

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДОТОКУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ РИЗИКУ В УМОВАХ ВОЄННОЇ НЕБЕЗПЕКИ

В. Л. Безсонний¹, Л. Д. Пляцук², Р. В. Пономаренко³, О. В. Третяков⁴¹Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Харків, Україна²Сумський державний університет, Суми, Україна³Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна⁴Національний авіаційний університет, Київ, Україна

УДК 504.06:577.4

DOI: 10.52363/2522-1892.2022.2.9

Отримано: 15 жовтня 2022

Прийнято: 25 листопада 2022

Cite as: Bezsonnyi V., Plyatsuk L., Ponomarenko R., Tretyakov O. (2022). Assessment of technogenic and ecological safety of a water stream according to risk indicators under the conditions of military danger. *Technogenic and ecological safety*, 12(2/2022), 72–79. doi: 10.52363/2522-1892.2022.2.9

Анотація

Оцінювання екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів виконувалося поетапно. В першу чергу визначається перелік забруднюючих речовин, які перевищують значення екологічного нормативу. Вважається, що саме ці речовини сприяють розвитку деградаційних процесів в водній екосистемі. На другому етапі визначається ризик у відношенні показників, що характеризуються ольфакторно-рефлекторним ефектом впливу (запах, присмак, колір), та інших показників, що формують якість води. На наступному етапі визначається сумарний екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів. Вплив хімічних речовин на органолептичні властивості води може проявлятися в зміні її запаху, смаку і кольору, а також в утворенні поверхневої плівки або піни. Критерієм для розробки моделей показників, що характеризуються нюхово-рефлекторним ефектом впливу, є зорово-органолептичний принцип оцінки. Теоретичною основою пошуку порогових концентрацій впливу на запах і смак води є психофізичний закон Вебера-Фехнера, згідно з яким інтенсивність відчуття пропорційна логарифму концентрації речовини. Оцінка загального ризику органолептичних ефектів проводилася шляхом вибору його максимального значення з усієї групи значень, характерних для кожної з речовин. Оцінка ризику є базою для оцінки впливу на довкілля як функції впливу стресу у басейні річки. В результаті оцінки ризику результатів можливого впливу військових дій на об'єкт комунального господарства встановлено, що в переліку пріоритетних речовин при аварійному впливі, крім органолептичних показників, на перший план виходить азотна група (значення на порядок вищі, ніж за нормальних умов). Це може спричинити негативний вплив на здоров'я, спричиняючи мутагенну та канцерогенну дію, а також прискорює евтрофікацію водного об'єкту.

Ключові слова: екологічна безпека, поверхневій воді, екологічний ризик, якість води, показники якості води.

1. Постановка проблеми

Забезпечення безпеки людини і навколишнього середовища є багатокритеріальною задачею і вимагає для її оптимального вирішення врахування численних факторів, обставин, умов і параметрів, часто конкуруючі, часто суперечливі, що мають різний масштаб, різну значимість, проявляються і діють по-різному в часі. Особливе занепокоєння викликає збільшення останніми роками кількості і масштабів наслідків аварій і катастроф в техносфері, особливо, пов'язаних із військовими діями.

Техногенні та природні ризики, пов'язані з небезпеками, що виходять від технічних об'єктів і природних процесів, тягнуть за собою виникнення екологічних ризиків. Екологічний ризик – це ризик, пов'язаний зі змінами в навколишньому середовищі, які викликані наслідками надзвичайних ситуацій природного, техногенного і антропогенного характеру. На сьогодні концепція оцінки ризиків розглядається в якості головного механізму прийняття управлінських рішень практично у всіх країнах світу як на державному або регіональному рівнях, так і на рівні окремого виробництва або іншого потенційного джерела забруднення довкілля. Оцінка ризику дає основу для порівняння, ранжування та визначення пріоритетів ризиків та оцінки впливу на довкілля як функції впливу стресу

у басейні річки. Остання фаза оцінки екологічного ризику об'єднує профілі впливу та реакції на стрес для оцінки ймовірності несприятливих впливів на навколишнє природне середовище, пов'язаних із впливом стресору. Найважливішою частиною оцінки є тлумачення прийнятності ризику. Водне середовище – це водні об'єкти, які прямо чи опосередковано впливають на життя і розвиток людини та є основою для людської діяльності. З прискоренням процесу урбанізації та прогресивним розвитком промисловості та сільського господарства водне середовище по-різному зазнало впливу людської діяльності. Показниками забруднення водного об'єкта, що є в складі скидів стічних вод, в основному є загальний фосфор, загальний азот і хімічна потреба в кисні. Забруднювачі збільшують ризики для водного середовища, що стало серйозною проблемою для соціальних та екологічних систем. Ці підвищені ризики спричинили несприятливий вплив на здоров'я населення, наприклад, збільшення захворюваності та смертності. Ризик, як кількісна міра небезпеки, вже широко застосовується у світовій практиці для обґрунтованого порівняння безпеки різних галузей економіки, типів робіт, аргументації соціальних переваг, оцінки ймовірності реалізації тих чи інших небажаних наслідків і інших цілей [1–3].

Особливо актуальним є визначення ризику в умовах впливу на екологічні системи річкових басейнів факторів, які є наслідком бойових дій.

