

УДК 502.5+614.7:049.3

О.Г. ВАСЕНКО, канд. біол. наук, перший заступник директора,

О.В. РИБАЛОВА, канд. техн. наук, завідувач аспірантури, **Г.В. КОРОБКОВА**, науковий співробітник

Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УкрНДІЕП), м. Харків

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РЕКРЕАЦІЙНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ

Надано новий підхід до оцінки впливу умов рекреаційного водокористування на здоров'я населення на прикладі басейну р. Сіверський Донець у Донецькій області. Вперше адаптовано американську методику оцінки ризику здоров'ю населення до української системи моніторингу забруднення поверхневих вод. Запропоновано алгоритм визначення рівня екологічної небезпеки рекреаційного водокористування.

Ключові слова: екологічна небезпека, рекреаційне водокористування, ризик здоров'ю населення, поверхневі води, басейн р. Сіверський Донець, Донецька область.

Стан навколишнього природного середовища (НПС) є одним із важливих чинників забезпечення стабільного суспільного розвитку держави та комфортних і безпечних умов життя населення. У багатьох країнах світу і між-

народних організаціях концепція оцінки екологічного ризику застосовується як головний механізм розробки та прийняття управлінських рішень на міжнародному, державному, регіональному рівнях, а також на рівні окремого



виробництва або іншого потенційного джерела забруднення навколишнього середовища [1–3].

Слід відзначити, що в узагальненому вигляді екологічний ризик зводять до двох типів:

- ризик порушення стійкості екосистем (P), прискорення процесів деградації життєдіяльності флори і фауни в результаті реального і потенційного забруднення навколишнього середовища;
- ризик здоров'ю населення (R), який є ймовірністю розвитку у населення несприятливих для здоров'я ефектів [4, 5].

Для оцінки екологічного ризику необхідно використовувати системний аналіз сучасного стану природного середовища і багатьох чинників порушення стійкості екосистем з урахуванням адаптації до конкретних умов.

Так, у роботах [4, 5] надано методику визначення екологічного ризику порушення стійкості природних екосистем при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження. Важливість визначення екологічного ризику як макроекологічного показника по областях України обумовлена насамперед державною екологічною політикою за регіональним принципом.

Екологічний ризик (P) як ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від наявного стану компонентів екосистеми (K) та впливу сучасного або потенційного антропогенного навантаження (H) і може бути виражений функцією [4, 5]

$$P = f(K, H). \quad (1)$$

Для більш детальної оцінки екологічного ризику потрібно врахувати здатність екосистеми до самовідновлення, її віддаленість від джерела негативної дії, тривалість впливу чинників антропогенного навантаження тощо.

Загальний підхід до оцінки екологічного ризику, який надано вище, передбачає оцінювання сучасного стану компонентів НПС за інтегральними показниками та рівнем сучасного антропогенного тиску. Високе значення екологічного ризику вказує на ймовірність розвитку деградаційних процесів і порушення стійкості екосистеми. Досягнення критичного стану i-го компонента (K^c) НПС може відбутися за декількома сценаріями: по-перше, коли сучасний стан екосистеми є близьким до критичного (тоді навіть невеликий антропогенний тиск може призвести до інтенсивного розвитку деградаційних процесів); по-друге, коли антропогенне навантаження перевищує допустимі обсяги.

Характеристику екологічного ризику залежно від його величини (тобто кількісну та якісну оцінки) наведено у табл. 1.

Екологічний ризик для водних екосистем визначено за формулою [4, 5]

$$P_G^c = f(G_v \langle v = 1, N_G \rangle, H_{Gm} \langle m = 1, N_{HG} \rangle), \quad (2)$$

де G_v – оцінка сучасного стану водних екосистем за v-тим показником;

H_{Gm} – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження на водні екосистеми за m-тим показником залежно від впливу негативних чинників.

Таблиця 1 – Характеристика екологічного ризику

Значення показника екологічного ризику	Якісна оцінка ступеня екологічного ризику
0,01–0,19	Незначний
0,20–0,39	Підвищений
0,40–0,59	Значний
0,60–0,79	Високий
0,80–1,00	Небезпечний

Екологічний ризик погіршення стану водних екосистем є функцією сучасного стану поверхневих вод (G_v) та інтегральної оцінки сучасного рівня антропогенного навантаження (H_{Gm}).

