



# ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

2(34)2021

## Content / Зміст

<b>Басманов О. Є., Максименко М. В., Олійник В. В.</b> Моделювання теплового впливу пожежі в резервуарі з нафтопродуктом на сусідній резервуар	4
<b>Chernukha A., Kovalov P., Bezuglov O., Meleshchenko R., Cherkashyn O., Khmelyk O.</b> Investigation of ash wood during treatment with fire-protective agent dsa	21
<b>Чеберячко С. І., Дерюгін О. В., Шароватова О. П., Луценко Т. О., Наумов М. М.</b> Оцінка захисної ефективності фільтрувальних респіраторів при виборі й експлуатації	29
<b>Кущенко Л. М., Калиновський А. Я., Кірсєв О. О., Кривошей Б. І., Сухарькова О. І.</b> Розробка способу дистанційної доставки вогнегасних речовин у гантелеподібному контейнері	41
<b>Безсонний В. Л., Пономаренко Р. В., Третьяков О. В., Бурменко О. А., Бородич П. Ю., Карпець К. М.</b> Оцінка екологічного ризику внаслідок впливу комунальних об'єктів на поверхневі води	58
<b>Ковальов А. І., Отрош Ю. А., Томенко В. І., Пирогов О. В., Морковська Н. Г.</b> Розрахунково-експериментальний метод оцінювання вогнестійкості вогнезахисних сталевих конструкцій	77
<b>Трегубов Д. Г., Тарахно О. В., Соколов Д. Л., Трегубова Ф. Д.</b> Ідентифікація кластерної будови вуглеводнів за температурами плавлення	94
<b>Дубінін Д. П., Лісняк А. А., Шевченко С. М., Криворучко Є. М., Гапоненко Ю. І.</b> Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі	110
<b>Кустов М. В., Морщ Є. В., Федоряка О. І., Сошинський О. І., Савченко О. В.</b> Геоінформаційна система управління пожежними підрозділами	122
<b>Коваленко Р. І., Назаренко С. Ю., Дем'янишин В. М., Колєнов О. М., Семків В. О.</b> Дослідження статистики потоку пожеж, що виникають на території міст	134
<b>Загора О. В., Феценко А. Б., Борисова Л. В., Михайлик В. О.</b> Моделювання робочої зони локальної RTLS-системи району надзвичайної ситуації	144
<b>Петухова О. А., Горносталь С. А., Щербак С. М., Левенко Г. М.</b> Розробка підходу до розташування пожежних кран-комплектів в плані будівлі	154
<b>Неклонський І. М., Рагімов С. Ю., Новожилова М. В.</b> Аналіз оперативних дій рятувальних формувань за допомогою методу мережевого планування	168
<b>Мирошниченко А. О., Шевченко Р. І.</b> Формування умов розробки математичного апарату попередження надзвичайних ситуацій в тунелях	182
<b>Собина В. О., Тарадуда Д. В., Демент М. О.</b> Захист інформації відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі за допомогою паролльної системи	197
<b>Ковальов О. О., Єлізаров О. В., Коханенко В. Б., Манжура С. А.</b> Метод локального моніторингу атмосфери за допомогою безпілотних літальних апаратів	208
<b>Рашкевич Н. В., Шершньов В. О., Словінський В. К., Коновал В. М.</b> Формування математичного апарату методики протидії пожежовибухонебезпеці об'єктів захоронення побутових відходів	232
<b>Скородумова О. Б., Тарахно О. В., Шаршанов А. Я., Чеботарьова О. М., Гапон Ю. К., Бажанова К. В.</b> Дослідження впливу антипіренів на властивості вогнезахисних покриттів по текстильних матеріалах	244
<b>Вовчук Т. С., Шевченко Р. І.</b> Інформаційно-аналітичне забезпечення процесу попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості	255
<b>Соловійов І. І., Стрілець В. М., Львівін Д. А.</b> Багатофакторна модель підйому водолазом-сапером вибухонебезпечного предмету	272
<b>Поспєлов Б. Б., Рибка Є. О., Самойлов М. О., Безугла Ю. С., Ященко О. А., Веретеннікова Ю. А.</b> Метод запобігання надзвичайним ситуаціям внаслідок пожеж шляхом короткочасного прогнозування загорянь	295

Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків: НУЦЗ України, 2021. № 2(34). 308 с.

Наведені результати наукових досліджень зі спеціальностей: комп'ютерні науки та інформаційні технології, матеріалознавство, хімічні технології та інженерія, телекомунікації та радіотехніка, технології захисту навколишнього середовища, будівництво та цивільна інженерія, озброєння та військова техніка, пожежна безпека, цивільна безпека.

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Андронов В. А.**, д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна) – головний редактор; **Рибка Є. О.**, д.т.н., старший дослідник, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна) – заступник головного редактора; **Абрамов Ю. О.**, д.т.н., професор, Заслужений винахідник України, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Баскін О. М.**, к.т.н., Університет Грінвіча, Лондон (Велика Британія); **Басманов О. Є.**, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Васюков С. О.**, к.ф.-м.н., Національний інститут ядерної фізики, Рим (Італія); **Дадашов І. Ф.**, д.т.н., доцент, Академія Міністерства надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки, Баку (Азербайджан); **Данченко Ю. М.**, д.т.н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків (Україна); **Дейнеко Н. В.**, д.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Дубінін Д. П.**, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Зайцев Р. В.**, д.т.н., доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків (Україна); **Кудін О. М.**, д.т.н., старший науковий співробітник, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Кудіна О. Ф.**, д.т.н., професор, Білоруський державний університет транспорту, Гомель (Білорусь); **Лобойченко В. М.**, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Пономаренко Р. В.**, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Поспелов Б. Б.**, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Сасенко С. Ю.**, д.т.н., старший науковий співробітник, Харківський фізико-технічний інститут НАН України, Харків (Україна); **Семків О. М.**, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Стрілець В. М.**, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Трефілова Л. М.**, д.т.н., старший науковий співробітник, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Фатіг Махмет Ємен**, д.х.н., професор, Університет Мехмета Акіфа Ерсоя, Бурдур (Туреччина); **Христич О. В.**, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України, Харків (Україна); **Юрченко В. О.**, д.т.н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків (Україна).

Видання засновано у 2005 році

Виходить 2 рази на рік

**Засновник і видавець**

Національний університет  
цивільного захисту України

**Технічний редактор**

Карпець К.М., к.геогр.н., доцент

**Адреса**

вул. Чернишевська, 94,  
Харків, 61023

**Контактна інформація**

**Tel.:** +38 (057) 707-34-90

**Website:** <http://pes.nuczu.edu.ua>

**E-mail:** [pes@nuczu.edu.ua](mailto:pes@nuczu.edu.ua)

**Свідоцтво про державну  
реєстрацію видання**  
КВ № 21459-11259 ПР  
від 27.07.2015

**Включено до Переліку  
наукових фахових видань**  
Наказ МОН України  
№ 1328 від 21.12.2015

**Індексується**

- Index Copernicus
- Ulrich's Periodicals Directory
- Academic Research Index
- Google Scholar
- Road

**Затверджено до друку**

Протокол засідання  
вченої ради НУЦЗ України  
№ 3 від 25.11.2021

**Підписано до друку**  
25.11.2021

Формат 60x84/16  
Папір 80 г/м<sup>2</sup>  
Ум. друк. арк. 14  
Тираж 100 прим.

© Національний університет  
цивільного захисту України, 2021

The results of scientific research in the specialties: Computer Science and Information Technology, Materials Science, Chemical Technologies and Engineering, Telecommunications and Radio Engineering, Environmental Protection Technologies, Construction and Civil Engineering, Weapons and military equipment, Fire Safety, Civil Security.