У зв'язку з цим, оцінка небезпеки для природних водних об'єктів, що може бути спричинена антропогенним впливом різного походження, в тому числі і військовим, є важливою та актуальною проблемою.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

В проаналізованих публікаціях прослідковуються такі напрямки досліджень.

Ряд публікацій присвячено дослідженню ризику від так званих «нових забруднювачів», які на сьогодні недостатньо вивчені та які ще не регулюються екологічним законодавством – фармацевтика та засоби особистої гігієни. Вони повсюдно поширені у водному середовищі, в основному отримуються внаслідок скидання міських стічних вод. Їх наявність викликає занепокоєння через можливий екологічний вплив (наприклад, ендокринні порушення) на біоту в навколишньому природному середовищі. Це хімічні речовини, які зазвичай не контролюються, але можуть потрапити в навколишнє природне середовище та спричинити несприятливий вплив на екологію та здоров'я людини. За даними мережі NORMAN, у європейському водному середовищі було ідентифіковано щонайменше 700 речовин, класифікованих у 20 класах. У світлі їх потенційного впливу терміново потрібні дії щодо його мінімізації. Основною метою оцінки ризиків є загальний захист екологічних спільнот у водному середовищі та здоров'я людей. Потрібні нові методи оцінки сукупних ризиків від комбінованого впливу різних стресових факторів, включаючи суміші нових забруднювачів у багатомасштабному підході. Поєднання нормативно-правових актів та заходів управління щодо використання/викидів нових забруднювачів у навколишнє природне середовище, а також щодо їх появи у ньому має бути фундаментальним для досягнення ефективного управління водними ресурсами [4–6].

Значна кількість робіт присвячена оцінці забруднювачів та ризиків для здоров'я, спричинених важкими металами. Забруднення важкими металами – це серйозна світова проблема через їх токсичність, велику кількість джерел та накопичувальну здатність. Якість води, ризик для здоров'я людини та ймовірнісний ризик для здоров'я оцінювались за допомогою статистичного аналізу, а також індексу якості води, коефіцієнта небезпеки, індексу небезпеки, канцерогенного ризику та моделювання Монте-Карло [7–9].

Характерними забруднювачами поверхневих вод для розвинених країн є пестициди [10–17]. Підхід до визначення пріоритетних пестицидів був розроблений і впроваджений у басейні річки Пініос у Центральній Греції. Він бере до уваги рівень екологічного ризику, що містить інформацію про частоту появи пестицидів вище екологічних порогів, інтенсивність цього явища та просторовий розподіл,

а також інформацію про поведінку пестицидів у навколишньому природному середовищі та їх потенціал, негативний вплив на здоров'я людини [10]. Країни Європейського Союзу (ЄС) з метою забезпечити належний хімічний та екологічний стан зобов'язалися здійснювати моніторинг пріоритетних і хімічних речовин, визначених як такі, що викликають занепокоєння на рівні ЄС та місцевому/басейному/національному рівні відповідно, у поверхневих водних об'єктах, а також повідомляти про перевищення екологічних стандартів якості. Тому на національному рівні мають бути встановлені стандарти для специфічних забруднювачів річкового басейну.

У роботах [18–20] аналізуються оцінки екологічного ризику для здоров'я від поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ). Підходи до оцінки екологічного ризику, включаючи коефіцієнт небезпеки та зони перекриття кривих щільності ймовірності, були використані для оцінки комбінованих екологічних ризиків ПАВ для водних організмів. Результат аналізу коефіцієнта небезпеки вказує на те, що коефіцієнт ризику моллюсків та зоопланктону перевищує 0,1, що свідчить про потенційні ризики. Потенційно уражувальні фракції ПАВ, отримані з перекритих областей кривої щільності ймовірності, коливалися від 11,2 % (сухий сезон) до 5,1 % (сезон дощів), що означало, що ПАВ чинили тиск на екосистему. Для оцінки ризику раку людини та неканцерогенної небезпеки у досліджуваній зоні було проведено його оцінку для здоров'я на основі додаткового ризику для ПАВ протягом усього життя.

У окремий напрямок слід виділити дослідження, присвячені кількісній оцінці ризиків водного мікропластику [21–23]. Проведено широкий огляд сучасних знань щодо виникнення, вимірювання, підходів до моделювання, поведінки, впливу, ефектів та порогових значень впливу мікропластику у водному середовищі. Проведено оцінку екологічного ризику для мікропластику (<5 мм) у морському середовищі, оцінено порядок величини минулих, нинішніх та майбутніх концентрацій на основі даних світового виробництва пластику. У 2100 році в океані буде плавати від 9,6 до 48,8 частинок на кубічний метр, що в 50 разів більше в порівнянні з нинішніми концентраціями.

Серед вітчизняних досліджень слід відмітити ті, де представлено процедуру оцінки ризику порушення статусу водного об'єкта [24–26]. Процедура базується на визначенні екологічних нормативів якості поверхневих вод з урахуванням ландшафтно-географічних особливостей басейнів річок. Для оцінки ризику погіршення стану водної екосистеми використано базу даних систем моніторингу поверхневих вод. Це дозволяє автоматизувати розрахунок екологічного ризику. Встановлення ризику порушення природного стану водної екосистеми сприятиме впровадженню гнучкої системи регулювання якості води з урахуванням постійно мінливих соціально-економічних та екологічних умов. Запропонована процедура оцінки

екологічного ризику погіршення стану водних екосистем базується на нормативних засадах, підходах та методах екологічної оцінки поверхневих вод, прийнятих в Україні та ЄС.

