні нормативи розробляються на основі аналізу і статистичної обробки багаторічних даних спостереження за якісним станом поверхневих вод з урахуванням прогностичних моделей. Екологічний ризик показує ймовірність порушення благополуччя водної екосистеми, тобто ймовірність порушення екологічних нормативів. Важливим етапом водоохоронної стратегії є оцінка і аналіз значень екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод. Оцінка екологічного ризику для річки Уди і річки Оскіл показала, що стан річок незадовільний і відноситься до IV класу якості. Рангування забруднюючих речовин за значенням екологічного ризику дозволяє визначити перелік пріоритетних забруднюючих речовин, що є необхідним для аналізу причин забруднення водних об'єктів. Для річки Уди і річки Оскіл в перелік пріоритетних забруднюючих речовин входять азотна група, фосфати, нафтопродукти, СПАР, завислі речовини і органічні речовини за показником БСК₅. Цей перелік забруднюючих речовин вказує на те, що причиною незадовільного стану річок є скиди стічних вод промислових підприємств і комунального господарства.

4. Оцінка екологічного ризику погіршення якісного стану річки Уди і річки Оскіл показала необхідність впровадження ітеративного підходу до управління водоохоронною діяльністю. Ітеративний процес планування якості вод покликаний знайти баланс між бажаними видами водокористування й цільовими показниками якості вод, з одного боку, і наявними фінансовими, технічними ресурсами та соціальними умовами, з іншої.

Застосування запропонованої методики спрямовано на адаптацію методичних підходів в галузі охорони поверхневих вод до європейських стандартів.