#### EDITORIAL BOARD

**Andronov Volodymyr**, DSc, Professor, Honored Worker of Science and Technology, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine) – Editor in Chief; **Rybka Evgeniy**, DSc, Senior Researcher, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine) – Deputy Editor in Chief; **Abramov Yuriy**, DSc, Professor, Honored inventor of Ukraine, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Buskin Olga**, PhD, University of Greenwich, London (Great Britain); **Basmanov Oleksii**, DSc, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Vasiukov Sergii**, PhD, National Institute of Nuclear Physics, Roma (Italy); **Dadashov Ilgar**, DSc, Associate Professor, Academy of the ministry of Emergency Situations of Azerbaijanian Republic, Baku (Azerbaijan); **Danchenko Yuliya**, DSc, Professor, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv (Ukraine); **Deyneko Natalia**, DSc, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Dubinin Dmytro**, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Zaitsev Roman**, DSc, Associate Professor, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv (Ukraine); **Kudin Oleksandr**, DSc, Senior Researcher, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Kudina Helen**, DSc, Professor, Belarusian State University of Transport, Gomel (Belarus); **Loboychenko Valentyna**, DSc, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Ponomarenko Roman**, DSc, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Pospelov Borys**, DSc, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Sayenko Serhii**, DSc, Senior Researcher, National Science Center Kharkov Institute of Physics and Technology, Kharkiv (Ukraine); **Semkiv Oleh**, DSc, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Strelec Viktor**, DSc, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Trefilova Larysa**, DSc, Senior Researcher, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Fatih Mahmet Emen**, DSc, Professor, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur (Turkey); **Khrystych Olena**, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv (Ukraine); **Iurchenko Valentyna**, DSc, Professor, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv (Ukraine).

The issue was founded in 2005

It comes out twice a year

**Founder and Publisher**

National University of Civil  
Defence of Ukraine

**Technical editor**

Kostiantyn Karpets, PhD, As. Prof.

**Address**

Chernyshevska Str., 94,  
Kharkiv, Ukraine, 61023

**Contact information**

**Tel.:** +38 (057) 707-34-90

**Website:** <http://pes.nuczu.edu.ua>

**E-mail:** [pes@nuczu.edu.ua](mailto:pes@nuczu.edu.ua)

**State certificate registration  
of the publication**

KV № 21459-11259 PR  
dated 27.07.2015

**Included in the List  
Scientific Professional  
Publications**

Order of the Ministry  
of Education of Ukraine  
№ 1328 dated 21.12.2015

**Journal Indexing**

- Index Copernicus
- Ulrich's Periodicals Directory
- Academic Research Index
- Google Scholar
- Road

**Approved for printing**

Minutes of the meeting  
Academic Council  
for NUCD Ukraine  
№ 3 dated 25.11.2021

**Signed for print**  
25.11.2021

Format 60x84/16  
Paper 80 g/m<sup>2</sup>  
Condit. print. sheet. 14  
Circulation 100 cop.

© National University of Civil  
Defence of Ukraine, 2021

## УДК 556.18:628.1(043.5)

*В. Л. Безсонний<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-8089-7724)*

*Р. В. Пономаренко<sup>2</sup>, д.т.н., с.н.с., нач. фак. (ORCID 0000-0002-6300-3108)*

*О. В. Третьяков<sup>3</sup>, д.т.н., професор, наук. консультант (ORCID 0000-0002-0457-9553)*

*О. А. Бурменко<sup>2</sup>, к.т.н., викл. каф. (ORCID 0000-0002-5014-2678)*

*П. Ю. Бородич<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-9933-8498)*

*К. М. Карпець<sup>2</sup>, к.геогр.н., доцент, провідн. н.с. (ORCID 0000-0001-6388-7647)*

<sup>1</sup>Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця, Харків, Україна

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

<sup>3</sup>ТОВ «ІПРІС-ПРОФІЛЬ», Харків, Україна

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ КОМУНАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ

Проведено порівняльний аналіз двох методик визначення екологічного ризику природного поверхневого водного об'єкту на основі реальних усереднених даних багаторічних спостережень за ділянкою р. Сіверський Донець поблизу м. Ізюм в районі скиду стічних вод з комунально-виробничого водопровідно-каналізаційного підприємства. Розраховано комбінаторний індекс забрудненості води та отримано інтегральну оцінку екологічного стану поверхневих вод, що базується на кратності перевищень ГДК окремих компонентів. Встановлено, що стічні води підприємства погіршують стан досліджуваної води оскільки значення індексу за 500 м до місця скиду (коливання в межах від 6,30 до 8,08) більші за значення КІЗВ за 500 м нижче місця скиду (коливання в межах від 6,93 до 8,15), особливо теплого періоду року. Встановлено, що використання «Методики 1» оцінки екологічного ризику за гідрохімічними показниками водного об'єкту не дає об'єктивної характеристики небезпеки від впливу небезпечних об'єктів господарювання на водні ресурси і унеможливає достовірну оцінку ступеню екологічного ризику від впливу стічних вод підприємства, оскільки розраховані показники ризику за 500 м нижче місця скиду коливаються в межах від 0,91 до 1,15. Доведено, що оцінка ризику за «Методикою 2» цілком залежить від значень індексу забруднення вод, і отримується шляхом арифметичних операцій з індексом та певними константами, що свідчить про суб'єктивність підходу та невисоку достовірність визначення екологічного ризику водного об'єкту. Результати розрахунку, отримані за «Методикою 2», показують, що вплив стічних вод підвищує значення величин екологічного ризику, зокрема для липня – вересня – з прийняттого до неприйняттого (значення від  $8,81 \cdot 10^{-7}$  до  $1,57 \cdot 10^{-6}$ ). Але ця методика не дає коректного числового значення для величин ризику, що перевищують значення  $4,99 \cdot 10^{-6}$ .

**Ключові слова:** екологічний стан водного об'єкту, екологічний ризик, індекс забрудненості води

### 1. Вступ

Проблема забруднення водних ресурсів у нашій державі стоїть надзвичайно гостро. Зростання техногенного навантаження на водозбірні території при скороченні обсягу водоохоронних заходів веде до збільшення забруднення поверхневих вод. Забруднені водні об'єкти стають непридатними для питного, а часто й технічного водопостачання, втрачають рибогосподарське значення та стають малопридатними для потреб сільського господарства.

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 потенціального 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 [1].

Екологічний ризик води – це ймовірність настання подій, викликаних діяльністю людини або взаємодією діяльності людини та природних процесів, які завдають шкоди водному середовищу [2].

Водне середовище – це водні об'єкти, які прямо чи опосередковано впливають на життя людини та розвиток, що оточує населення, і ці середовища є основою для людської діяльності. З прискоренням процесу урбанізації та прогресивним розвитком промисловості та сільського господарства водне середовище по-різному зазнало впливу людської діяльності. Забруднювачами водного об'єкта, які викидаються в результаті діяльності людини, в основному є загальний фосфор, загальний азот і хімічна потреба в кисні, і ці забруднювачі збільшують ризики для водного середовища, що стало серйозною проблемою для соціальних та екологічних систем. Ці підвищені ризики спричинили несприятливий вплив на здоров'я мешканців, наприклад збільшення захворюваності та смертності [3, 4].

Реалізуючи положення Водної Рамкової Директиви ЄС (ВРД), яку ратифікувала Україна, при ідентифікації пріоритетних небезпечних речовин слід брати до уваги принцип передбачливості, покладаючись, зокрема, на встановлення потенційно негативних наслідків впливу даного продукту та на наукову оцінку ризику [5, 6].

У статті 16 ВРД наголошується, що Європейський Парламент та Рада повинні вжити конкретних заходів проти забруднення води окремими речовинами-забрудниками або групами речовин-забрудників, які створюють значний ризик для водного середовища або через нього, включаючи такі ризики для вод, які використовуються для забору питної води [7].

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 [8, 9].

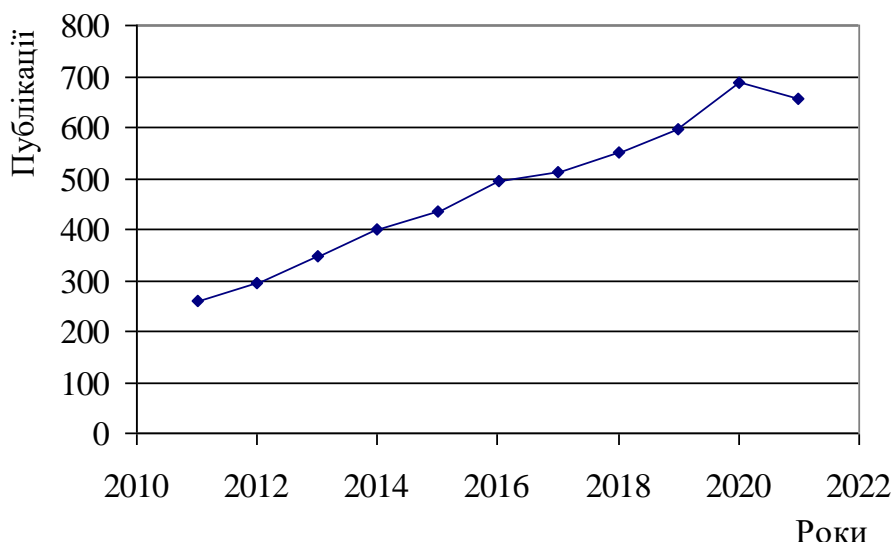
У зв'язку з цим, оцінка небезпеки для природних водних об'єктів, що може бути спричинена антропогенним впливом різного походження є важливою та актуальною проблемою.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Актуальність теми підтверджується аналізом бази даних Scopus за напрямком досліджень – оцінка екологічного ризику поверхневих вод, який вказує на те, що кількість наукових публікацій збільшилась майже у три рази за останні 10 років (рис. 1).