З самого визначення ризику та розглянутих досліджень зрозуміло, що в узагальненому вигляді екологічний ризик зводиться до двох типів:

– ризик порушення стійкості екосистем в результаті реального і потенційного забруднення навколишнього природного середовища;

– ризик для здоров'я населення, який є ймовірністю виникнення несприятливих для здоров'я ефектів.

Також це – ймовірність здійснення небажаної для екосистеми події, яка завдасть їй збитку. Значення ймовірності оцінюється для певного часового інтервалу, або декількох інтервалів (наприклад, 1 рік, 3 роки, 10 років, тощо). Ці оцінки можна також розраховувати для певних сценаріїв господарського використання водних об'єктів у зоні впливу так званої «гарячої точки». Значення ймовірності лежить в інтервалі від 0 (ризик немає) до 1 (ризик здійснився).

Як видно з наведеного аналізу, питанням визначення та оцінки ризику забруднення водних об'єктів приділяється значна увага, але слід зауважити, що у країнах з розвиненими економіками проблематика оцінки ризиків зміщена у бік нових видів забруднень, що включають в себе фармацевтичні препарати, мікропластик, тощо, в той час як для наших умов дослідження залишається все ще актуальною проблема оцінки ризиків від впливу результатів діяльності комунальних об'єктів, таких як міські очисні споруди, що обумовлено як їх моральним старінням, так і фізичним зношенням усіх технологічних конструкцій та елементів.

3. Постановка завдання та його вирішення

Оцінка ризику для здоров'я включає в себе виконання чотирьох основних етапів: ідентифікація небезпеки, оцінка експозиції, оцінка дози-ефекту, характеристика ризику.

На етапі ідентифікації небезпеки виявляються хімічні речовини, присутні в питній воді досліджуваної зони (регіону), які можуть викликати несприятливі наслідки для здоров'я. На цьому етапі доцільно провести випадкові скринінгові дослідження питної води з метою виявлення тих «небезпек», які можуть бути не враховані при складанні контрольних програм. Слід зазначити, що на даному етапі оцінки ризиків аналіз проводиться на якісному рівні. Отримані рангові значення індексів небезпеки повинні використовуватися для взаємного порівняння ідентифікації пріоритетних речовин для досліджуваної території або об'єкта.

Для оцінки джерела водопостачання і вибору пріоритетних показників слід використовувати інформацію, отриману в результаті обстеження можливих джерел забруднення, а також результати аналізів стоків і води водному об'єкті.

Оцінка екологічного ризику передбачає визначення ймовірності порушення благополуччя

водної екосистеми під дією антропогенних, природних та військових чинників. Саме тому при оцінюванні ризику погіршення стану поверхневих вод є важливим визначення екологічних нормативів. 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 визначається ризик у відношенні показників, що характеризуються ольфакторно-рефлекторним ефектом впливу (запах, присмак, колір), та інших показників, що формують якість води. На наступному етапі визначається сумарний екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів. Вплив хімічних речовин на органолептичні властивості води може проявлятися в зміні її запаху, смаку і кольору, а також в утворенні поверхневої плівки або піни. Принципово важливим є погляд на ці показники не як на фізичні властивості, а як на органолептичні. Критерієм для розробки моделей показників, що характеризуються нюхово-рефлекторним ефектом впливу, є зорово-органолептичний принцип оцінки. Таким чином, відчуття зміни органолептичних властивостей води, що сприймається людиною, може враховуватися при вирішенні питань регулювання вмісту речовини у воді.

Відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), основним завданням водопідготовки в умовах централізованого водопостачання є забезпечення таких органолептичних властивостей питної води, які б задовольняли не менш ніж близько 90 % споживачів. Теоретичною основою пошуку порогових концентрацій впливу на запах і смак води є психофізичний закон Вебера-Фехнера, згідно з яким інтенсивність відчуття пропорційна логарифму концентрації речовини.

Смак води – це відчуття, яке виникає в результаті взаємодії слини і речовин, розчинених у воді, і сприймається смаковими сосочками. При «дегустації» води активізується як почуття смаку, так і нюх, і розрізнити їх вкрай проблематично. В результаті комбінований вплив смаку і запаху дуже часто відносять до категорії «смак». Проблеми смаку і запаху питної води викликають найбільшу групу скарг споживачів.

Інтенсивність запаху та присмаку оцінюється за 5-ти бальною шкалою. Кожен бал цієї шкали характеризується і як величина ступені прояву запаху і присмаку, і як ймовірність (ризик) виявлення споживачем. Перехід від одного балу до іншого, як правило, здійснюється при зміні концентрацій речовин, що визначають запах чи присмак, у 1,5...2,5 (в середньому 2 рази). Шкала інтенсивності запаху та присмаку питної води представлена в табл. 1.

Оцінка загального ризику органолептичних ефектів повинна проводитися шляхом вибору його максимального значення з усієї групи значень, характерних для кожної з речовин.

