

УДК 504.4.06:556.52

DOI: 10.15587/1729-4061.2018.143804

Розробка методики оцінки ступеня екологічної небезпеки джерел забруднення водного середовища

Н. І. Магась, Г. Г. Трохименко, В. В. Благодатний

Розроблено методику оцінки рівня екологічної безпеки водних об'єктів на основі співставлення впливу окремих точкових джерел скиду стічних вод. Використання такої методики дозволяє розв'язати проблему виявлення екологічно небезпечних об'єктів та визначення пріоритетних напрямків захисту водних об'єктів у регіоні. Сутність методу полягає у оцінці екологічної небезпеки конкретних об'єктів народного господарства з урахуванням рівня небезпечності, ступеня впливу на якість води водного об'єкту, ефективності моніторингу та величини антропогенного навантаження.

Запропоновано логіко-математичну модель оцінки впливу джерел забруднення водного середовища, що базується на визначенні коефіцієнтів умов скиду стічних вод, забрудненості стічних вод та навантаження на водний об'єкт. Визначення ступеня екологічної небезпеки джерел забруднення водних об'єктів здійснюється за значенням коефіцієнту шкідливого впливу джерела забруднення на водні об'єкти за п'ятирівневою шкалою від «безпечного» до «надзвичайно небезпечного». Розроблена шкала відповідає екологічній класифікації Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЕС.

Апробація розробленої методики проводилася на прикладі типової для територіальних виробничих комплексів ділянки басейну річки, де розташовані об'єкти атомної енергетики, промислового виробництва та комунального господарства. На основі визначення блокових та загального коефіцієнту шкідливого впливу джерел забруднення водних об'єктів було розроблено карту екологічної небезпеки джерел забруднення басейну річки. Проведено класифікацію джерел забруднення водних об'єктів за розробленою шкалою. Встановлено, що найбільший ступінь екологічної небезпеки мають великі підприємства житлово-комунального господарства та виробничі об'єкти машинобудівної галузі. Ці об'єкти належать до другого класу і характеризуються як «небезпечні». Підприємства атомної енергетики та гідроелектростанції належать до третього класу небезпеки – «помірно небезпечні».

Результати аналізу можуть бути використані при розробці стратегії управління водними ресурсами та заходів щодо зниження рівня впливу джерел забруднення на водні об'єкти

Ключові слова: екологічна небезпека, джерело забруднення, шкідливий вплив, навантаження на водний об'єкт

1. Вступ

Результатом інтенсифікації діяльності промислових, комунальних та сільськогосподарських підприємств розташованих поблизу водних об'єктів є суттєве погіршення кількісних та якісних показників стану водного середовища та зростання рівня антропогенних навантажень на навколишнє середовище. Основними причинами цього є неупорядковане відведення стоків від населених пунктів, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь, а також постійне скидання недостатньо очищених вод з очисних споруд.

Така ситуація вимагає проведення чіткого, оперативного контролю за якістю води водних об'єктів та реагування. Це можливо лише при визначенні екологічно небезпечних джерел забруднення водного об'єкту, реальної оцінки рівня їхнього впливу та навантаження на басейн річки.

Тому протягом останніх років у розвинених країнах розроблено та впроваджено систему екологічного моніторингу та оцінку впливу на водне середовище [1]. Однак обидві запропоновані системи на сьогоднішній день мають ряд невирішених питань щодо процедури проведення екологічної оцінки якості поверхневих вод. До таких питань належить, зокрема, вдосконалення методів оцінки негативного впливу джерел скиду на стан гідросфери. Тому найбільш актуальними напрямками проведення досліджень у цій сфері є розробка узагальнюючих показників, що характеризують організаційні та технологічні аспекти екологічної безпеки об'єктів водокористування.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Оцінка екологічного стану гідроекосистем базується на результатах гідрохімічного, біологічного, санітарно-гігієнічного та інших видів моніторингу якості води. Крім того, використовуються дані спеціальних досліджень хімічного, гідрохімічного, мікробіологічного забруднення води, донних відкладень, стану фауни й флори водних об'єктів [1].

Результати моніторингу дають можливість ідентифікації водних об'єктів, з погіршеними екологічними характеристиками гідробіонтів, підвищеним ризиком захворювання населення, пов'язаним з використанням неякісної води [2].

На теперішній час існують різні методологічні підходи до оцінки стану водних об'єктів за окремими гідрологічними, гідробіологічними, гідрохімічними показниками або за комплексними чи інтегральними критеріями.

Метод екологічної оцінки стану водних екосистем за вищими водними рослинами (ВВР) [3] передбачає визначення індексу фітоіндикації екологічного стану водних екосистем. Такий підхід базується на аналізі видової різноманітності ценозів ВВР, чисельності видів, чутливих до забрудненості води, ступеня сприяння розвитку рослинності річковою екосистемою. У роботі [4] запропоновано проводити оцінку якісного стану гідроекосистем з урахуванням процесів трансформації забруднюючих речовин, самоочищення та біогенного навантаження у водному середовищі. Розроблена методика враховує динаміку змін та співвідношення біогенних елементів зі швидкістю процесів самоочищення у водному об'єкті. Проте, суттєвим недоліком зазначених

методик є недостатнє врахування ступеню впливу техногенного навантаження та екологічного стану прибережних територій.

Для вирішення даної проблеми у роботі [5] було запропоновано проводити оцінку за значенням комплексного показника антропогенного навантаження (КПАН). Метод базується на проведенні оцінки за блоками: «використання водних ресурсів», «використання земельних ресурсів», «техногенне навантаження». Подальшого розвитку дана методика набула у роботі [6]. З огляду на істотний вплив на водні екосистеми басейнів малих річок площі водозбору та заплави було запропоновано додатково визначити показники, об'єднані у блоки «водна заплава» та «водозбірна площа». Втім, подібний підхід не враховує негативний вплив погіршення стану гідросфери на населення.