Література

1. Hofmann, J. Initial Characterization and Water Quality Assessment of Stream Landscapes in Northern Mongolia [Text] / J. Hofmann, D. Karthe, R. Ibisch, M. Schäffer, S. Avlyush, S. Heldt, A. Kaus // *Water*. – 2015. – Vol. 7, Issue 7. – P. 3166–3205. doi: 10.3390/w7073166
2. Attwater, R. Achieving Resilience through Water Recycling in Peri-Urban Agriculture [Text] / R. Attwater, C. Derry // *Water*. – 2017. – Vol. 9, Issue 3. – P. 223. doi: 10.3390/w9030223
3. Leigh, C. Science to Support Management of Receiving Waters in an Event-Driven Ecosystem: From Land to River to Sea [Text] / C. Leigh, M. Burford, R. Connolly, J. Olley, E. Saeck, F. Sheldon et. al. // *Water*. – 2013. – Vol. 5, Issue 2. – P. 780–797. doi: 10.3390/w5020780
4. Stagl, J. Impacts of Climate Change on Riverine Ecosystems: Alterations of Ecologically Relevant Flow Dynamics in the Danube River and Its Major Tributaries [Text] / J. Stagl, F. Hattermann // *Water*. – 2016. – Vol. 8, Issue 12. – P. 566. doi: 10.3390/w8120566
5. Meire, L. Impact of global change on coastal oxygen dynamics and risk of hypoxia [Text] / L. Meire, K. E. R. Soetaert, F. J. R. Meysman // *Biogeosciences*. – 2013. – Vol. 10, Issue 4. – P. 2633–2653. doi: 10.5194/bg-10-2633-2013
6. Rai, P. K. Environmental and socio-economic impacts of global climate change: An overview on mitigation approaches [Text] / P. K. Rai, P. K. Rai // *Environmental Skeptics and Critics*. – 2013. – Vol. 2, Issue 4. – P. 126–148.
7. Cornea, T. M. Climate change impacts on water resources [Text] / T. M. Cornea, M. Dima, D. Roca // *Aerul și Apa: Componente ale Mediului*. – 2011. – P. 425–433.
8. Commission Regulation (EC) No 1488/94 of 28 June 1994 laying down the principles for the assessment of risks to man and the environment of existing substances in accordance with Council Regulation (EEC) No 793/93 (Text with EEA relevance) [Electronic resource]. – Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31994R1488:EN:HTML>
9. Ecological Risk Assessment [Electronic resource]. – Available at: <https://www.epa.gov/risk/ecological-risk-assessment>
10. Leung, K. M. Y. Ecological risk assessment and management of exotic organisms associated with aquaculture activities [Electronic resource] / K. M. Y. Leung, D. Dudgeon // *Understanding and applying risk analysis in aquaculture*. – Available at: <http://www.fao.org/3/a-i0490e/i0490e01e.pdf>
11. Keese, P. Introduction to environmental risk assessment [Electronic resource] / P. Keese // *Environmental risk assessment of Transgenic Plants*. – 2010. – Available at: http://www.cera-gmc.org/files/cera/docs/brasilgia_2010/paul_keese.pdf
12. Guidelines for environmental risk assessment and management: Green leaves III [Electronic resource]. – Gov.uk. – 2011. – Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/guidelines-for-environmental-risk-assessment-and-management-green-leaves-iii>
13. Васенко, О. Г. Ієрархічний підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану екосистем поверхневих вод України [Текст] / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, О. В. Поддашкін та ін. // *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки*. – 2010. – Вип. XXXII. – С. 75–90.
14. Integrated Risk Information System [Electronic resource]. – Epa.gov. – Available at: <https://www.epa.gov/iris>
15. ОЕННА Water [Electronic resource]. – Available at: <http://www.oehha.ca.gov/water.html>
16. Salem, T. Risk assessment of hazardous impacts on urbanization and industrialization activities based upon toxic substances [Text] / T. Salem, Sh. S. Ahmed, M. Hamed, G. H. Abd ElAziz // *Global Journal of Environmental Science and Management*. – 2016. – Vol. 2, Issue 2. – P. 163–176.
17. Афанасьев, С. А. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты [Текст] / С. А. Афанасьев, М. Д. Гродзински. – Киев: АйБи, 2004. – 62 с.
18. Using Toxicity Tests in Ecological Risk Assessment [Electronic resource]. – EPA. – 1994. – Vol. 2, Issue 1. – Available at: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/v2no1.pdf>
19. Gottschalk, F. A probabilistic method for species sensitivity distributions taking into account the inherent uncertainty and variability of effects to estimate environmental risk [Text] / F. Gottschalk, B. Nowack // *Integrated Environmental Assessment and Management*. – 2012. – Vol. 9, Issue 1. – P. 79–86. doi: 10.1002/ieam.1334
20. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60 ЄС. Основні терміни та їх визначення [Текст]. – Київ, 2006. – 240 с.
21. Васенко, О. Г. Визначення екологічних нормативів якості поверхневих вод з урахуванням прогнозних моделей та регіональних особливостей [Текст] / О. Г. Васенко, Г. В. Коробкова, О. В. Рибалова // *Colloquium-Journal*. – 2017. – № 2 (2). – С. 15–24.
22. Грищенко, А. В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями [Електронний ресурс] / А. В. Грищенко, О. Г. Васенко, Г. А. Верніченко та ін. – Харків, 2012. – Режим доступу: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika_2012_14_0.doc
23. Winters, P. R. Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages [Text] / P. R. Winters // *Management Science*. – 1960. – Vol. 6, Issue 3. – P. 324–342. doi: 10.1287/mnsc.6.3.324
24. Концепція екологічного нормування [Текст]. – К.: Мінекобезпеки України, 1997. – 20 с.

25. Дем'янова, О. О. Новий підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану басейну річки Інгулець в Херсонській області [Текст] / О. О. Дем'янова, О. В. Рибалова // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 1, № 6 (61). – С. 45–49. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/9256/8026>
26. Vasenko, A. A study of significant factors affecting the quality of water in the Oskil river (Ukraine) [Text] / A. Vasenko, O. Rybalova, O. Kozlovskaya // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3, Issue 10 (81). – P. 48–55. doi: 10.15587/1729-4061.2016.72415
27. Task Force for the Implementation of the Environmental Action Programme for Central and Eastern Europe, Caucasus and Central Asia Regulatory Environmental Programme Implementation Network [Text]. – Organisation for Economic Co-operation and Development / ENV/EPOC/EAP/REPIN(2011)1/FINAL 7. – 2011. – 53 p.

НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ПЕРВИЗДАНИЕМ