Для розрахунку показників антропогенного навантаження на стан поверхневих вод використано офіційні дані екологічних паспортів областей України, регіональні звіти про стан НПС, а також Національну доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2011 р. [6]. Для визначення узагальненого показника антропогенного навантаження на стан поверхневих вод проаналізовано дані щодо загального обсягу скинутих у поверхневі водні об'єкти зворотних вод, обсягу скинутих туди забруднених зворотних вод, кількості скинутих забруднюючих речовин, забезпеченості країни сумарним річковим стоком та розраховано показник впливу забруднених стічних вод на річковий стік і показник середньої забрудненості стічних вод.

Для визначення рівня небезпеки антропогенного навантаження на природні екосистеми використано таку рангову шкалу (табл. 2).

Таблиця 2 – Характеристика антропогенного навантаження на природні екосистеми

Значення показника антропогенного тиску	Рівень небезпеки антропогенного тиску на природні екосистеми
0,01–0,40	Незначний
0,41–0,80	Підвищений
0,81–1,00	Значний
1,01–1,80	Високий
> 1,80	Небезпечний

Результати оцінки екологічного ризику погіршення стану водних екосистем в областях України наведено в табл. 3 і на рис. 1.

Таблиця 3 – Екологічний ризик порушення стійкості водних екосистем у регіонах України

Регіон (область)	Значення інтегрального показника стану поверхневих вод (I_p)	Значення показника антропогенного тиску на водні екосистеми	Значення екологічного ризику порушення стійкості водних екосистем	Клас ризику	Характеристика ризику
АР Крим	0,340	4,003	0,40	3	Значний
Вінницька	0,383	0,079	0,08	1	Незначний
Волинська	0,345	0,023	0,08	1	Незначний
Дніпропетровська	0,416	0,718	0,24	2	Підвищений
Донецька	0,540	4,125	0,60	4	Високий
Житомирська	0,395	0,141	0,12	1	Незначний
Закарпатська	0,295	0,158	0,08	1	Незначний
Запорізька	0,438	0,132	0,12	1	Незначний
Івано-Франківська	0,282	0,245	0,08	1	Незначний
Київська	0,392	0,064	0,12	1	Незначний
Кіровоградська	0,477	0,089	0,12	1	Незначний
Луганська	0,521	2,015	0,60	4	Високий
Львівська	0,388	1,282	0,32	2	Підвищений
Миколаївська	0,409	0,689	0,24	2	Підвищений
Одеська	0,439	1,216	0,48	3	Значний
Полтавська	0,407	0,059	0,12	1	Незначний
Рівненська	0,347	0,292	0,08	1	Незначний
Сумська	0,291	0,357	0,08	1	Незначний
Тернопільська	0,630	0,179	0,08	1	Незначний
Харківська	0,458	0,845	0,36	2	Підвищений
Херсонська	0,410	0,133	0,12	1	Незначний
Хмельницька	0,371	0,070	0,08	1	Незначний
Черкаська	0,422	0,084	0,12	1	Незначний
Чернівецька	0,340	0,169	0,08	1	Незначний
Чернігівська	0,321	0,134	0,08	1	Незначний

Як показали розрахунки, у найнебезпечнішому стані знаходяться поверхневі води промислових регіонів України. Високий рівень забруднення цих вод (IV клас якості) спостерігається, наприклад, у Донецькій і Луганській областях.

Узагальнена оцінка екологічного ризику здійснюється при дослідженнях у масштабах регіону, області з метою прийняття управлінських рішень щодо першочерговості впровадження природоохоронних заходів і залучення фінансової підтримки.

Таким чином, на першому етапі визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування пропонується застосовувати наведену вище методику оцінки екологічного ризику порушення стійкості водних екосистем з метою виявлення річкових басейнів і регіонів України, які потребують першочергового впровадження природоохоронних заходів.

Другий етап визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування передбачає оцінювання ризику здоров'ю населення. Вибір моделі залежить від тієї концептуальної системи, яка прийнята для оцінки ризику. Найбільш розповсюдженими є американська методика оцінки ризику здоров'ю населення [1] і російська методика оцінки потенційного ризику [2, 7]. Для нас більш прийнятним є російський гігієнічний підхід, згідно

з яким дотримання нормативу гранично допустимих концентрацій (ГДК) гарантує відсутність несприятливих для здоров'я ефектів, а його перевищення може викликати ймовірність (ризик) збільшення захворюваності населення. Такий підхід дозволяє розподілити рівні забруднення на кілька ступенів – від припустимого (чи прийнятного) до надзвичайно небезпечного (табл. 4).