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, незаконні наркотики та засоби особистої гігієни [10–12]. 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. Як зазначають автори [10], це хімічні речовини, які зазвичай не контролюються, але можуть потрапити в навколишнє природне середовище та спричинити несприятливий вплив на екологію та здоров'я людини. Але традиційний аналітичний підхід застосування цільового скринінгу з мас-спектрометрією низької роздільної здатності призводить до того, що численні хімічні речовини, так і продукти їх перетворення, залишаються непоміченими.



**Рис. 1. Кількість наукових публікацій за напрямком оцінка екологічного ризику поверхневих вод бази даних Scopus**

Дослідники [11] відзначають, що 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. 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 забруднень у багатомасштабному підході. Поєднання нормативно-правових актів та заходів управління щодо використання/викидів нових забруднень у навколишнє природне середовище, а також щодо їх появи у навколишньому природному середовищі має бути фундаментальними для досягнення ефективного управління водними ресурсами.

Автори [12] зазначають, що значна кількість фармацевтичних препаратів, що використовуються у людській та ветеринарній медицині, не ефективно видаляються під час очищення стічних вод та шламів, а потім безперервно надходять у поверхневі води. Внутрішня біологічна активність цих нерегульованих забруднювачів перетворює їх присутність у водному середовищі на екологічну проблему, що викликає занепокоєння. Представлене кількісне дослідження стосується присутності фармацевтичних препаратів, але не враховує прогностичні екотоксикологічні ефектів для населення.

Значна кількість робіт присвячена оцінці забруднень та ризиків для здоров'я, спричинених важкими металами. Забруднення важкими металами – це серйозна світова проблема через їх токсичність, велику кількість джерел та накопичувальну здатність. У роботі [13] досліджено поширення, джерела забруднення та стан екологічного ризику, спричинених важкими металами в осаді річки Брісбен, Австралія. Зразки осаду аналізували на наявність основних і другорядних елементів. Аналіз основних компонентів та кластерний аналіз визначили три основні джерела металів у зразках: інтрузія морського піску, змішана літогенна та піщана інтрузія. Для подолання властивих недоліків у використанні єдиного індексу для визначення якості осаду було використано цілий ряд індексів якості осаду, включаючи коефіцієнт забруднення, коефіцієнт

збагачення, індекс геоаккумуляції, змінений ступінь забруднення, індекс забруднення та модифікований індекс забруднення. Застосування індексу потенційного екологічного ризику (RI) показало, що осад становить помірний до значного екологічного ризику. Але RI не пояснює складну поведінку осаду, оскільки він використовує простий фактор забруднення.

Дослідники [14] провели багаторазову екологічну оцінку канцерогенного ризику від хімічних речовин, розчинених у питній воді, продуктах харчування, ґрунті, повітрі (з стаціонарних джерел) з метою визначення причин високого рівня онкологічних захворювань у населення. Проте на основі цієї оцінки не визначено напрямки природоохоронних заходів із забезпечення техногенно-екологічної безпеки.

Дослідження [15] з оцінки ризику було проведено, щоб передбачити очікуваний небезпечний вплив на екосистему в результаті урбанізації та індустріалізації в районі Хелуан, Єгипет. Для досягнення цих цілей були зібрані зразки ґрунтів, рослин та води з території Гельван та їх загальна концентрація неорганічних забруднювачів (Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb та Zn) та органічних забруднювачів; вимірювали такі як фенол та вуглеводні. Отримані результати показали, що концентрації органічних забруднень у водних потоках та навколишніх ґрунтах реєстрували високі значення концентрацій, ніж допустимі межі, тоді як неорганічні елементи перебували в безпечних межах для зрошення. Але оцінка ризику на основі наявних прогнозованих значень концентрації ефекту для водного та наземного середовища не проводилася.

Характерними забруднювачами поверхневих вод для розвинених країн є пестициди. У роботі [16] проведена оцінка водних ризиків пріоритетних та інших пестицидів річкових басейнів у поверхневих водах басейнів річок Середземного моря. Щоб забезпечити належний хімічний та екологічний стан, держави-члени ЄС зобов'язані здійснювати моніторинг пріоритетних речовин і хімічних речовин, визначених як речовини, що викликають занепокоєння на рівні Європейського Союзу та місцевому/басейному/національному рівні відповідно, у поверхневих водних об'єктах, а також повідомляти про перевищення екологічних стандартів якості. Неприйнятні водні ризики були виявлені для молінату, оксадіазону, пендиметаліну, пропанілу, тербутилазину та метаболіту десетилатразину. Але авторами не пропонуються підходи до класифікації екологічного стану поверхневих водоем у зв'язку з результатами дослідження.

У окремий напрямок слід виділити дослідження, присвячені кількісній оцінці ризиків водного мікро- та нанопластику [17]. 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 м<sup>-3</sup>, що в 50 разів більше в порівнянні з нинішніми концентраціями. Але для перевірки цих висновків необхідні додаткові екотоксикологічні дослідження.

У роботі [18] представлено процедуру оцінки ризику порушення статусу водного об'єкта. 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 самопочуття у водній екосистемі сприятиме впровадженню гнучкої системи регулювання якості води з урахуванням постійно мінливих соціально-економічних та екологічних умов. Але дана процедура не дає можливості застосовувати її в умовах безпосереднього впливу забруднень на водотік.

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 тимчасового інтервалу, або декількох інтервалів (наприклад, 1 рік, 3 роки, 10 років і т.п.). 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, в т.ч. наркотичні препарати, мікропластик і т.і., 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 їх як моральним старінням так і фізичним зношенням усіх технологічних конструкцій та елементів.

Таким чином, невирішеною частиною проблеми є недосконалість існуючих підходів до оцінки екологічних ризиків природних поверхневих джерел.

### **3. Мета та завдання дослідження**

Метою роботи є підвищення достовірності оцінювання екологічних ризиків природних поверхневих джерел в умовах впливу на водотік скидів міських очисних споруд.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) провести комплексну оцінку екологічного стану води природних поверхневих джерел району дослідження;
- 2) визначити величини ризиків від впливу міських очисних споруд на ділянку р. Сіверський Донець поблизу м. Ізюм.

### **4. Матеріали і методи досліджень**

Матеріали дослідження. Вихідною інформацією для даного дослідження є усереднені дані багаторічних спостережень за ділянкою р. Сіверський Донець, що розташована поблизу м. Ізюм в районі скиду стічних вод з комунально-виробничого водопровідно-каналізаційного підприємства. Точки спостережень – за 500 м вище і нижче місця скиду стічних вод та у місці скиду стічних вод вказаного підприємства (табл. 1–3).