Таблиця 1 – Шкала інтенсивності запаху та присмаку питної води

Інтенсивність в балах	Характеристика запаху, присмаку	Прояв запаху, присмаку	Якою часткою населення виявляється, %	Апріорна ймовірність (ризик) виявлення
0	Не відчувається	Відсутність	0	0
1	Дуже слабкий	Не відчувається споживачем, але виявляється фахівцем	2...5	0,02...0,05
2	Слабкий	Виявляється споживачем, якщо звернути увагу	10...20	0,16
3	Помітний	Легко виявляється, може бути причиною непридатності води для пиття	Близько 50	0,5
4	Виразний	Привертає увагу, може заставити утриматися від пиття	80...90	0,84
5	Дуже сильний	Дуже сильний, вода непридатна для пиття	Більше 95	0,98

Такий підхід заснований на загальноприйнятій думці про особливості реакції рецепторів людини, що утворюють рефлекторні реакції і описані, зокрема, вищезгаданим законом Вебера-Фехнера.

Ризик за показником забарвленості визначається відповідно до рівняння:

$$Prob = -3,33 + 0,067(C - \text{Фон} + 20), \quad (1)$$

де Фон – природна забарвленість води, отримана за даними багаторічних спостережень і характерна для даного сезону, у градусах забарвленості;

C – забарвленість води, у градусах забарвленості;

$Prob$ – пов'язаний з ймовірністю (ризиком) відповідно до закону нормального ймовірнісного розподілу, та описується рівнянням

$$Risk = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right) \times \int_{-\infty}^{Prob} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (2)$$

де $\pi = 3,14$; e – основа натурального логарифма; t – довірчий коефіцієнт.

Для визначення ризику за водневим показником використовуються наступні рівняння

$$Prob = 4 - pH \text{ при } pH \leq 7; \quad (3)$$

$$Prob = -11 + pH \text{ при } pH > 7.$$

При оцінці ризику за показником природного запаху і присмаку використовується формула:

$$Prob = -1 + 3,32 \cdot \lg(\text{Балу}/2,5). \quad (4)$$

Ризик, пов'язаний із санітарно-токсикологічними властивостями води, визначається на основі рівняння:

$$Prob = -2 + 3,32 \cdot \lg(C_i/C_{en}), \quad (5)$$

де C_i – концентрація i -ї речовини у водному об'єкті;
 C_{en} – екологічний норматив для водних об'єктів.

Оцінимо величину збільшення ризику внаслідок руйнування очисних споруд та тривалого потрапляння стічних вод у річку. Ми припускаємо, що в результаті аварійного скиду якість води у контрольному створі нижче за 500 м від місця скиду буде аналогічна за складом до стічних вод. Для цього є доцільним дослідити ризики як у місці скиду стічних вод, так і на 500 м нижче (за нормальних умов існування очисних споруд).

Дана робота є продовженням дослідження авторами ділянки р. Сіверський Донець поблизу м. Ізюм, тому в якості вихідних даних використано багаторічні результати аналізу проб у 3-х точках контролю хімічної лабораторії Ізюмського комунального виробничого водопровідно-каналізаційного підприємства (ІКВ ВКП) та аналіз проб контрольного забору води р. Сіверський Донець вище і нижче м. Ізюм, який виконувався ТОВ «Науково-дослідний центр водопостачання та якості води» (м. Харків, Україна): 1-ша точка – у місці скиду стічних вод ІКВ ВКП, 2-га – 500 м вище та 3-я – 500 м нижче місця скиду стічних вод табл. 3 [27, 28].

Як екологічний норматив приймемо якість води на 500 м вище від місця скиду стічних вод. Визначення величини екологічного ризику дає можливість провести ранжування за окремими показниками з метою ідентифікації пріоритетних забруднюючих речовин, які в першу чергу потребують впровадження заходів з відновлення стійкості водної екосистеми. Результати розрахунку величин ризику, виконаного за формулами (1)–(5), представлені в табл. 2.

На рис. 1 та 2 представлено ранжування забруднюючих речовин ділянки р. Сіверський Донець для двох точок контролю – у місці скиду стічних вод ІКВ ВКП та за 500 м нижче місця скиду.

Результати ранжування забруднюючих речовин за величиною екологічного ризику показують, що в перелік пріоритетних речовин при штатному функціонуванні очисних споруд, крім органічних показників, входять гідроксиди, азот нітритний та сульфати.

Таблиця 2 – Результати розрахунків величини ризику

№ з/п	Параметр	Одиниці вимірювання	Prob (Скид стічних вод)	Risk (Скид стічних вод)	Prob (500 м нижче)	Risk (500 м нижче)
1.	Забарвленість	Град. Pt-Co	-2,325	0,020584	-2,325	0,020584
2.	Каламутність	мг/дм ³	-2,13	0,020841	-2,0075	0,022997
3.	Запах, 20 град С	бали		0,5		0,16
4.	Запах, 60 град С	бали		0,5		0,16
5.	pH	од. pH	-2,44	0,021094	-2,09	0,021324
6.	Хлориди	мг/дм ³	-1,71066	0,038938	-2,02943	0,022456
7.	Сульфати	мг/дм ³	-2,28308	0,020436	-1,99374	0,023375
8.	Гідрокарбонати	мг/дм ³	-2,35059	0,020698	-1,95348	0,024659
9.	Карбонати	мг/дм ³	-2	0,023199	-2	0,023199
10.	Азот нітратний	мг/дм ³	-0,87934	0,193134	-2,87818	0,009259
11.	Азот нітритний	мг/дм ³	-1,5852	0,051361	-1,95696	0,024537
12.	Фосфор фосфатний	мг/дм ³	-1,31176	0,091768	-2	0,023199
13.	Залізо загальне	мг/дм ³	-2	0,023199	-2,58462	0,020864
14.	Мідь	мг/дм ³	-2	0,023199	-2	0,023199
15.	Хром VI	мг/дм ³	-2	0,023199	-2	0,023199