Рисунок 1 – Екологічний ризик порушення стійкості водних екосистем у регіонах України



Таблиця 4 – Залежність значимості ефектів від величини ризику здоров'ю населення [8]

Risk	Клас	Характеристика ризику
< 0,1	1	Незначний вплив на здоров'я населення
0,1–0,19	2	Слабкий вплив, граничні хронічні ефекти
0,2–0,59	3	Значний вплив, важкі хронічні ефекти
0,6–0,89	4	Великий вплив, важкі гострі ефекти
0,9–1,0	5	Дуже великий вплив, смертельні ефекти

Метод оцінки потенційного ризику здоров'ю населення базується на логарифмічній залежності впливу забруднюючих речовин на ймовірність виникнення несприятливих ефектів (ризик появи додаткових випадків окремих захворювань не розглядається), тобто показує рівень забруднення компонентів НПС і дає змогу ранжувати ризики за окремими шкідливими речовинами з метою встановлення причин забруднення на основі ідентифікації найбільш небезпечних джерел антропогенного впливу на стан довкілля. Тому методику оцінки потенційного ризику здоров'ю населення доцільно застосовувати на другому етапі визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування.

Відповідно до підходу, існуючого в міжнародній практиці (проект US EPA) [1, 9], канцерогенний і неканцерогенний ризики здоров'ю населення розраховуються окремо. Для кожної забруднюючої речовини визначають середню довічну щоденну дозу (мг на кг маси тіла на добу) за формулою [1, 9]

$$LADI = \frac{(C/W) \times V \times F \times D}{T} \quad (3)$$

- де C – концентрація забруднювача у контактному середовищі, мг/м³;
- W – маса тіла індивіда, кг;
- V – споживання індивідом даного контактного середовища, м³/доб;
- F – частота контактів з носієм, днів/рік;
- D – період, на який екстраполюються поточні умови експозиції, років;
- T – період усереднення дози, днів.

Для оцінки канцерогенного ризику для кожної забруднюючої речовини розраховуються показники ризику [1, 9]

$$CR = SF \times LADI, \quad (4)$$

- де CR – ймовірність захворіти на рак, безрозмірна величина (зазвичай виражається в одиницях 1:1 000 000);
- SF – ймовірність одержання ракового захворювання у випадку прийому одиничної дози LADI, 1/мг/(кг·доб).

Канцерогенний ризик вважається прийнятним при значеннях 10⁻⁴–10⁻⁵ (на цьому рівні, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення).

Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів для окремих речовин проводиться на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки за формулою [1, 9]

$$HQ = \frac{LADI}{Rf}, \quad (5)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки, безрозмірна величина;
Rf – референтна (безпечна) доза, мг/кг.

На жаль, американська система моніторингу поверхневих вод дуже відрізняється від української, і для більшості забруднюючих речовин (БСК₅, ХСК, мінералізація, хлориди, сульфати тощо) відсутні референтні дози. З метою адаптації американської методики оцінки неканцерогенного ризику здоров'ю населення пропонуємо в тих випадках, коли відсутня інформація щодо референтної дози, застосовувати таку формулу

$$HQ = \frac{C_i}{C_{гдж}}, \quad (6)$$

де C_i – середня концентрація і-тої забруднюючої речовини, мг/м³;

C_{гдж} – гранично допустима концентрація і-тої забруднюючої речовини, мг/м³.

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів внаслідок комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою [1, 9]

$$HI = \sum HQ_r \quad (7)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки для окремої забруднюючої речовини.

Вважається, що ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ.

Розрахунок сумарного ризику одержати неракове захворювання дає змогу визначити найбільший ризик захворюваності за органами людини. Це є основною перевагою даної методики над російською. Таким чином, ця методика може застосовуватися для населення у цілому та різних експозиційних груп, що проживають на забруднених територіях чи працюють на шкідливих виробництвах.

Оцінка екологічного ризику погіршення стану водних екосистем в областях України показала, що в найбільшій небезпеці знаходиться басейн р. Сіверський Донець у межах Донецької області.

Визначення рівня небезпеки рекреаційного водокористування р. Сіверський Донець на основі американського наукового підходу до оцінювання ризику здоров'ю населення зроблено вперше, що є дуже важливим, тому що відповідно до Водної рамкової директиви ЄС

(2000/60 ЄС) [10] однією з вимог європейського водного законодавства є застосування оцінки екологічного ризику при розробці стратегії охорони поверхневих вод.