Подібних недоліків позбавлений підхід, що базується на визначенні рівня екологічної небезпеки водних об'єктів за допомогою показників розвитку деградаційних процесів, впливу позитивних і негативних чинників формування водної екосистеми [7]. Критеріями комплексної оцінки якості поверхневих вод є також ступінь потенційного ризику здоров'ю населення при рекреаційному використанні водойм та еколого-гігієнічні показники якісного стану водних об'єктів [8, 9]. Проте, такий критерій не дозволяє провести порівняльну оцінку негативного впливу окремих джерел забруднення гідросфери.

Основними принципами прийнятої у 2000 році Водної Рамкової Директива ЄС 2000/60/ЄС є визначення біологічних показників водних екосистем, які чинять найбільший вплив на відтворення водних ресурсів [10]. Імплементацию вимог даного документу до умов Німеччини було зроблено у роботі [11], на основі чого було проведено аналіз сучасного екологічного стану водних об'єктів країни [12]. У той же час, як відзначається у роботі [13], названі методи потребують подальшого вдосконалення, зокрема врахування синергічного впливу природного та антропогенного навантаження на водні спільноти.

Багатьма дослідниками пропонується проводити оцінювання стану поверхневих вод за обмеженою кількістю показників. Зокрема, підхід з врахуванням загальних хімічних, токсикологічних та біологічних показників якості води річкових вод запропоновано у [14], а для озер у [15]. Використання та аналіз даних спостереження за станом видів біоіндикаторів для визначення якості води річок запропоновано у [16], а стану та генотоксичність гідросфери у [17]. Загальними недоліками зазначених методик є неможливість встановлення ступеня та джерел антропогенного впливу.

У роботі [18] запропоновано метод оцінки якості води на основі візуального аналізу стану водного об'єкта та берегової території. Цей метод дозволяє встановити основні джерела забруднення гідросфери, проте базується лише на якісній оцінці небезпечності таких об'єктів.

На основі співставлення значень фактичних та екологічно безпечних концентрацій проведено ранжування основних забруднюючих речовин за ступенем ризику для поверхневих вод [19, 20]. Більш загальним є підхід до визначення екологічного ризику для водних об'єктів, що враховує також просторові та часові фактори [21]. Однак застосування такого підходу дає можливість оцінити

якість води лише у водоймі і не дозволяє встановити внесок окремих джерел у загальний рівень екологічної небезпеки.

Як видно з проведеного огляду, підходи до комплексної оцінки якісного стану водного середовища характеризуються різноманіттям. Різними авторами запропонована значна кількість критеріїв оцінки якості водних екосистем. Проте жодну з запропонованих методик не можна вважати універсальною. Причиною цього є необхідність одночасного визначення та співставлення великої кількості різнохарактерних показників стану. Відкритим залишається питання оцінки впливу точкових джерел скиду стічних вод на поверхневі водойми.

Про масштаби проблем свідчить той факт, що на сьогодні немає загальноприйнятого юридичного документа, який законодавчо затверджує той чи інший спосіб оцінки якості води, оцінки і характеристики впливу берегових точкових джерел забруднення на водні об'єкти і рекомендує його до загального використання.

Неодноразово робилися спроби впровадження методик комплексної оцінки екологічного стану водних об'єктів. Зокрема Гідрохімічним інститутом Держкомгідромету розроблено Методику оцінки якості води водних об'єктів за гідрохімічними показниками, згідно з якою за величиною умовного коефіцієнту комплексності та комбінаторного індексу забруднення воді надається певна категорія якості [22]. Суттєвою вадою даної методики є незначна кількість показників, що використовуються при оцінці стану поверхневих вод.

Методика комплексної оцінки стану поверхневих вод за показниками сольового складу, трофо-сапробіологічними критеріями, вмістом специфічних речовин токсичної та радіаційної дії була реалізована у комплексному нормативному документі «Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» [23]. Проте, за цією методикою неможливо визначити вплив екологічного стану водного середовища на живі організми та людину. З метою усунення зазначених недоліків було розроблено проект Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями [24]. Запропонована методика включає додаткові блоки характеристик біотичних угруповань та біоіндикаційних індексів, біохімічних, а також бактеріологічних критеріїв, даних біотестування води та донних відкладень.

Українським науково-дослідним інститутом водогосподарсько-екологічних проблем (м. Київ) було розроблено Методику розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України в якій, крім зазначених показників оцінки якості води, враховуються показники радіоактивного забруднення територій, використання земельних ресурсів та використання річкового стоку. На основі цих показників визначається індукційний коефіцієнт антропогенного навантаження (ІКАН), що характеризує рівень антропогенного навантаження на басейн річки [25].

Таким чином, існуючі методики дозволяють зробити оцінку або екологічного стану певних об'єктів водокористування, або територій. У той самий час у практиці органів екологічного контролю залишається проблематичним виявлення екологічно небезпечних об'єктів та визначення

пріоритетних напрямків захисту водних об'єктів у регіоні. Для цього необхідно визначення рівня екологічної небезпеки конкретних об'єктів народного господарства. На теперішній час він оцінюється за відповідністю стоків значенням гранично допустимих скидів. Такий підхід не враховує організаційні та технологічні питання, а отже, часто не дозволяє планувати водоохоронну діяльність підприємств на довгострокову перспективу.

Перспективним шляхом вирішення цієї проблеми є розробка принципово нового підходу до комплексного планування заходів з оздоровлення річок регіону. Основою підходу має бути оцінка ймовірності виникнення несприятливих наслідків господарської діяльності промисловими, сільсько-господарськими, комунальними підприємствами, тепловими та атомними електростанціями для природного середовища і людини.