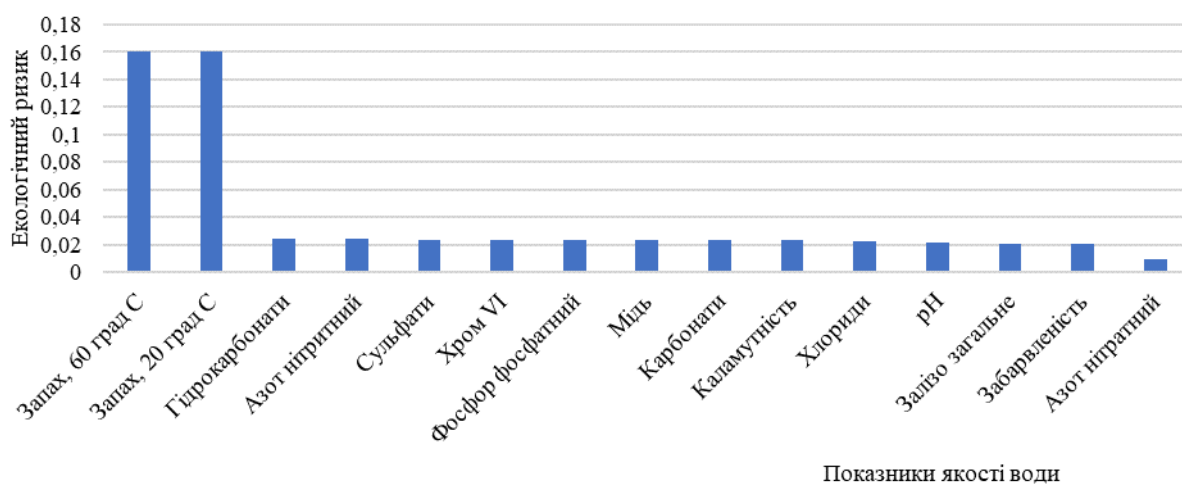


Рисунок 1 – Ранжування забруднюючих речовин за 500 м нижче скиду стічних вод

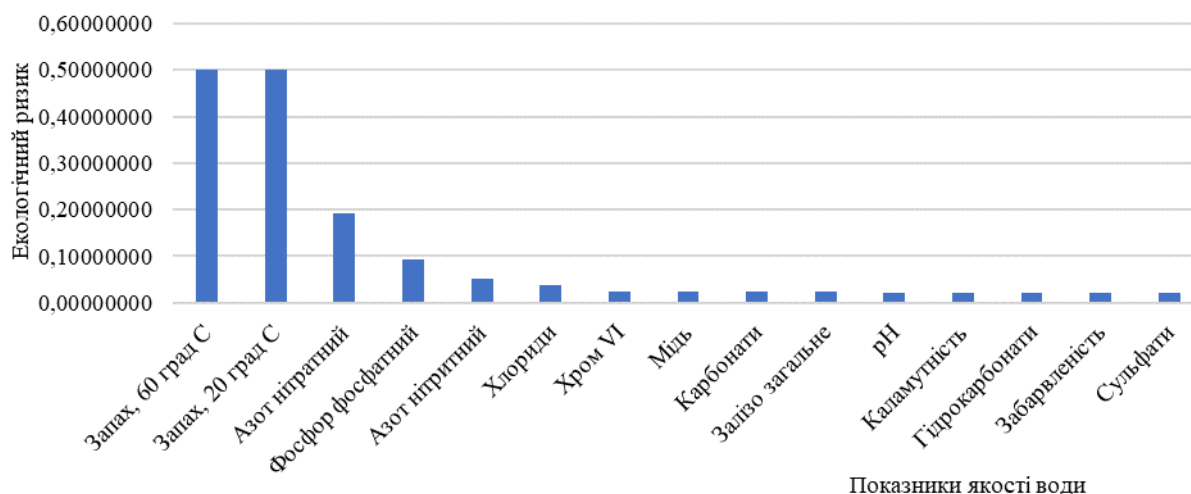


Рисунок 2 – Ранжування забруднюючих речовин у точці скиду стічних вод

Результати ранжування забруднюючих речовин у точці скиду стічних вод за величиною екологічного ризику показують, що в перелік пріоритетних речовин при аварійному впливі, крім органолептичних показників, на перший план виходить азотна група (значення вдвічі більші, ніж за нормальних умов), що пояснюється потраплянням недоочищеної стічної води у річку.

Підвищений вміст нітратів у воді небезпечний для здоров'я населення. Це пов'язано з роллю нітратів у синтезі нітрозамінів і нітрозамідів, як у навколишньому середовищі (вода, ґрунт, рослини), так і в організмі людини (травний канал). Нітрозамідам і нітрозамінам властива мутагенна й канцерогенна дія. Тому підвищений вміст нітратів у

воді сприяє підвищенню ризику щодо онкогенної захворюваності населення. Крім того, підвищений вміст азотних речовин спонукає процеси евтрофікації водойми.