Ранжирування постів спостереження за величиною потенційного ризику здоров'ю населення при рекреаційному водокористуванні басейну р. Сіверський Донець у Донецькій області показало, що найзабрудненішими є малі річки Бахмут, Казенний Торець, Кривий Торець, які відносяться до 4 класу небезпеки з великим впливом забруднюючих речовин на організм людини, що може викликати важкі гострі ефекти (рис. 2).

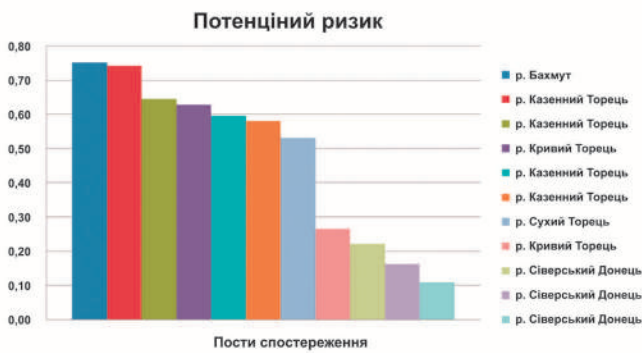


Рисунок 2 – Ранжирування постів спостереження за величиною потенційного ризику здоров'ю населення при рекреаційному водокористуванні басейну р. Сіверський Донець у Донецькій області

Ранжирування забруднюючих речовин за величиною потенційного ризику дозволило визначити перелік певних показників (магній, сульфати, азот амонійний), що відповідає вимогам ст. 16 Водної рамкової директиви [10].

Для детальнішої оцінки екологічної небезпеки вперше застосовано американський підхід до оцінки ризику здоров'ю населення. Результати розрахунків оцінки канцерогенного ризику показали, що він є прийнятним.

Ранжирування водотоків басейну р. Сіверський Донець у Донецькій області за індексом одержання неракового захворювання дало змогу визначити найбільший ризик здоров'ю населення по постах спостереження та виявити найбільший ризик захворювань за органами та системами людини, що пов'язано з перевищенням концентрації нітратів, сульфатів, цинку та нітритів (рис. 3, 4).

Слід відзначити, що при використанні неякісних поверхневих вод для рекреації найбільш поширеними є гострі кишкові захворювання, сальмонельоз, дизентерія, вірусний гепатит і лептоспіроз. Тому американський підхід до оцінки ризику здоров'ю населення потребує удосконалення з метою визначення небезпеки рекреаційного водокористування.

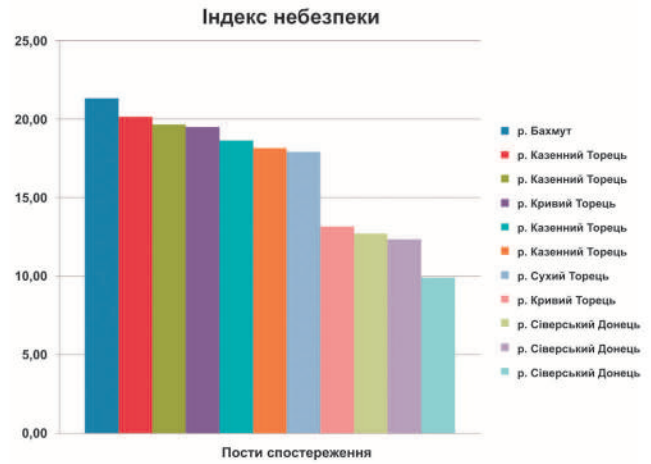


Рисунок 3 – Ранжирування водотоків басейну р. Сіверський Донець у Донецькій області за індексом небезпеки

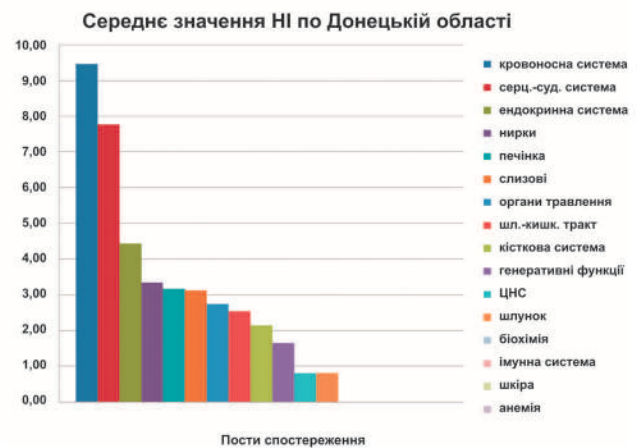


Рисунок 4 – Ранжирування ризику отримати неракове захворювання по басейну р. Сіверський Донець у Донецькій області (НІ – індекс небезпеки)

ВИСНОВКИ

Запропоновано порядок визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування. На першому етапі необхідно виявити басейни річок, які потребують першочергового впровадження природоохоронних заходів, з застосуванням методу оцінки екологічного ризику порушення стійкості водних екосистем.