Комплексна оцінка впливу берегових точкових джерел забруднення на екологічний стан басейнів річок повинна проводитися на основі ідентифікації найбільш значимих джерел забруднення і виснаження річкових екосистем. Проведення такої оцінки дозволить прийняти науково обґрунтовані управлінські рішення про пріоритетність реалізації природоохоронних заходів і розробити стратегію раціонального водокористування.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є розробка нової методики оцінки рівня екологічної безпеки водних об'єктів на основі співставлення впливу окремих точкових джерел скиду стічних вод.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі завдання:

- розробити критерій оцінки ступеня екологічної небезпеки джерел забруднення водних об'єктів на основі аналізу істотних чинників негативного впливу;
- розробити логіко-математичну модель оцінки впливу джерел забруднення водного середовища з урахуванням визначених факторів;
- провести апробацію розробленої моделі шляхом дослідження впливу берегових джерел скиду зворотних вод на стан водних об'єктів.

4. Матеріали та методи дослідження впливу та оцінки ступеня екологічної небезпеки джерел забруднення водного середовища

Згідно проведеного аналізу літературних даних, комплексний критерій оцінки ступеня екологічної небезпеки, що враховував би систему різнохарактерних показників впливу окремих джерел забруднення на водний об'єкт, сьогодні не розроблено.

Тому у даній роботі запропоновано визначати ступінь екологічної небезпеки забруднювачів поверхневих вод за значенням загального коефіцієнту шкідливого впливу джерела забруднення на водні об'єкти P . Розроблений критерій враховує найбільш суттєві показники рівня антропогенного навантаження на басейн річки, техногенного ризику та шкідливого впливу скидів на екосистеми.

Розрахунок коефіцієнту у даному дослідженні пропонується проводити за формулою:

$$P = \lambda_1 r_{\text{сер}} + \lambda_2 c_{\text{сер}} + \lambda_3 m_{\text{сер}}, \quad (1)$$

де $r_{\text{сер}}$, $c_{\text{сер}}$, $m_{\text{сер}}$ – середнє значення коефіцієнта впливу джерела забруднення за показниками умов скиду стічних вод, характеристики стічних вод, що скидаються джерелом забруднення у водне середовище, навантаження джерелом забруднення на водний об'єкт; $\lambda_1=0,15\dots0,25$, $\lambda_2=0,25\dots0,35$, $\lambda_3=0,45\dots0,55$ – вагові коефіцієнти за кожним блоком.

Для визначення коефіцієнту шкідливого впливу джерела забруднення на водні об'єкти авторами розроблено логіко-математичну модель за трьома блоками показників (рис. 1).



Рис. 1. Структурна схема логіко-математичної моделі оцінки впливу джерел забруднення на водні об'єкти

Формування показників оцінки блоків 2 і 3 авторами запропоновано здійснювати на основі діючих на даній території нормативних документів. При

характеристиці умов скиду стічних вод та ефективності моніторингу авторами вперше було запропоновано додатково враховувати технічний стан очисних споруд, вид випуску, спосіб скиду стоків, розміщення джерела забруднення.

Кількісну оцінку показників за усіма блоками автори рекомендують проводити за 5-ти бальною шкалою, що відповідаю загальноприйнятій шкалі оцінювання якості поверхневих вод.

Математична формалізація оцінки за відповідними блоками ґрунтується на знаходженні середньої величини показників, за якими встановлюють категорію небезпеки, шкідливості, навантаження.

Кожен i -ий показник трьох блоків ($i=1, 2, 3, \dots, n$, де n – кількість показників блоків) авторами пропонується представляти у вигляді вектору значень коефіцієнтів:

$$\bar{y}_i = y_1^i, y_2^i, y_3^i, y_4^i, y_5^i, y_6^i \quad (2)$$

Компоненти векторів \bar{y}_i для кожного i -го показника, що може бути виражений у кількісній формі, знаходять за допомогою логічної функції:

$$y_k^i = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x^i < x_1^i \\ 1, & \text{якщо } x_1^i < x^i < x_2^i \\ 2, & \text{якщо } x_2^i < x^i < x_3^i \\ 3, & \text{якщо } x_3^i < x^i < x_4^i \\ 4, & \text{якщо } x_4^i < x^i < x_5^i \\ 5, & \text{якщо } x_5^i < x^i \end{cases} \quad (3)$$

де x^i – значення i -го показника (для блоку 1 – p_i , блоку 2 – k_i , блоку 3 – s_i); x_k^i – граничні величини i -го показника (рис. 1).

Якщо ж показник не може бути виражений у кількісній формі, то значення \bar{y}_i знаходять за функцією:

$$y_k^i = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x^i < x_1^i \\ 1, & \text{якщо } x_1^i < x^i < x_2^i \\ 2, & \text{якщо } x_2^i < x^i < x_3^i \\ 3, & \text{якщо } x_3^i < x^i < x_4^i \\ 4, & \text{якщо } x_4^i < x^i < x_5^i \\ 5, & \text{якщо } x_5^i < x^i < x_6^i \end{cases} \quad (4)$$

Після визначення середньоарифметичних значень показників за кожним блоком ($r_{\text{сер}}$, $c_{\text{сер}}$, $m_{\text{сер}}$) проводиться оцінювання впливу джерела забруднення на водні об'єкти.

Для характеристики впливу берегових джерел забруднення водного середовища за показниками загального стану та рівень небезпечності (ненадійності, аварійності, загрози) для водного басейну пропонується шкала оцінювання, що наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація джерел забруднення водного середовища за рівнем небезпечності (ненадійності, аварійності, загрози) для басейну річки

Категорія (клас) небезпеки	Коефіцієнт впливу джерела забруднення за показниками умов скиду стічних вод та моніторингу, $r_{\text{сер}}$	Рівень небезпечності (ненадійності, аварійності, загрози)
I	більше 4,0	дуже високий
II	3,1–4,0	високий
III	2,1–3,0	вище норми
IV	1,1–2,0	близький до норми
V	0–1,0	низький

Характеристику впливу берегових джерел забруднення водного середовища за показниками забрудненості стічних вод та клас шкідливості джерела забруднення доцільно визначати за значенням розрахованого коефіцієнту $c_{\text{сер}}$ за табл. 2.