**Табл. 1. Середньомісячні значення параметрів забруднення для р. Сіверський Донець, вище місця скиду стічних вод**

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Амоній сольовий	0,07	<0,1	0,33	0,11	0,367	0,19	<0,1	0,153	<0,1	0,29	0,043	0,12
БПК5	4,43	5,24	3,7	3,94	3,98	3,65	3,61	3,63	3,52	3,75	3,64	3,47
Залізо загальне	<0,05	0,205	0,206	0,11	0,057	0,067	0,058	0,053	0,052	0,056	0,055	0,055
Нітрати	11,36	12,48	9,66	5,55	3,22	4,7	9,3	6,43	6,1	6,57	9,01	7,54
Нітриди	0,032	0,051	0,062	0,04	0,149	0,151	0,045	0,045	0,034	0,075	0,043	0,092
Сульфати	141,09	135,59	128,08	136,07	127,41	126,75	123,08	123,75	125,35	134,74	125,75	133,59
Сухий залишок	540	669	618,67	853,33	598,5	557	549	539	491,17	503,8	558	521,8
Фосфати	1,68	2,15	0,7	0,61	1,348	1,19	2,77	2,58	2,5	1,6	1,35	1,03
Хлориди	84,06	87,45	82,56	63,26	75,6	81,8	79,9	78,7	77,84	86,28	83,13	80,73
ХПК	7,38	11,06	13,92	13,49	11,46	11,69	11,13	11,88	11,39	12,37	11	11,37
Розчинений кисень	10,87	13,84	12,75	12,35	11,75	11,14	11,51	11,66	11,59	11,1	11,64	12,37
Завислі речовини	22	20,5	19,5	20,83	18,5	19,67	20,67	20	18,33	17,2	18,17	17,75

**Табл. 2. Середньомісячні значення параметрів забруднення для р. Сіверський Донець, нижче місця скиду стічних вод**

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Амоній сольовий	0,62	<0,1	0,34	0,14	0,359	0,184	<0,1	0,124	<0,1	0,27	0,046	0,17
БПК5	4,87	5,27	3,84	4,07	4,15	3,88	3,71	3,85	3,68	3,94	3,81	3,79
Залізо загальне	<0,05	0,208	0,217	0,13	0,074	0,072	0,061	0,057	0,057	0,061	0,059	0,059
Нітрати	13,31	13,09	9,95	6,19	3,53	5,18	10,02	7,35	6,72	6,8	9,46	7,93
Нітриди	0,046	0,052	0,069	0,049	0,149	0,136	0,044	0,049	0,036	0,073	0,046	0,082
Сульфати	137,09	131,58	126,41	132,75	124,74	124,75	120,75	121,41	123,08	129,41	123,08	130,08
Сухий залишок	535	656,5	608,33	841,67	386,33	532,83	545,67	536,33	484,67	491,2	539,33	513,8
Фосфати	1,77	2,23	0,85	0,66	1,43	1,31	3,08	2,81	2,78	1,75	1,56	1,08
Хлориди	91,07	90,45	83,7	65,61	78,51	84,44	81,69	81,64	80,77	88,03	85,17	83,36
ХПК	7,87	12,29	14,79	15,13	12,44	12,35	11,95	13,37	12,05	13,53	11,5	11,84
Розчинений кисень	10,87	13,13	12,47	12,12	11,43	10,92	11,29	11,47	11,36	10,91	11,56	12,16
Завислі речовини	19	17,5	15,83	19,33	16,33	15	19,83	18,83	17,33	14,7	14,17	16

Табл. 3. Середньомісячні значення параметрів забруднення для р. Сіверський Донець, у місці скиду стічних вод

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Амоній сольовий	0,7	0,31	0,33	0,7	0,731	0,1	0,37	0,1	0,75	0,1	0,069	0,17
БПК <sub>5</sub>	12,54	10,56	8	9,46	9,85	9,98	10,03	10,24	9,8	9,73	9,48	8,96
Залізо загальне	0,282	0,267	0,267	0,269	0,303	0,299	0,314	0,305	0,311	0,304	0,328	0,348
Нітраги	34,57	26,18	18,41	30,48	38,5	38,73	38,4	40,2	38,08	39,16	37,92	41,21
Нітриги	0,099	0,086	0,298	0,316	0,068	0,077	0,119	0,074	0,2	0,032	0,069	0,034
Сульфати	111,74	98,4	81,3	91,06	108,4	114,07	114,74	114,07	115,07	114,4	108,07	115,07
Сухий залишок	517	598,38	467,25	460,83	436	476,17	444,67	475,67	457	461	473,83	489,8
Фосфати	6,21	4,78	4,35	4,18	7,4	7,68	7,92	7,84	7,87	8,29	7,73	8,54
Хлориди	103,62	98,31	75,45	87,62	117,04	115,33	111,92	118,92	117,08	113,15	111,33	117,28
ХПК	24,98	25,45	20,24	28,93	25,37	24,74	26,84	24,08	26,74	26,89	26,77	23,92
Завислі речовини	11,5	9,88	8,63	10,33	11,67	9,67	10,67	9,67	9,67	9,5	9,5	9,2

**Методика дослідження комплексної оцінки впливу техногенного забруднення р. Сіверський Донець** обробленими побутово-промислових стоками м. Ізюм полягає у розрахунку комбінаторного індексу забрудненості води (КІЗВ) [19], що дозволяє отримати інтегральну оцінку екологічного стану поверхневих вод, ґрунтуючись на кратності перевищень ГДК окремих інгредієнтів.

За допомогою комбінаторного індексу забрудненості води оцінюється ступінь її забрудненості за комплексом забруднюючих речовин. Індекс може бути розрахований для будь-якого створу або пункту спостереження за станом поверхневих вод, для ділянки або для водного об'єкту в цілому. Інформативність та репрезентативність індексу при наявності достатнього обсягу інформації висока.

Розрахунок значення комбінаторного індексу забрудненості та відносна оцінка екологічного стану поверхневих вод проводиться у два етапи: спочатку за кожним окремим досліджуваним інгредієнтом і показником екологічного стану поверхневих вод, потім розглядається одночасно весь комплекс забруднюючих речовин та виводиться результуюча оцінка.

За кожним інгредієнтом за розрахунковий період часу для обраного об'єкту дослідження визначаються наступні характеристики:

1) повторюваність випадків забрудненості  $\alpha_{ij}$ , тобто частота виявлення концентрацій, що перевищують ГДК:

$$\alpha_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $n'_{ij}$  – кількість результатів хімічного аналізу за  $i$ -м інгредієнтом в  $j$ -м створі за період часу, що розглядається, в яких їх вміст чи значення перевищують відповідні ГДК;  $n_{ij}$  – загальна кількість результатів хімічного аналізу за період часу, що розглядається, за  $i$ -м інгредієнтом в  $j$ -м створі.

2) Середнє значення кратності перевищення ГДК  $\bar{\beta}'_{ij}$ , розраховане тільки за результатами аналізу проб, де таке перевищення спостерігається. Результати аналізу проб, у яких концентрація забруднюючої речовини була нижчою за ГДК, до розрахунку не включаються. Розрахунок ведеться за формулою

$$\bar{\beta}'_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^{n'_{ij}} \beta_{ifj}}{n'_{ij}}, \quad (2)$$

де  $\beta_{ifj} = C_{ifj}/ГДК_i$  – кратність перевищення ГДК за  $i$ -м інгредієнтом в  $f$ -му результаті хімічного аналізу для  $j$ -го створу;  $C_{ifj}$  – концентрація  $i$ -го інгредієнта в  $f$ -му результаті хімічного аналізу для  $j$ -го створу, мг/дм<sup>3</sup>.

Визначення кратності порушення нормативу для розчиненого у воді кисню здійснюється за формулою

$$\beta_{O_2fi} = \frac{ГДК_{O_2}}{C_{O_2fi}}, \quad (3)$$

За значеннями середньої кратності перевищення ГДК  $\bar{\beta}'_{ij}$  розраховується частинний оціночний бал за кратністю перевищення  $S_{\beta'ij}$ . Визначення балів проводиться з використанням лінійної інтерполяції.

3) Узагальнений оціночний бал  $S_{ij}$  за кожним інгредієнтом розраховується як добуток частинних оціночних балів за повторюваністю випадків забруднення та середньої кратності перевищення ГДК:

$$S_{ij} = S_{ajj} \cdot S_{\beta'ij}, \quad (4)$$

де  $S_{ajj}$  – частинний оціночний бал за повторюваністю випадків забруднення  $i$ -м інгредієнтом в  $j$ -м створі за період часу, що розглядається;  $S_{\beta'ij}$  – частинний оціночний бал за кратністю перевищення ГДК  $i$ -м інгредієнтом в  $j$ -му створі за період часу, що розглядається.

Узагальнений оціночний бал дає можливість врахувати одночасно значення досліджуваних концентрацій та частоту виявлення випадків перевищення ГДК за кожним з інгредієнтів.

Значення узагальненого оціночного балу за кожним інгредієнтом окремо може коливатися для різних вод від 1 до 16. Більшому його значенню відповідає більш високий ступінь забруднення води.