Висновки. В результаті оцінки ризику результатів можливого впливу військових дій на об'єкт комунального господарства встановлено, що в перелік пріоритетних речовин при аварійному впливі, крім органолептичних показників, на перший план виходить азотна група (значення на порядок вищі, ніж за нормальних умов). Це може спричинити негативний вплив на здоров'я, спричиняючи мутагенну та канцерогенну дію, а також прискорює евтрофікацію водного об'єкту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Оцінка екологічного ризику внаслідок впливу комунальних об'єктів на поверхневі води / Безсонний В. Л. та ін. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. №2(34). С. 58–76. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-34-5.
2. EU water governance: Striking the right balance between regulatory flexibility and enforcement? / Green O. O. et al. *Ecology and Society*. 2013. Vol. 18(2). Art. 10. DOI: 10.5751/ES-05357-180210.
3. Socio-hygienic monitoring and information analysis systems supporting the health risk assessment and management and a risk-focused model of supervisory activities in the sphere of securing sanitary and epidemiologic public welfare / Kuzmin S. V. et al. *Gigiena i Sanitariya*. 2017. Vol. 96(12). P. 1130–1136. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1130-1136.
4. Petrie B., Barden R., Kasprzyk-Hordern B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Research*. 2015. Vol. 72. P. 3–27. DOI: 10.1016/j.watres.2014.08.053.
5. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management / Geissen V. et al. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015. Vol. 3(1). P. 57–65. DOI: 10.1016/j.iswcr.2015.03.002.
6. Environmental risk assessment of combined effects in aquatic ecotoxicology: A discussion paper / Beyer J. et al. *Marine Environmental Research*. 2014. Vol. 96. P. 81–91. DOI: 10.1016/j.marenvres.2013.10.008.
7. Occurrence of drugs of abuse in surface water from four Spanish river basins: Spatial and temporal variations and environmental risk assessment / Mastroianni N., Bleda M. J., López de Alda M., Barceló D. *Journal of Hazardous Materials*. 2016. Vol. 316. P. 134–142. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.05.025.
8. Optimization of screening-level risk assessment and priority selection of emerging pollutants – The case of pharmaceuticals in European surface waters / Zhou S. et al. *Environment International*. 2019. Vol. 128. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.034.
9. Concentration and risk of pharmaceuticals in freshwater systems are related to the population density and the livestock units in Iberian Rivers / Osorio V. et al. *Science of the Total Environment*. 2016. 540, pp. 267–277. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.06.143.
10. Silva E., Daam M. A., Cerejeira M. J. Aquatic risk assessment of priority and other river basin specific pesticides in surface waters of Mediterranean river basins. *Chemosphere*. 2015. Vol. 135. P. 394–402. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.05.013.
11. Environmental and human risk hierarchy of pesticides: A prioritization method, based on monitoring, hazard assessment and environmental fate / Tsuboula A. et al. *Environment International*. 2016. Vol. 91. P. 78–93. DOI: 10.1016/j.envint.2016.02.008.
12. Comprehensive assessment of soil erosion risk for better land use planning in river basins: Case study of the Upper Blue Nile River / Haregeweyn N. et al. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 574. P. 95–108. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.019.
13. Pesticides in the Ebro River basin: Occurrence and risk assessment / Ccancapa A. et al. *Environmental Pollution*. 2016. Vol. 211. P. 414–424. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.12.059.
14. Are harmful algal blooms becoming the greatest inland water quality threat to public health and aquatic ecosystems? / Brooks B. W. et al. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2016. Vol. 35(1). P. 6–13. DOI: 10.1002/etc.3220.
15. The legacy of pesticide pollution: An overlooked factor in current risk assessments of freshwater systems / Rasmussen J. J. et al. *Water Research*. 2015. Vol. 4. P. 25–32. DOI: 10.1016/j.watres.2015.07.021.
16. Wood T. J., Goulson D. The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24(21). P. 17285–17325. DOI: 10.1007/s11356-017-9240-x.
17. Pesticides drive risk of micropollutants in wastewater-impacted streams during low flow conditions / Munz N. A. et al. *Water Research*. 2017. Vol. 110. P. 366–377. DOI: 10.1016/j.watres.2016.11.001.
18. Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments from the Upper Reach of Huaihe River / Liu M. et al. *Polycyclic Aromatic Compounds*. 2016. Vol. 36(5). P. 817–833. DOI: 10.1080/10406638.2015.1061026.
19. Ecological and Health Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Surface Water from Middle and Lower Reaches of the Yellow River / Feng J. et al. *Polycyclic Aromatic Compounds*. 2016. Vol. 36(5). P. 656–670. DOI: 10.1080/10406638.2015.1042552.
20. Ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments from the middle and lower reaches of the Yellow River, China / Feng J. et al. *Human and Ecological Risk Assessment*. 2016. Vol. 22(2). P. 532–542. DOI: 10.1080/10807039.2015.1092376.
21. Quantifying ecological risks of aquatic micro- and nanoplastic / Besseling E., Redondo-Hasselerharm P., Foekema E. M., Koelmans A. A. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2019. Vol. 49(1). P. 32–80. DOI: 10.1080/10643389.2018.1531688.
22. Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions / Everaert G. et al. *Environmental Pollution*. 2018. 242. P. 1930–1938. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.069.
23. Risks of Plastic Debris: Unravelling Fact, Opinion, Perception, and Belief / Koelmans A. A. et al. *Environmental Science and Technology*. 2017. Vol. 51(20). P. 11513–11519. DOI: 10.1021/acs.est.7b02219.
24. Rybalova O., Artemiev S. Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 5(10-89). P. 67–76. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.112211.
25. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / Rybalova O. et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2(10-92). P. 4–17. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.127829.
26. Vasenko A., Rybalova O., Kozlovskaya O. A study of significant factors affecting the quality of water in the Oskil River (Ukraine). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 3(10-81). P. 48–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.72415.
27. Tretyakov O., Bezsonnyi V., Shevchenko T. Improving the environmental safety of drinking water supply in Kharkiv region (Ukraine). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 5(10(77)). P. 40–49. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.51398.
28. Regarding the choice of composite indicators of ecological safety of water in the basin of the Siversky Donets / Bezsonnyi V. et al. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2021. Vol. 30(4). P. 622–631. DOI: 10.15421/112157.