Таблиця 2

Класифікація джерел забруднення водного середовища за ступенем їхнього впливу на якість води у басейні річки

Категорія (клас) небезпеки	Коефіцієнт впливу точкового джерела забруднення за показниками забрудненості стічних вод, $c_{\text{сер}}$	Характеристика впливу точкового джерела забруднення на водний об'єкт	
		Рівень впливу на якість води водного об'єкту	Клас шкідливості
I	більше 3,0	катастрофічний	надзвичайно шкідливі
II	1,6–3,0	критичний	дуже шкідливі
III	0,6–1,5	припустимий	помірно шкідливі
IV	0–0,5	низький	мало шкідливі
V	0	немає впливу	не шкідливі

Рівень навантаження джерелом забруднення на водний об'єкт пропонується визначати за значенням розрахованого коефіцієнту $m_{\text{сер}}$ за табл. 3.

Таблиця 3

Класифікація джерел забруднення водного середовища за ступенем навантаження на водний об'єкт

Категорія (клас) небезпеки	Коефіцієнт навантаження на водний об'єкт від джерела забруднення, $m_{сер}$	Рівень навантаження на водний об'єкт
I	більше 4,0	небезпечне
II	3,1–4,0	значне
III	2,1–3,0	помірне
IV	1,1–2,0	незначне
V	0–1,0	відсутнє

Наступним кроком є розрахунок загального коефіцієнту шкідливого впливу джерела забруднення на водні об'єкти за формулою (1). Для оцінки ступеня екологічної небезпеки джерела забруднення водного середовища пропонується наступна класифікація (табл. 4).

Таблиця 4

Класифікація джерел забруднення водного середовища за ступенем екологічної небезпеки

Клас небезпеки	Загальний коефіцієнт шкідливого впливу джерела забруднення на водні об'єкти, P	Характеристика ступеня екологічної небезпеки
I	більше 3,5	надзвичайно небезпечний
II	2,1–3,5	небезпечний
III	1,1–2,0	помірно небезпечний
IV	0,1–1,0	малонебезпечний
V	0	безпечний

Розроблена класифікація джерел забруднення водного середовища є повністю узгодженою з вимогами та класифікацією якісного стану поверхневих вод, викладених у «Водній Рамковій Директиві Європейського Союзу» (2000/60 EC) [10].

Попередній відбір найбільших джерел забруднення водних об'єктів, що є приймачами стічних вод, у даній роботі пропонується проводити за значенням ефективної маси забруднюючих речовин, що враховує токсичність забруднюючої речовини у скиді відносно сульфату амонію. Значення ефективної маси (M_x) визначається за формулою:

$$M_x = \sum_{i=1}^n \frac{ГДК_{(NH_4)_2SO_4}}{ГДК} m_i, \quad (5)$$

де $GDK_{(NH_4)_2SO_4}$ – гранично допустима концентрація сульфату амонію, мг/л; GDK_i – гранично-допустима концентрація забруднюючої речовини, мг/л; m_i – маса забруднюючої речовини, скинутої у водне середовище, т/рік; i – забруднююча речовина, скидання якої у водні об'єкти нормується та контролюється у даній країні; n – загальна кількість нормованих забруднюючих речовин.

Зокрема, для України при визначенні ефективної маси слід враховувати характеристики скиду за 20 показниками. Для подальшого аналізу відбираються джерела забруднення у яких значення ефективної маси забруднюючих речовин перевищує 1 тону/рік.

Для оцінки впливу берегових джерел забруднення водного середовища було використано офіційні матеріали державних органів з питань регулювання водними ресурсами.

Вихідними кількісними даними про існуючі обсяги скиду забруднюючих речовин та їх концентрації у зворотних водах, що використовувалися при проведенні досліджень, була база даних державної статистичної звітності України.

5. Результати оцінки ступеня екологічної небезпеки джерел забруднення водних об'єктів

Апробація розробленої методики проводилася на прикладі ділянки басейну річки Південний Буг на території Миколаївської області України. Вибір даної ділянки зумовлений наявністю об'єктів атомної енергетики (Е), об'єктів промислового виробництва (В) та комунального господарства (К). Така структура об'єктів водокористування є типовою для територіальних виробничих комплексів європейських країн.

Згідно методики (розділ 4) було відібрано найбільші джерела забруднення водних об'єктів, що є приймачами стічних вод та присвоєно код (табл. 5).