Далі визначається комбінаторний індекс забрудненості води за наступною формулою:

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_i} S_{ij}, \quad (5)$$

де  $S_j$  – комбінаторний індекс забрудненості води в  $j$ -м створі;  $N_i$  – кількість інгредієнтів, що враховуються в оцінці.

**Методики оцінки ризику.** Офіційно затвердженим документом в Україні з визначення ризику є Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», затвержені Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. У 2009 році в Україні розроблено зміни та доповнення до пункту 2.45 ДБН А.2.2–1–2003 щодо оцінки ризику впливу пла-  
Environmental Protection Technologies. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-34-5

нованої діяльності на навколишнє природне середовище, де представлено методику обчислювання величини ризику для здоров'я населення при забрудненні атмосферного повітря, а для інших компонентів довкілля рекомендовано використовувати методику «Зміни та доповнення до п. 2.45 ДБН А.2.2-1-2003\* «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє природне середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд», в якій регламентується оцінка ризику для здоров'я населення при впливі хімічних речовин, що забруднюють довкілля, з метою здійснення соціально-гігієнічного моніторингу, оцінки шкоди здоров'ю людини, визначення меж санітарно захисних зон та ін.

Забезпечення екологічної безпеки припускає попередню оцінку величини екологічного ризику, пов'язаного з техногенним об'єктом стосовно людини та навколишнього природного середовища. При визначенні екологічного ризику за «еталонну» якість води прийнято екологічні нормативи якості поверхневих вод, що являють собою науково обґрунтовані кількісні значення показників (гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних, специфічних речовин), які відображають природний стан екосистеми водного об'єкта та цілі водоохоронної діяльності з покращання або збереження його екологічного благополуччя.

Відповідно до ст. 35 Водного кодексу України у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів встановлюються такі нормативи:

- 1) нормативи екологічної безпеки водокористування;
- 2) екологічний норматив екологічного стану поверхневих вод масивів поверхневих та підземних вод;
- 3) нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин;
- 4) галузеві технологічні нормативи утворення речовин, що скидаються у водні об'єкти;
- 5) технологічні нормативи використання води.

Законодавством України можуть бути встановлені й інші нормативи в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

При застосуванні методики оцінювання екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів у роботі [18] пропонується в якості екологічного нормативу приймати верхню межу 3 категорії класифікації якості поверхневих вод відповідно до ДСТУ 4808:2007. При оцінці екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів окремо обчислюється екологічний ризик, пов'язаний з органолептичними властивостями води та екологічний ризик, пов'язаний із санітарно-токсикологічними властивостями води. Ризик, пов'язаний з органолептичними властивостями води передбачає оцінку ризику за показником забарвленості, за водневим показником, за запахом і присмаком й іншим показникам, що нормуються відповідно до їхнього впливу на органолептичні властивості води.

Згідно [18] (назвемо це «Методика 1») ризик за показником забарвленості визначається відповідно до рівняння:

$$P_{\text{rob}} = -3,33 + 0,067(\text{Ц} - \text{Фон} + 20), \quad (6)$$

де Фон – природна забарвленість води, отримана за даними багаторічних спостережень і характерна для даного сезону; Ц – забарвленість води (у градусах забарвленості);  $P_{\text{rob}}$  – пов'язаний з ймовірністю (ризиком) відповідно до закону нормального ймовірнісного розподілу.

Для визначення ризику за водневим показником використовуються наступні рівняння

$$\begin{aligned} P_{\text{rob}} &= 4 - \text{pH} \text{ при } \text{pH} \leq 7; \\ P_{\text{rob}} &= -11 + \text{pH} \text{ при } \text{pH} > 7, \end{aligned} \quad (7)$$

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

$$P_{\text{rob}} = -1 + 3,32 \cdot \lg(\text{Бали} / 2,5). \quad (8)$$

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

$$P_{\text{rob}} = -2 + 3,32 \cdot \lg\left(\frac{C_i}{C_{\text{ен}}}\right), \quad (9)$$

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

Сумарний екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів визначається за правилом множення ймовірностей, де як множник виступають не величини ризику, а значення, що характеризують ймовірність його відсутності [20]:

$$ER = 1 - (1 - ER_1) \cdot (1 - ER_2) \cdot \dots \cdot (1 - ER_n), \quad (10)$$

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

При трактуванні отриманих величин екологічного ризику пропонується користуватися ранговою шкалою (табл. 4).

**Табл. 4. Залежність якості поверхневих вод від величини екологічного ризику**

Клас екологічного стану поверхневих вод	Характеристика водних ресурсів	Значення екологічного ризику
I Відмінний	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
II Гарний	Водні об'єкти близькі до природного стану чи слабо евтрофовані. Вода придатна для усіх видів використання.	0,1 – 0,19
III Задовільний	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
IV Незадовільний	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 екологічного стану поверхневих вод.	0,6 – 0,89
V Поганий	Водні об'єкти сильно забруднені стічними водами, поверхневим стоком чи у результаті впливу інших факторів.	0,9 – 1,0

У роботі [21] пропонується ризик для водного об'єкту визначати за формулою (11)

$$R = -\ln(P), \quad (11)$$

де  $P = \sum n_i/N$ ; де  $\sum n_i = \sum (C_i/\Gamma ДК)$ ;  $C_i$  – концентрація  $i$ -ої забруднювальної речовини, яка перевищує ГДК і (забруднюючі речовини, які не перевищують ГДК, у формулу (11) не підставляють);  $N$  – загальна кількість забруднюючих речовин, що аналізуються.

Аналогічний підхід до розрахунку ризику з використанням відношення числа спостережень з перевищенням нормативу до загального числа спостережень описується у роботі [20], де запропоновано визначити екологічний ризик порушення стану водних екосистем для кожного  $i$ -го забруднювача в  $j$ -му діапазоні спостереження за формулою:

$$R_{ij} = 1 - ((1 - P_{ij}) \times (1 - S_{ij})), \quad (12)$$

де  $P_{ij}$  – ймовірність порушення екологічного стандарту для  $i$ -го показника у  $j$ -му діапазоні, безрозмірна величина;  $S_{ij}$  – показник наслідків порушення екологічного благополуччя для водної екосистеми для  $i$ -го показника в  $j$ -му діапазоні, безрозмірне значення.

Ймовірність порушення екологічного стандарту визначається за формулою:

$$P_{ij} = \frac{n_{ЕНj}^i}{N_{ЕНj}^i}, \quad (13)$$

де  $n_{ЕНj}^i$  – кількість спостережень за екологічним станом водоймища для кожного  $i$ -го забруднювача в  $j$ -му діапазоні з порушенням екологічного стандарту;  $N_{ЕНj}^i$  – це загальна кількість спостережень за екологічним станом водоймища для кожного  $i$ -го забруднювача в  $j$ -му діапазоні з визначенням екологічного стандарту. Авторами пропонується для розрахунків використовувати інформацію за весь період спостережень (понад 30 років) різними суб'єктами моніторингу.

Розглянемо наступну методику. У проекті змін та доповнень до ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє природне середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд», призначених до п. 2.45 цього ДБН «Оцінка ризику планованої діяльності щодо природного, соціального і техногенного середовища запропоновано методику оцінки ризику впливу планованої діяльності на навколишнє природне середовище. Визначення показників техногенного ризику (ризiku впливу об'єкта чи планованої діяльності на компоненти навколишнього природного середовища) проводиться за формулою (14), назвемо її «Методика 2».

Визначення ризиків проводиться для об'єктів, на яких такі ризики можуть бути реально присутніми

$$R = A \cdot e^{B \cdot D} \quad (14)$$

де  $R$  – ризик для компонента навколишнього природного середовища, безрозмірний;  $A$ ,  $B$  – константи ( $A = 4,99 \cdot 10^{-6}$ ,  $B = -7,557$ );  $D$  – величина, яка розраховується за формулою

$$D = -e^{I-1} \quad (15)$$

де  $I$  – індекс забруднення компоненту навколишнього природного середовища, безрозмірний, визначається як  $0,2 \cdot I_{ЗВ}$ .

Замість індексу  $I_{ЗВ}$  (у зв'язку з втратою чинності нормативного документу для його розрахунку) пропонується використовувати розрахований нами у цьому дослідженні індекс  $KI_{ЗВ}$ .