Bezsonnyi V., Plyatsuk L., Ponomarenko R., Tretyakov O.

ASSESSMENT OF TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL SAFETY OF A WATER STREAM ACCORDING TO RISK INDICATORS UNDER THE CONDITIONS OF MILITARY DANGER

Assessment of the ecological risk of deterioration of the state of water bodies was carried out in stages. A list of pollutants that exceed the value of the environmental standard is determined. It is believed that these substances contribute to the development of degradation processes in the water ecosystem. At the second stage, the risk is determined in relation to indicators characterized by the olfactory-reflective effect of exposure (smell, taste, color) and other indicators that shape water quality. At the next stage, the total ecological risk of deterioration of the condition of water bodies is determined. The influence of chemicals on the organoleptic properties of water can manifest itself in a change in its smell, taste and color, as well as in the formation of a surface film or foam. The criterion for the development of indicator models characterized by the olfactory-reflex effect of influence is the visual-organoleptic principle of assessment. The theoretical basis for finding the threshold concentrations of influence on the smell and taste of water is the psychophysical law of Weber-Fechner, according to which the intensity of the sensation is proportional to the logarithm of the concentration of the substance. The assessment of the overall risk of organoleptic effects was carried out by selecting its maximum value from the entire group of values characteristic of each of the substances. The risk assessment is the basis for evaluating the environmental impact as a function of stress exposure in the river basin. As a result of the risk assessment of the results of the possible impact of military actions on the utility facility, it was established that, in addition to organoleptic indicators, the nitrogen group comes to the fore in the list of priority substances in the event of an emergency impact (values are an order of magnitude higher than under normal conditions). It can cause negative health effects, causing mutagenic and carcinogenic effects, and also accelerates the eutrophication of the water body.

Key words: ecological safety, surface waters, ecological risk, water quality, water quality indicators.