Таблиця 5

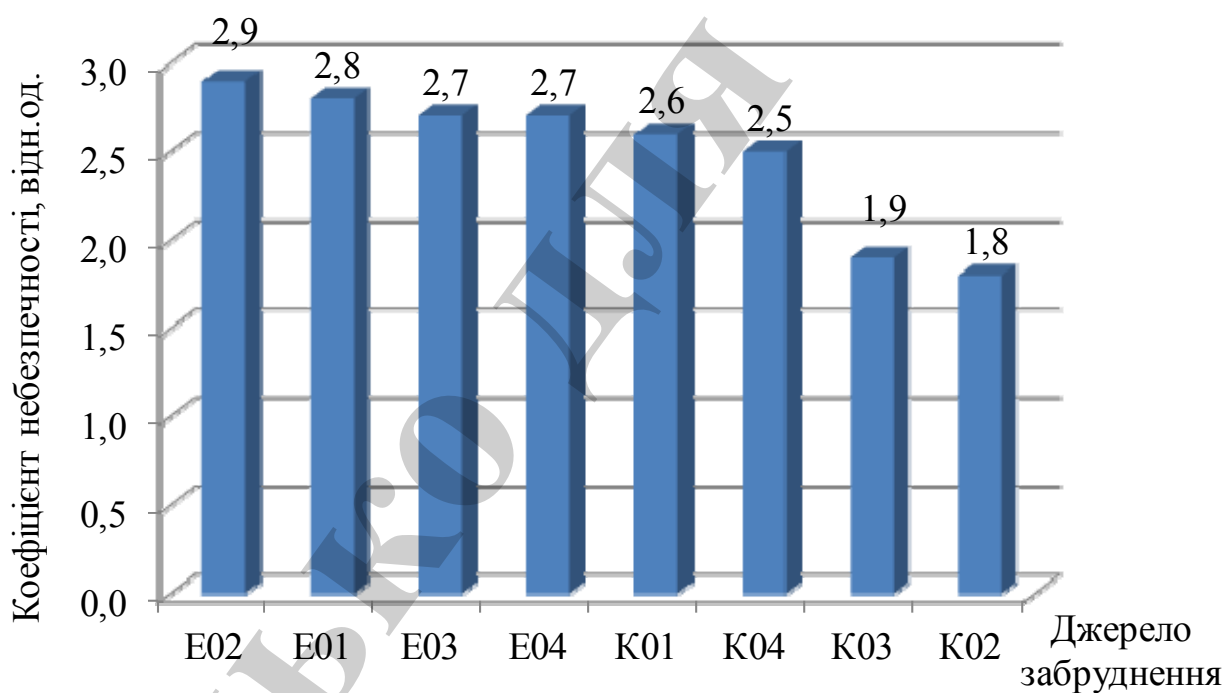
Джерела забруднення, що підлягають детальному аналізу їх впливу на водні басейни Миколаївської області

№ з/п	Назва точкового джерела забруднення водного середовища	Ефективна маса, т/рік	Код джерела забруднення
1	КП «Первомайський міський водоканал»	201,7	К01
2	Первомайська ГЕС	11843,2	Е02
3	Мигіївська ГЕС	3445,3	Е04
4	Константинівська ГЕС	4948,6	Е03
5	Очисні споруди ВП «Южноукраїнська АЕС»	15,5	К02
6	ВП «Южноукраїнська АЕС»	37735,7	Е01
7	ТОВ «Біологічні очисні споруди», м. Вознесенськ	556,9	К03
8	КП «Міськводоканал», м. Баштанка	73,1	К04
9	ВАТ «Миколаївська	50,9	Е05

	теплоелектроцентрально»		
10	ДП Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект»	292,4	B01
11	ПАТ Миколаївський суднобудівний завод «Океан»	26,8	B02
12	МКП «Миколаївводоканал»	71,9	K06
13	МКП «Миколаївводоканал», с. Галицинове	1655,9	K05

На наступному етапі на основі логіко-математичної моделі було здійснено детальну оцінку впливу відібраних точкових джерел забруднення на водні об'єкти та екологічну безпеку на території Миколаївської області.

Результати оцінки впливу точкових джерел забруднення та ранжування за рівнем небезпечності (ненадійності, аварійності, загрози) для водних об'єктів представлено на рис. 2.



a

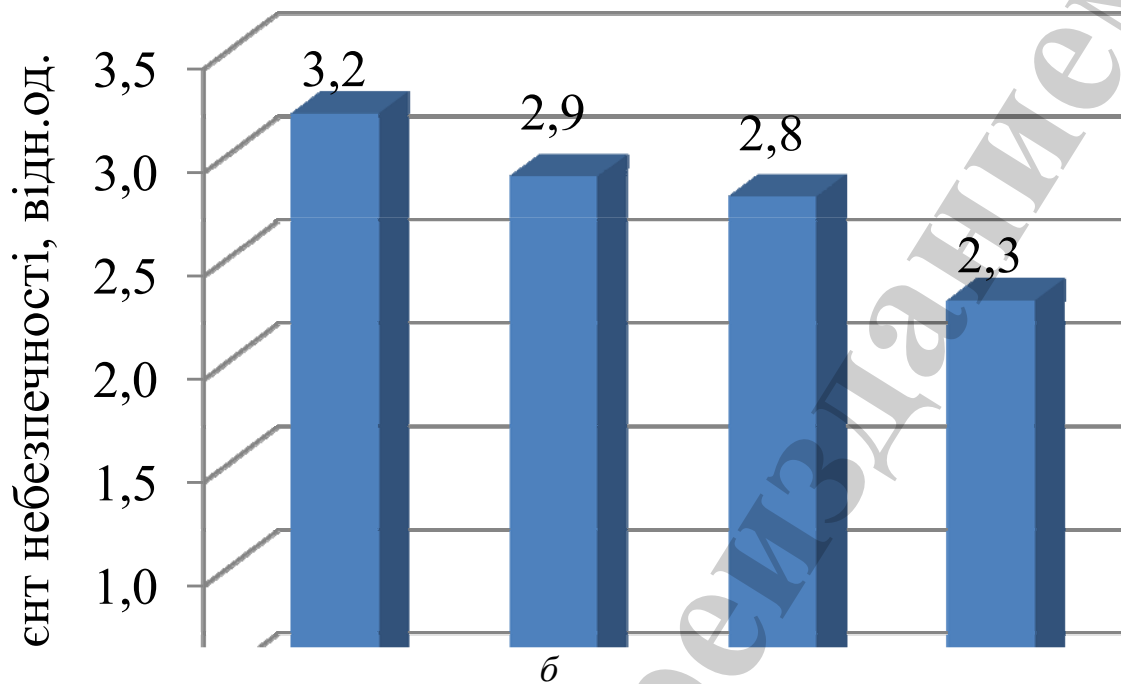


Рис. 2. Вплив джерел забруднення за показниками їх загального стану та рівнем небезпечності в: *a* – басейні р. Південний Буг; *б* – Бузькому лимані

З метою встановлення ступеня небезпеки скидів стічних вод було визначено класи шкідливості та здійснено ранжування джерел забруднення водних об'єктів (рис. 3).