Проведення оцінки рівня ризику здійснюється відповідно до табл. 5.

Табл. 5. Класифікація рівнів ризику планованої діяльності на навколишнє природне середовище

Рівень ризику	Значення ризику
Неприйнятний	$>10^{-6}$
Прийнятний	$10^{-6} - 10^{-8}$
Безумовно прийнятний	$< 10^{-8}$

### 5. Розрахунок комплексної оцінки екологічного стану води природних поверхневих джерел району дослідження

За даними багаторічних спостережень досліджено сезонні зміни  $KI_{ЗВ}$  для місць контролю у місці скиду стічних вод комунального водопровідно-каналізаційного підприємства, за 500 м вище та за 500 м нижче місця скиду (рис. 2–3).

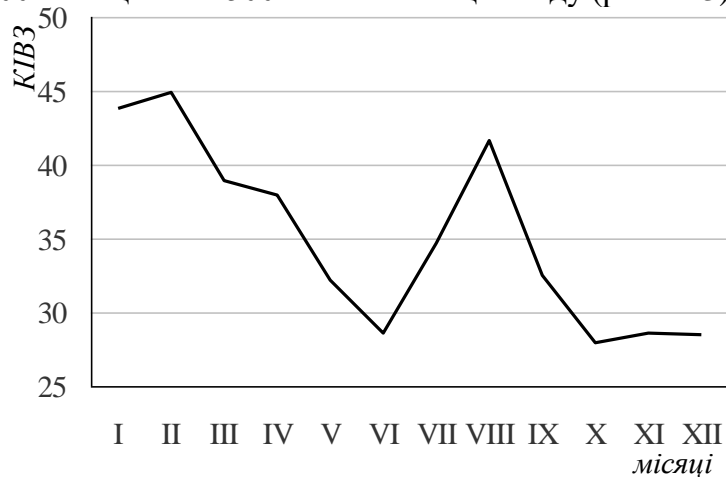


Рис. 2. Сезонна середньорічна динаміка  $KI_{ЗВ}$  у місці скиду стічних вод ( $KI_{ЗВ}$  – безрозмірна величина)

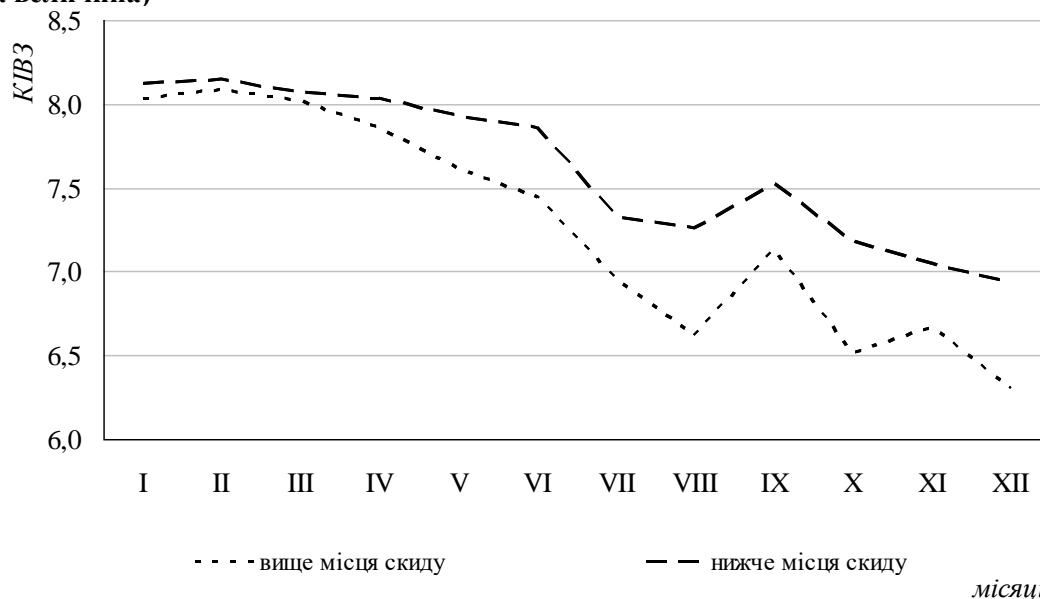


Рис. 3. Сезонна середньорічна динаміка  $KI_{ЗВ}$  вище та нижче місця скиду стічних вод за місяцями ( $KI_{ЗВ}$  – безрозмірна величина)

## 6. Визначення величини ризиків від впливу міських очисних споруд на ділянку р. Сіверський Донець поблизу м. Ізюм

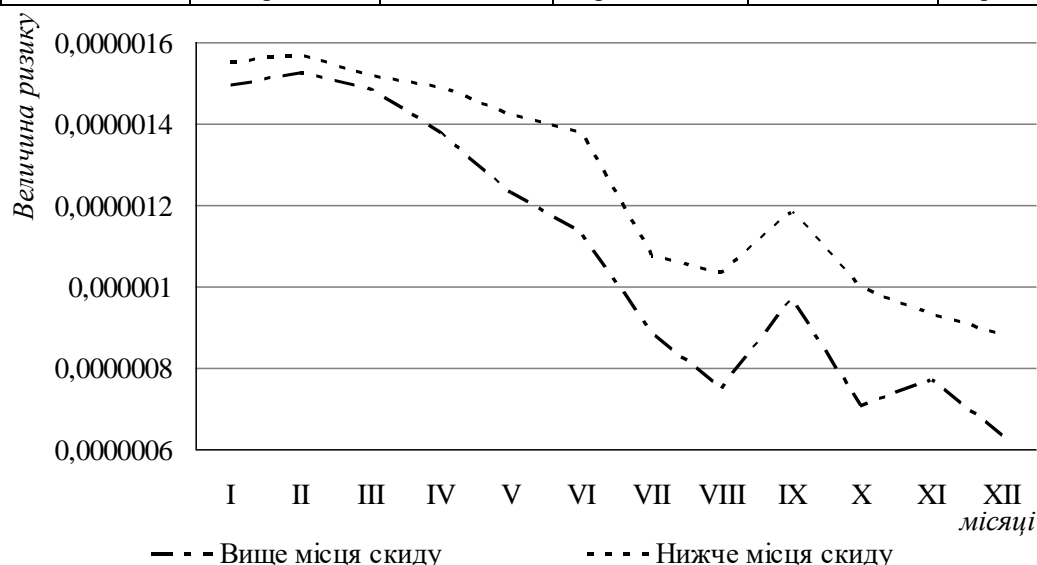
Результати дослідження величин ризику, розраховані за «Методикою 1» представлені в табл. 6, та розраховані за «Методикою 2» – в табл. 7. та на рис. 4.

**Табл. 6. Результати розрахунків показників ризику, розраховані за «Методикою 1»**

Мі-сяць	Варіант 1			Варіант 2		
	Нормативне значення відповідно ДСТУ 4808:2007					
	місце скиду	вище місяця скиду	нижче місяця скиду	місце скиду	вище місяця скиду	нижче місяця скиду
I	-14,09	0,99	1,03	1	1	1
II	-105,63	1,02	1,21	1	1	1
III	-65,20	0,53	0,77	1	1	1
IV	-72,59	1,14	1,15	1	1	1
V	-10,16	1,06	1,01	1	1	1
VI	23,34	1,05	0,99	1	1	1
VII	38,69	0,99	0,99	1	1	1
VIII	-8,23	0,93	0,91	1	1	1
IX	9,97	0,97	0,98	1	1	1
X	55,79	0,99	0,99	1	1	1
XI	28,15	1,00	0,99	1	1	1
XII	22,61	1,04	0,99	1	1	1

**Табл. 7. Результати розрахунків показників ризику, розраховані за «Методикою 1»**

Міс.	Місце скиду	Визначення	Вище місяця скиду	Визначення	Нижче місяця скиду	Визначення
I	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,49 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,55 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
II	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,53 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,57 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
III	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,48 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,52 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
IV	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,38 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,49 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
V	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,23 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,42 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
VI	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,13 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$1,38 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
VII	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$8,87 \cdot 10^{-7}$	прийнятний	$1,08 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
VIII	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$7,47 \cdot 10^{-7}$	прийнятний	$1,04 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
IX	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$9,72 \cdot 10^{-7}$	прийнятний	$1,18 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.
X	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$7,07 \cdot 10^{-7}$	прийнятний	$9,98 \cdot 10^{-7}$	прийнятний
XI	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$7,70 \cdot 10^{-7}$	прийнятний	$9,32 \cdot 10^{-7}$	прийнятний
XII	$4,99 \cdot 10^{-6}$	Неприйнят.	$6,32 \cdot 10^{-7}$	прийнятний	$8,81 \cdot 10^{-7}$	прийнятний



**Рис. 4. Сезонна середньорічна динаміка екологічного ризику у місці скиду стічних вод, вище та нижче місяця скиду**



## 7. Обговорення результатів дослідження оцінки екологічного стану та величин ризиків водотоку

Проведено порівняльний аналіз двох методик визначення екологічного ризику природного поверхневого водного об'єкту на основі реальних усереднених даних багаторічних спостережень за ділянкою р. Сіверський Донець, що розташована поблизу м. Ізюм в районі скиду стічних вод з комунально-виробничого водопровідно-каналізаційного підприємства.