REFERENCES

1. Bezsonnyi, V., Ponomarenko, R., Tretyakov, O., Burmenko, O., Borodych, P., & Karpets, K. (2021). Environmental risk assessment due to the impact of communal facilities on surface waters. *Problems of Emergency Situations*, 2(34), 58–76. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-34-5.
2. Green, O. O., Garmestani, A. S., van Rijswijk, H. F. M. W., & Keessen, A. M. (2013). EU water governance: Striking the right balance between regulatory flexibility and enforcement? *Ecology and Society*, 18 (2), 10. DOI: 10.5751/ES-05357-180210.
3. Kuzmin, S. V., Gurvich, V. B., Dikonskaya, O. V., Nikonov, B. I., Malykh, O. L., Yarushin, S. V., Kuzmina, E. A., Kochneva, N. I., & Kornilkov, A. S. (2017). Socio-hygienic monitoring and information analysis systems supporting the health risk assessment and management and a risk-focused model of supervisory activities in the sphere of securing sanitary and epidemiologic public welfare. *Gigiena i Sanitariya*, 96(12), 1130–1136. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1130-1136.
4. Petrie, B., Barden, R., & Kasprzyk-Hordern, B. (2015). A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Research*, 72, 3–27. DOI: 10.1016/j.watres.2014.08.053.
5. Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., van de Zee, S. E. A. T. M., & Ritsema, C. J. (2015). Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(1), 57–65. DOI: 10.1016/j.iswcr.2015.03.002.
6. Beyer, J., Petersen, K., Song, Y., Ruus, A., Grung, M., Bakke, T., & Tollefsen, K. E. (2014). Environmental risk assessment of combined effects in aquatic ecotoxicology: A discussion paper. *Marine Environmental Research*, 96, 81–91. DOI: 10.1016/j.marenvres.2013.10.008.
7. Mastroianni, N., Bleda, M. J., López de Alda, M., & Barceló, D. (2016). Occurrence of drugs of abuse in surface water from four Spanish river basins: Spatial and temporal variations and environmental risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 316, 134–142. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.05.025.
8. Zhou, S., Di Paolo, C., Wu, X., Shao, Y., Seiler, T.-B., & Hollert, H. (2019). Optimization of screening-level risk assessment and priority selection of emerging pollutants – The case of pharmaceuticals in European surface waters. *Environment International*, 128, 1–10. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.034.
9. Osorio, V., Larrañaga, A., Aceña, J., Pérez, S., & Barceló, D. (2016) Concentration and risk of pharmaceuticals in freshwater systems are related to the population density and the livestock units in Iberian Rivers. *Science of the Total Environment*, 540, 267–277. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.06.143.
10. Silva, E., Daam, M. A., & Cerejeira, M. J. (2015). Aquatic risk assessment of priority and other river basin specific pesticides in surface waters of Mediterranean river basins. *Chemosphere*, 135, 394–402. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.05.013.
11. Tsaboula, A., Papadakis, E.-N., Vryzas, Z., Kotopoulou, A., Kintzikoglou, K., & Papadopoulou-Mourkidou, E. (2016). Environmental and human risk hierarchy of pesticides: A prioritization method, based on monitoring, hazard assessment and environmental fate. *Environment International*, 91, 78–93. DOI: 10.1016/j.envint.2016.02.008.
12. Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Poesen, J., Tsubo, M., Meshesha, D. T., Fenta, A. A., Nyssen, J., & Adgo, E. (2017). Comprehensive assessment of soil erosion risk for better land use planning in river basins: Case study of the Upper Blue Nile River. *Science of the Total Environment*, 574, 95–108. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.019.
13. Ccanccapa, A., Masiá, A., Navarro-Ortega, A., Picó, Y., & Barceló, D. (2016). Pesticides in the Ebro River basin: Occurrence and risk assessment. *Environmental Pollution*, 211, 414–424. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.12.059.
14. Brooks, B. W., Lazorchak, J. M., Howard, M. D. A., Johnson, M.-V. V., Morton, S. L., Perkins, D. A. K., Reavie, E. D., Scott, G. I., Smith, S. A., & Steevens, J. A. (2016). Are harmful algal blooms becoming the greatest inland water quality threat to public health and aquatic ecosystems? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(1), 6–13. DOI: 10.1002/etc.3220.
15. Rasmussen, J. J., Wiberg-Larsen, P., Baatrup-Pedersen, A., Cedergreen, N., McKnight, U. S., Kreuger, J., Jacobsen, D., Kristensen, E. A., & Friberg, N. (2015). The legacy of pesticide pollution: An overlooked factor in current risk assessments of freshwater systems. *Water Research*, 84, 25–32. DOI: 10.1016/j.watres.2015.07.021.
16. Wood, T. J., & Goulson, D. (2017) The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(21), 17285–17325. DOI: 10.1007/s11356-017-9240-x.
17. Munz, N. A., Burdon, F. J., de Zwart, D., Junghans, M., Melo, L., Reyes, M., Schönenberger, U., Singer, H. P., Spycher, B., Hollender, J., & Stamm, C. (2017). Pesticides drive risk of micropollutants in wastewater-impacted streams during low flow conditions. *Water Research*, 110, 366–377. DOI: 10.1016/j.watres.2016.11.001.
18. Liu, M., Feng, J., Kang, B., Chen, Y., Liu, Q., & Sun, J. (2016). Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments from the Upper Reach of Huaihe River. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 36(5), 817–833. DOI: 10.1080/10406638.2015.1061026.
19. Feng, J., Hu, P., Li, X., Liu, S., & Sun, J. (2016). Ecological and Health Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Surface Water from Middle and Lower Reaches of the Yellow River. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 36(5), 656–670. DOI: 10.1080/10406638.2015.1042552.
20. Feng, J., Hu, P., Zhang, F., Wu, Y., Liu, S., & Sun, J. (2016). Ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments from the middle and lower reaches of the Yellow River, China. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(2), 532–542. DOI: 10.1080/10807039.2015.1092376.
21. Besseling, E., Redondo-Hasselerharm, P., Foekema, E. M., & Koelmans, A. A. (2019). Quantifying ecological risks of aquatic micro- and nanoplastic. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49 (1), 32–80. DOI: 10.1080/10643389.2018.1531688.

22. Everaert, G., Van Cauwenberghe, L., De Rijcke, M., Koelmans, A. A., Mees, J., Vandegehuchte, M., & Janssen, C. R. (2018). Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environmental Pollution*, 242, 1930–1938. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.069.
23. Koelmans, A. A., Besseling, E., Foekema, E., Kooi, M., Mintenig, S., Ossendorp, B. C., Redondo-Hasselerharm, P. E., Verschoor, A., Van Wezel, A. P., & Scheffer, M. (2017). Risks of Plastic Debris: Unravelling Fact, Opinion, Perception, and Belief. *Environmental Science and Technology*, 51 (20), 11513–11519. DOI: 10.1021/acs.est.7b02219.
24. Rybalova, O., & Artemiev, S. (2017). Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10-89), 67–76. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.112211.
25. Rybalova, O., Artemiev, S., Sarapina, M., Tsybal, B., Bakhareva, A., Shestopalov, O., & Filenko, O. (2018). Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(10-92), 4–17. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.127829.
26. Vasenko, A., Rybalova, O., & Kozlovskaya, O. (2016). A study of significant factors affecting the quality of water in the Oskil River (Ukraine). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(10-81), 48–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.72415.
27. Tretyakov, O., Bezsonnyi, V., & Shevchenko, T. (2015). Improving the environmental safety of drinking water supply in Kharkiv region (Ukraine). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10-77), 40–49. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.51398.
28. Bezsonnyi, V., Ponomarenko, R., Tretyakov, O., Asotsky, V., & Kalynovskyi, A. (2021). Regarding the choice of composite indicators of ecological safety of water in the basin of the Siversky Donets. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(4), 622–631. DOI: 10.15421/112157.