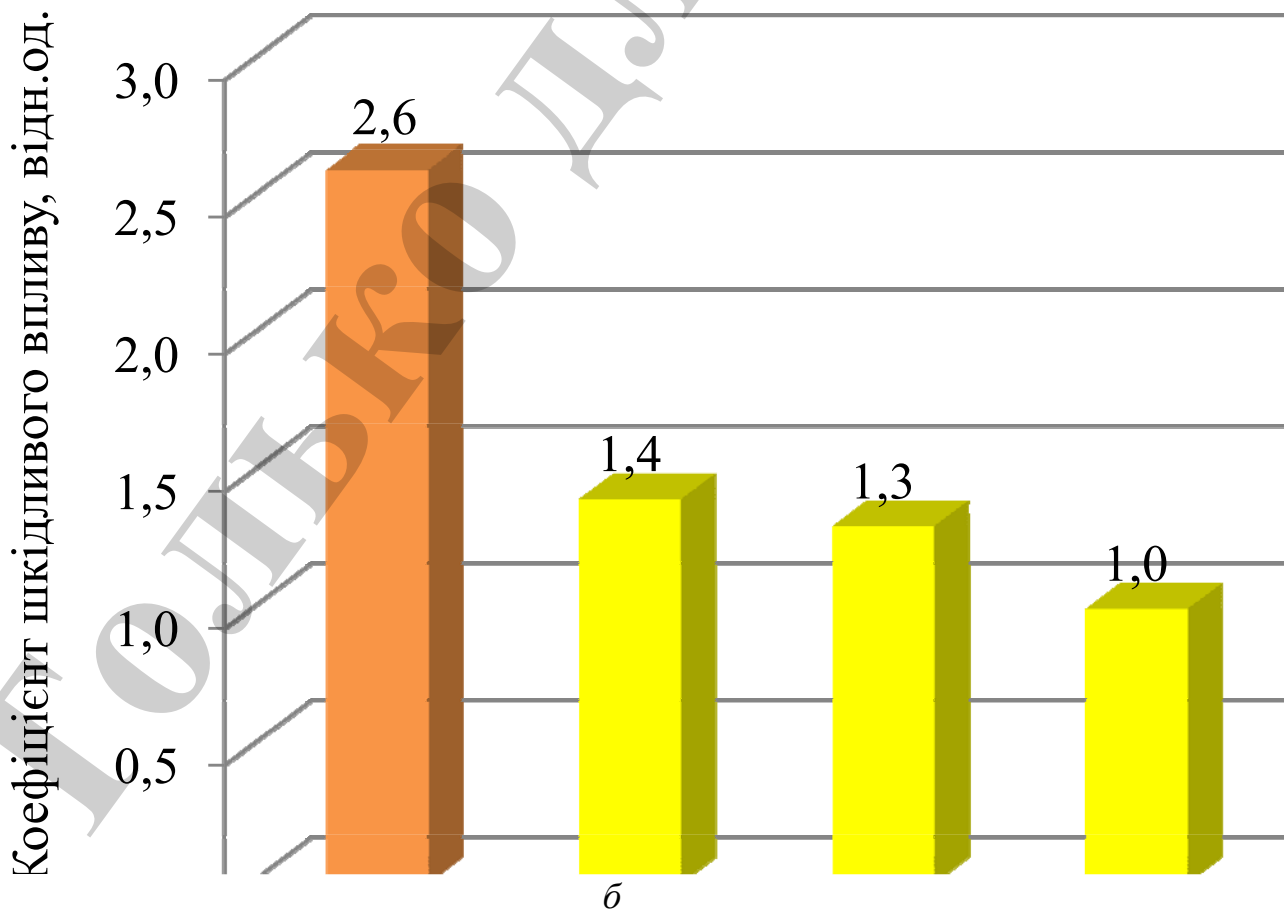
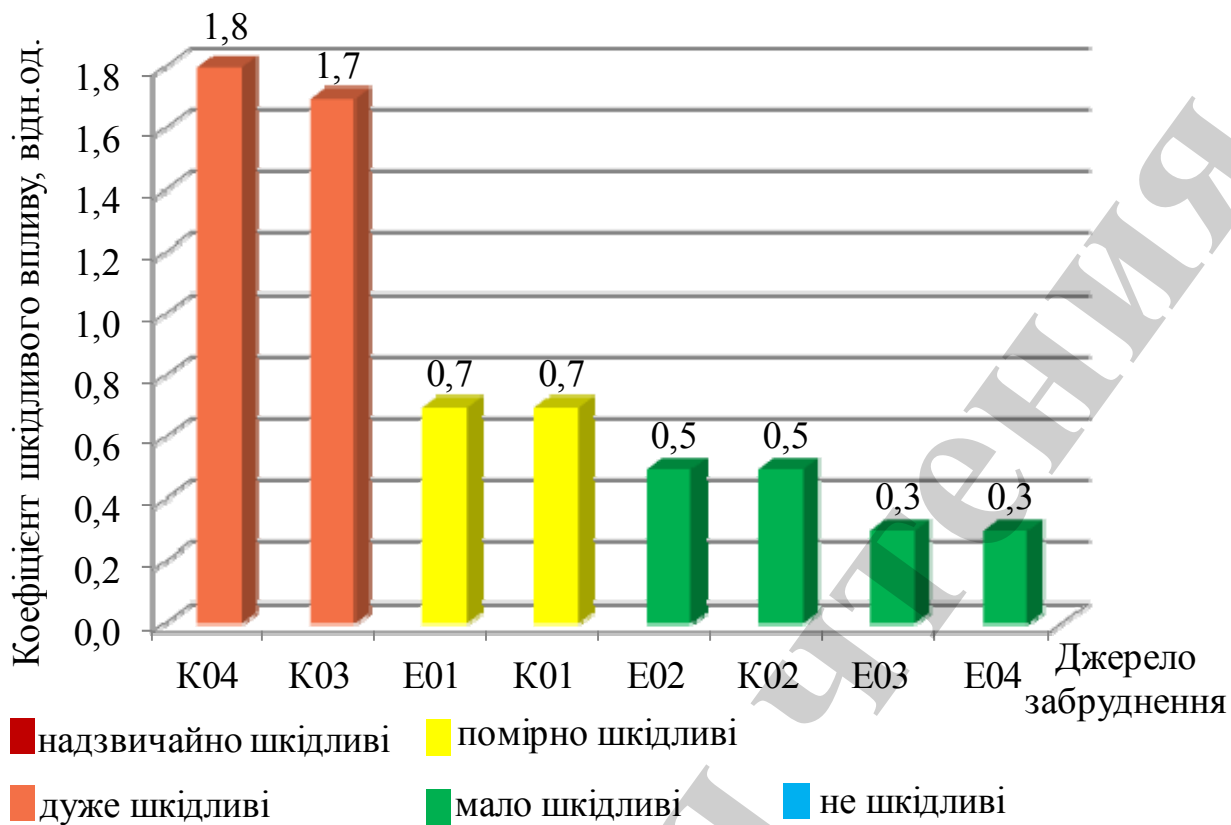