Як видно з наведених графіків (рис. 3), стічні води комунального водопровідно-каналізаційного підприємства погіршують стан води р. Сіверський Донець, оскільки значення КІЗВ за 500 м до місця скиду більші за значення КІЗВ за 500 м нижче місця скиду (коливання в межах від 6,30 до 8,08) більші за значення КІЗВ за 500 м нижче місця скиду (коливання в межах від 6,93 до 8,15), особливо це стосується теплого періоду року.

Для першої методики оцінювання ризиків [18], як видно із формули (10) значення  $ER_i$  повинні бути в інтервалі (0...1), інакше вираз не буде мати значення, про що свідчать розрахунки (Варіант 1 у табл. 6), виконані безпосередньо за формулою (10), проведені на підставі даних спостережень - розраховані показники ризику за 500 м нижче місця скиду коливаються в межах від 0,91 до 1,15. Тобто, методика не розрахована на значення показників, що в декілька разів, а в деяких випадках навіть на порядок перевищують норматив.

Якщо до розрахунку за формулою (10) ввести додаткові умови, що унеможливають отримання значення ризику меншим за нуль, або більшим за одиницю, то ситуація не стає кращою (Варіант 2 у табл. 6), так як значення ризику стають рівними 1 в усіх випадках.

Очевидно, що дані розрахунки суперечать результатам спостережень за динамікою показників екологічного стану поверхневих вод [22, 23] та динамікою КІЗВ як у місці скиду, так і за 500 м вище та нижче місця.

Результати розрахунку ризику від впливу комунального водопровідно-каналізаційного підприємства, отримані за «Методикою 2», показують, (табл. 7, рис. 4) що, вплив стічних вод підвищує значення величин екологічного ризику для р. Сіверський Донець, зокрема для липня – вересня – з прийнятного до неприйнятного (значення від  $8,81 \cdot 10^{-7}$  до  $1,57 \cdot 10^{-6}$ ). Але ця методика не дає коректного числового значення для величин ризику, що перевищують значення  $4,99 \cdot 10^{-6}$ .

З наведеного розрахунку є очевидним, що значення екологічного ризику цілком залежить від інтегрального показника забруднення води (графіки тотожні з графіками (рис. 3)), який, в свою чергу, залежить від перевищення ГДК окремих забруднювачів.

## 8. Висновки

1. Проведено комплексну оцінку екологічного стану поверхневого водного об'єкту в районі дослідження за методикою розрахунку комбінаторного індексу забрудненості води, яка дозволяє отримати інтегральну оцінку екологічного стану поверхневих вод ґрунтовану на кратності перевищень ГДК окремих компонентів. Встановлено, що стічні води комунального підприємства погіршують стан води р. Сіверський Донець, оскільки значення індексу за 500 м до місця скиду (коливання в межах від 6,30 до 8,08) більші за значення КІЗВ за 500 м нижче місця скиду (коливання в межах від 6,93 до 8,15), особливо це стосується теплого періоду року.

2. Визначення величини ризиків від впливу міських очисних споруд на ділянку р. Сіверський Донець поблизу м. Ізюм за двома методиками. Встановлено, що

використання «Методики 1» оцінки екологічного ризику за гідрохімічними показниками природного поверхневого водного об'єкту не дає об'єктивної характеристики небезпеки від впливу небезпечних об'єктів господарювання на водні ресурси і унеможливорює достовірну оцінку ступеню екологічного ризику від впливу стічних вод комунального підприємства, оскільки розраховані показники ризику за 500 м нижче місця скиду коливаються в межах від 0,91 до 1,15. Доведено, що оцінка ризику за «Методикою 2» цілком залежить від значень індексу забруднення вод, і отримується шляхом арифметичних операцій з індексом та певними константами, що свідчить про суб'єктивність підходу та невисоку достовірність визначення екологічного ризику природного поверхневого водного об'єкту. Результати розрахунку ризику від впливу комунального підприємства, отримані за «Методикою 2», показують, що вплив стічних вод підвищує значення величин екологічного ризику для р. Сіверський Донець, зокрема для липня – вересня – з прийняттого до неприйнятного (значення від  $8,81 \cdot 10^{-7}$  до  $1,57 \cdot 10^{-6}$ ). Але ця методика не дає коректного числового значення для величин ризику, що перевищують значення  $4,99 \cdot 10^{-6}$ .

### Література

1. Zeleňáková M. The risk assessment of surface water quality deterioration. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference and EXPO – Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection. 2012. SGEM 2012. 3. P. 887–894. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890669454&partnerID=40&md5=95ff87a42fd2e32ca30473eeee80cd58>
2. Di H., Liu X., Zhang J., Tong Z., Ji M. The spatial distributions and variations of water environmental risk in Yinma river basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018. 15 (3). Art. no. 521. doi: 10.3390/ijerph15030521
3. Zheng H., Cao S. The challenge to sustainable development in China revealed by "death Villages". *Environmental Science and Technology*. 2011. V. 45 (23). P. 9833–9834. doi: 10.1021/es2037977
4. Saha N., Rahman M. S., Ahmed M. B., Zhou J. L., Ngo H. H., Guo W. Industrial metal pollution in water and probabilistic assessment of human health risk. *Journal of Environmental Management*. 2017. 185. P. 70–78. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.10.023
5. Carvalho L., Mackay E. B., Cardoso A. C., Baattrup-Pedersen A. Protecting and restoring Europe's waters: An analysis of the future development needs of the Water Framework Directive. *Science of the Total Environment*. 2019. 658. P. 1228–1238. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.255
6. Quevauviller P., Barceló D., Beniston M., Djordjevic S. Integration of research advances in modelling and monitoring in support of WFD river basin management planning in the context of climate change. *Science of the Total Environment*. 2012. 440. P. 167–177. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.055
7. Green O. O., Garmestani A. S., van Rijswick H. F. M. W., Keessen A. M. EU water governance: Striking the right balance between regulatory flexibility and enforcement? *Ecology and Society*. 2013. 18 (2). Art. no. 10. doi: 10.5751/ES-05357-180210
8. Fridman K. B., Novikova Yu. A., Belkin A. S. On the issue of the use of health risk assessment techniques for hygienic characteristics of water supply. *Gigiena i Sanitariya*. 2017. 96 (7). P. 686–689. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689

9. Kuzmin S. V., Gurvich V. B., Dikonskaya O. V., Nikonov B. I., Malykh O. L. 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*. 2017. 96 (12). P. 1130–1136. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1130-1136

10. 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. 72. P. 3–27. doi: 10.1016/j.watres.2014.08.053

11. 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. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015. 3 (1). P. 57–65. doi: 10.1016/j.iswcr.2015.03.002

12. Osorio V., Larrañaga A., Aceña J., Pérez S., Barceló D. 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*. 2016. 540. P. 267–277. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.06.143

13. Duodu G. O., Goonetilleke A., Ayoko G. A. Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metal in Brisbane River sediment. *Environmental Pollution*. 2016. 219. P. 1077–1091. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.008

14. Valeullina N. N., Ural'shin A. G., Brylina N. A., Nikiforova E. V. Experience of the multiple environmental assessment of risks for population's health with the aim to provide the safety of the population of the city of Cheliabinsk. *Gigiena i sanitaria*. 2015. 94(2). P. 19–23. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84940102092&partnerID=40&md5=01d13ea99970c1c1953e74bcdfe538e4>