На другому етапі треба визначити найбільш забруднені ділянки водотоків на підставі оцінки потенційного ризику здоров'ю населення за російською методикою.

Третій етап визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування передбачає оцінювання канцерогенного ризику здоров'ю населення та індексу небезпеки за американською методикою, яку авторами вперше адаптовано до української системи моніторингу



поверхневих вод. Показано, що американський підхід потребує удосконалення на основі детальних досліджень впливу окремих забруднюючих речовин на ймовірність виникнення додаткових випадків інфекційної захворюваності населення.

Четвертий етап присвячено управлінню ризиком на основі ранжирування водотоків за величиною потенційного ризику й аналізу оцінок канцерогенного ризику та індексів небезпеки, ймовірності виникнення окремих захворювань при впливі забруднюючих речовин.

Оцінка канцерогенного ризику здоров'ю населення при рекреаційному використанні басейну р. Сіверський Донець у межах Донецької області показала, що він відповідає допустимому рівню. Згідно з ранжируванням водотоків басейну р. Сіверський Донець у Донецькій області, найбільший ризик одержати неракове захворювання спостерігається на річці Бахмут (НҚ = 21,3).

Наданий підхід до визначення рівня екологічної небезпеки з застосуванням методів оцінки ризику здоров'ю населення дозволяє визначити доцільність та пріоритетність впровадження природоохоронних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на мінімізацію погіршення стану навколишнього природного середовища в умовах існуючого антропогенного навантаження із забезпеченням комфортних умов для проживання населення.

БИБЛИОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Integrated Risk Information System (IRIS) : [Електронний ресурс] / U. S. Environmental Protection Agency (EPA). – Режим доступу : <http://www.epa.gov/iris>
2. Киселев А.Ф. Оценка риска здоровью / А.Ф. Киселев, К.Б. Фридман. – СПб. : Питер, 1997. – 100 с.
3. Гриценко А.В. Визначення екологічного ризику погіршення стану навколишнього природного середовища на державному та регіональному рівнях / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, О.В. Рибалова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. ст. VI міжнар. наук.

- практ. конф., 7–10 жовт. 2010 р. – X. : Райдер, 2010. – Т. 2. – С. 103–105.
4. Ієрархічний підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану екосистем поверхневих вод України / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, О.В. Поддашкін [та ін.] // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки : зб. наук. праць / УкрНДІЕП. – Харків, 2010. – Вип. XXXII. – С. 75–90.
5. Коваленко Г.Д. Екологічний ризик погіршення стану навколишнього природного середовища України при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження / Г.Д. Коваленко, Г.В. Півень, О.В. Рибалова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. ст. V Міжнар. наук.-практ. конф., 7–10 жовт., 2009 р. – X. : Райдер, 2009. – С. 78–85.
6. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році. – К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, LAT &, 2012. – 258 с.
7. Научно-практические исследования по проблеме «Научные основы комплексной оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека» в 2001 г. / С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Е.А. Шашина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2002. – № 6. – С. 87–89.
8. Гриценко А.В. Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення України при несприятливому впливі факторів навколишнього середовища / А.В. Гриценко, О.В. Рибалова, Л.Ю. Ільченко / Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. Сер. Техн. науки. – К. : Техніка, 2005. – Вип. 63. – С. 161–171.
9. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
10. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Definitions of Main Terms. – Київ, 2006. – 240 с.

Поступила в редакцію 30.07.2013

Представлен новый подход к оценке влияния условий рекреационного водопользования на здоровье населения на примере р. Северский Донец в Донецкой области. Впервые адаптирована американская методика оценки риска для здоровья населения к украинской системе мониторинга загрязнения поверхностных вод. Предложен алгоритм определения экологической опасности рекреационного водопользования.

In order to determine the level of danger of water recreational use this article presents new approach to health risk assessment by the example of the Seversky Donets River in the Donetsk region. For the first time the American method of risk assessment for population health was adapted to Ukrainian system of monitoring of surface water pollution. The algorithm for determining the environmental dangers of water recreational use was proposed.