Рис. 3. Вплив джерел забруднення на якість води водного об'єкту за показниками їх шкідливого впливу в: *а* – басейні р. Південний Буг; *б* – Бузькому лимані

Результати оцінки навантаження джерел забруднення на водні об'єкти та ранжування представлено на рис. 4.

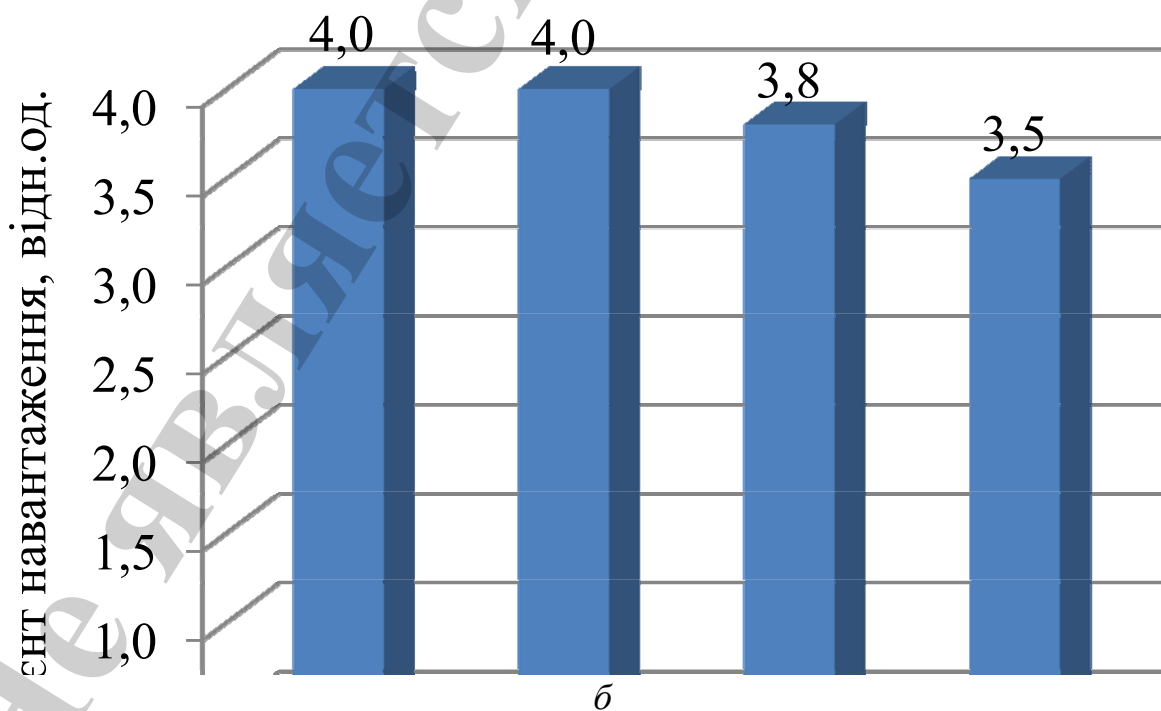
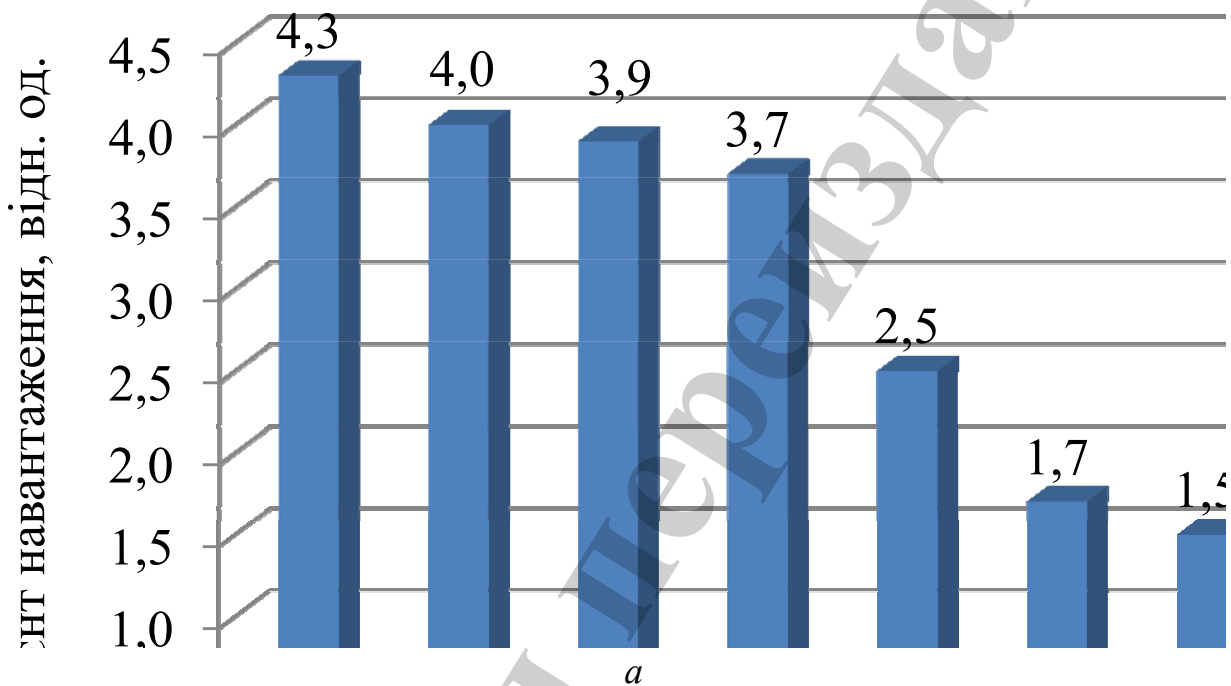