15. Salem T. M., Ahmed S. S., Hamed M. A., Abd ElAziz G. H. Risk assessment of hazardous impacts on urbanization and industrialization activities based upon toxic substances. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2016. 2 (2). P. 163-176. doi: 10.7508/gjesm.2016.02.007

16. 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. 135. P. 394–402. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.05.013

17. Everaert G., Van Cauwenberghe L., De Rijcke M., Koelmans A. A., Mees J. Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environmental Pollution*. 2018. 242. P. 1930–1938. doi: 10.1016/j.envpol.2018.07.069

18. 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. 5 (10–89). P. 67–76. doi: 10.15587/1729-4061.2017.112211

19. Calmuc M., Calmuc V., Arseni M., Topa C., Timofti M., Georgescu L. P. A Comparative Approach to a Series of Physico-Chemical Quality Indices Used in Assessing Water Quality in the Lower Danube. *Water* 2020. 12. 3239. doi: 10.3390/w12113239

20. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 2 (10–92). P. 4–17. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127829

21. Cui X., Wu J., Li Z., Peng L., Shen Z., Bi J. An Integrated Assessment and Factor Analysis of Water Related Environmental Risk to Cities in the Yangtze River Economic Belt. *Water* 2021. 13. 2140. doi: 10.3390/w13162140

22. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Hurets L., Polkovnychenko D., Grigorenko N., Sherstiuk M., Miakaiev O. Determining the effect of anthropogenic loading on the environmental state of a surface source of water supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. 3 (10–105). P. 54–62. doi: 10.15587/1729-4061.2020.206125

23. Bezsonnyi V., Tretyakov O., Khalmuradov B., Ponomarenko R. Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of chervonooskil water reservoir. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 5(10–89). P. 32–38. doi: 10.15587/1729-4061.2017.109477

*V. Bezsonnyi*<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

*R. Ponomarenko*<sup>2</sup>, DSc, Senior Researcher, Head of the Faculty

*O. Tretyakov*<sup>3</sup>, DSc, Professor, Sc. consultant

*O. Burmenko*<sup>2</sup>, PhD, Lecturer of the Department

*P. Borodych*<sup>2</sup>, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

*K. Karpets*<sup>2</sup>, PhD, Associate Professor, Leading Researcher

<sup>1</sup>Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

<sup>3</sup>LLC «IPRIS-PROFILE», Kharkiv, Ukraine

## ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT DUE TO THE IMPACT OF COMMUNAL FACILITIES ON SURFACE WATERS

For the first time, a comparative analysis of two methods for determining the environmental risk of natural surface water body based on real averaged data from long-term observations of the Seversky Donets River, located near Izyum in the area of wastewater discharge from municipal water supply and sewerage company. The combinatorial index of water pollution is calculated and an integrated assessment of the ecological status of surface waters is obtained, which is based on the multiplicity of exceedances of the maximum allowable concentration of individual components. It is established that the wastewater of the enterprise worsens the condition of the studied water because the values of the index 500 m to the discharge site (fluctuations in the range from 6.30 to 8.08) are greater than the value of KIZV 500 m below the discharge site (fluctuations in the range from 6.93 to 8.15), especially the warm period of the year. For the first time it was established that the use of "Method 1" of environmental risk assessment by hydrochemical parameters of the water body does not give an objective description of the risk of hazardous objects on water resources and makes it impossible to reliably assess the degree of environmental risk from sewage. The calculated risk indicators 500 m below the discharge site range from 0.91 to 1.15. It has been proven that the risk assessment according to "Method 2" depends entirely on the values of the water pollution index, and is obtained by arithmetic operations with the index and certain constants, which indicates the subjectivity of the approach and low reliability of environmental risk assessment. The results of the calculation obtained by "Method 2" show that the impact of wastewater increases the value of environmental risk, in particular for July - September - from acceptable to unacceptable (values from  $8.81 \cdot 10^{-7}$  to  $1.57 \cdot 10^{-6}$ ). However, this technique does not give a correct numerical value for risk values exceeding  $4.99 \cdot 10^{-6}$ .

**Keywords:** ecological status of the water body, ecological risk, water pollution index

### References

1. Zeleňáková, M. (2012). The risk assessment of surface water quality deterioration. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference and EXPO – Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2012, 3, 887–894. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890669454&partnerID=40&md5=95ff87a42fd2e32ca30473eeee80cd58>

2. Di, H., Liu, X., Zhang, J., Tong, Z., Ji, M. (2018). The spatial distributions and variations of water environmental risk in Yinma river basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (3), 521. doi: 10.3390/ijerph15030521

3. Zheng, H., Cao, S. (2011). The challenge to sustainable development in China revealed by "death Villages". *Environmental Science and Technology*, 45 (23), 9833–9834. doi: 10.1021/es2037977

4. Saha, N., Rahman, M. S., Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., Guo, W. (2017). Industrial metal pollution in water and probabilistic assessment of human health risk. *Journal of Environmental Management*, 185, 70–78. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.10.023

5. Carvalho, L., Mackay, E.B., Cardoso, A.C., Baattrup-Pedersen, A. (2019). Protecting and restoring Europe's waters: An analysis of the future development needs of the Water Framework Directive. *Science of the Total Environment*, 658, 1228–1238. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.255

6. Quevauviller, P., Barceló, D., Beniston, M., Djordjevic, S., Harding, R. J. (2012). Integration of research advances in modelling and monitoring in support of WFD river basin management planning in the context of climate change. *Science of the Total Environment*, 440, 167–177. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.055

7. Green, O. O., Garmestani, A. S., van Rijswick, 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

8. Fridman, K. B., Novikova, Yu. A., Belkin, A. S. (2017). On the issue of the use of health risk assessment techniques for hygienic characteristics of water supply. *Gigiena i Sanitariya*, 96 (7), 686–689. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689

9. Kuzmin, S. V., Gurvich, V. B., Dikonskaya, O. V., Nikonov, B. I., Malykh, O. L. (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

10. 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

11. Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M. (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

12. 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

13. Duodu, G. O., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A. (2016). Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metal in Brisbane River sediment. *Environmental Pollution*, 219, 1077–1091. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.008

14. Valeullina, N. N., Ural'shin, A. G., Brylina, N. A., Nikiforova, E. V., Beketov, A. L. (2015). Experience of the multiple environmental assessment of risks for population's health with the aim to provide the safety of the population of the city of Cheliabinsk. *Gigiena i sanitariia*, 94 (2), 19–23. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84940102092&partnerID=40&md5=01d13ea99970c1c1953e74bcdfe538e4>

15. Salem, T. M., Ahmed, S. S., Hamed, M. A., Abd ElAziz, G. H. (2016). Risk assessment of hazardous impacts on urbanization and industrialization activities based upon toxic substances. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2 (2), 163–176. doi: 10.7508/gjesm.2016.02.007
16. 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
17. Everaert, G., Van Cauwenberghe, L., De Rijcke, M., Koelmans, A. A., Mees, J. (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
18. 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
19. Calmuc, M., Calmuc, V., Arseni, M., Topa, C., Timofti, M. (2020). A Comparative Approach to a Series of Physico-Chemical Quality Indices Used in Assessing Water Quality in the Lower Danube. *Water*, 12, 3239. doi: 10.3390/w12113239
20. Rybalova, O., Artemiev, S., Sarapina, M., Tsymbal, B., Bakhareva, A. (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
21. Cui, X., Wu, J., Li, Z., Peng, L., Shen, Z., Bi, J. (2021). An Integrated Assessment and Factor Analysis of Water Related Environmental Risk to Cities in the Yangtze River Economic Belt. *Water*, 13, 2140. doi: 10.3390/w13162140
22. Ponomarenko, R., Plyatsuk, L., Hurets, L., Polkovnychenko, D., Grigorenko, N., Sherstiuk, M., Miakaiev, O. (2020). Determining the effect of anthropogenic loading on the environmental state of a surface source of water supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10–105), 54–62. doi: 10.15587/1729-4061.2020.206125
23. Bezsonnyi, V., Tretyakov, O., Khalmuradov, B., Ponomarenko, R. (2017). Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of chervonooskil water reservoir. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10–89), 32–38. doi: 10.15587/1729-4061.2017.109477

Надійшла до редколегії: 11.10.2021

Прийнята до друку: 17.11.2021