Рис. 4. Вплив джерел забруднення за показниками навантаження на водний об'єкт у: а – басейні р. Південний Буг; б – Бузькому лимані

На основі визначення блокових та загального коефіцієнту шкідливого впливу джерел забруднення водних об'єктів було розроблено карту екологічної небезпеки джерел забруднення басейну річки Південний Буг на території Миколаївської області (рис. 5).

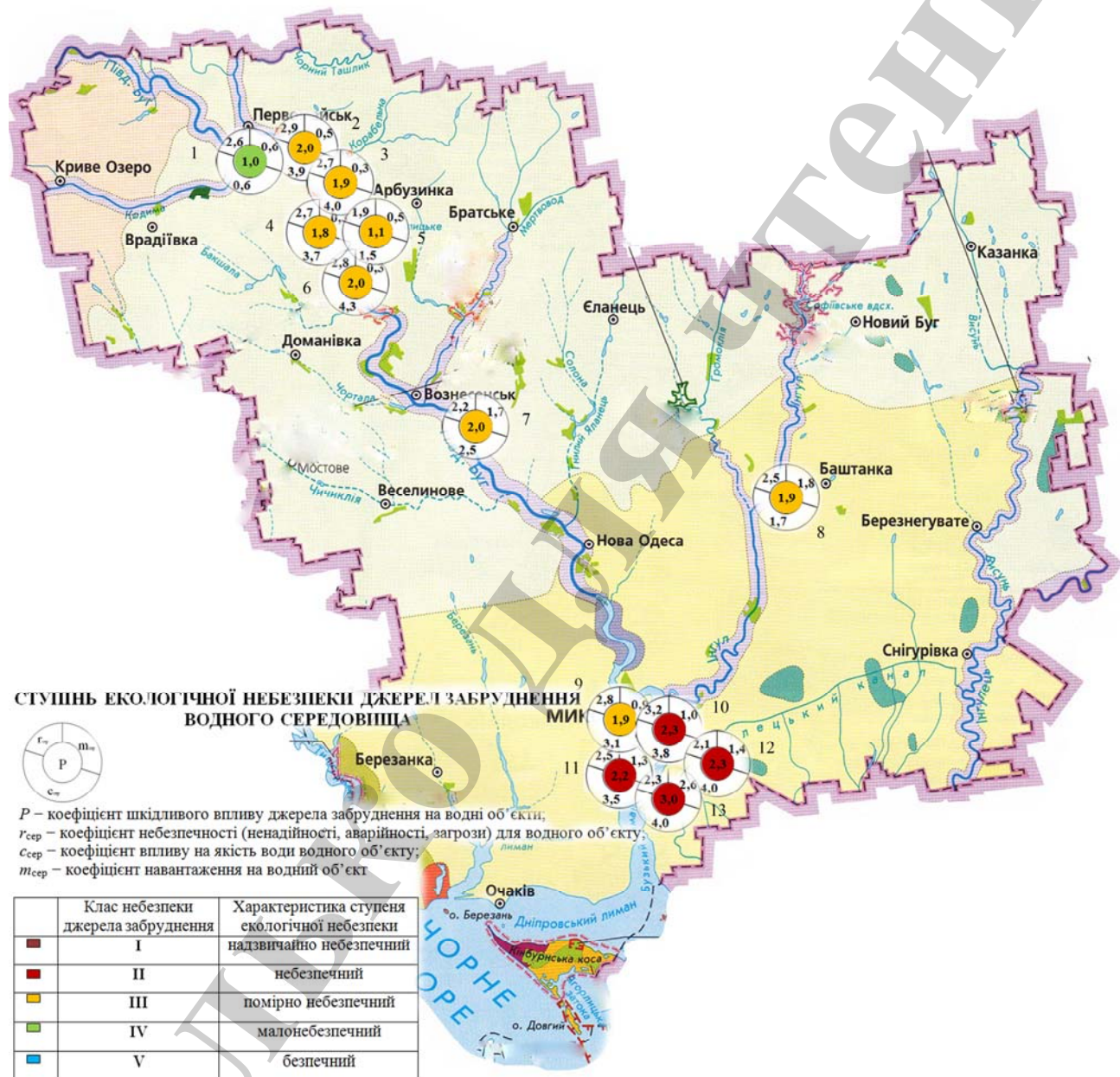


Рис. 5. Карта екологічної небезпеки джерел забруднення басейну Південного Бугу Миколаївської області

Такі карти можуть бути використаними як база для планів розвитку, що розробляються територіальними громадами та органами басейнового

управління водними ресурсами. На основі отриманих даних робиться вибір пріоритетних заходів із вдосконалення водокористування у регіонах.

За результатами дослідження встановлено, що за ступенем екологічної небезпеки на території Миколаївської області до найбільш небезпечних об'єктів належать 4 підприємства (рис. 6). Всі ці підприємства здійснюють скиди стічної води до вод Бузького лиману.

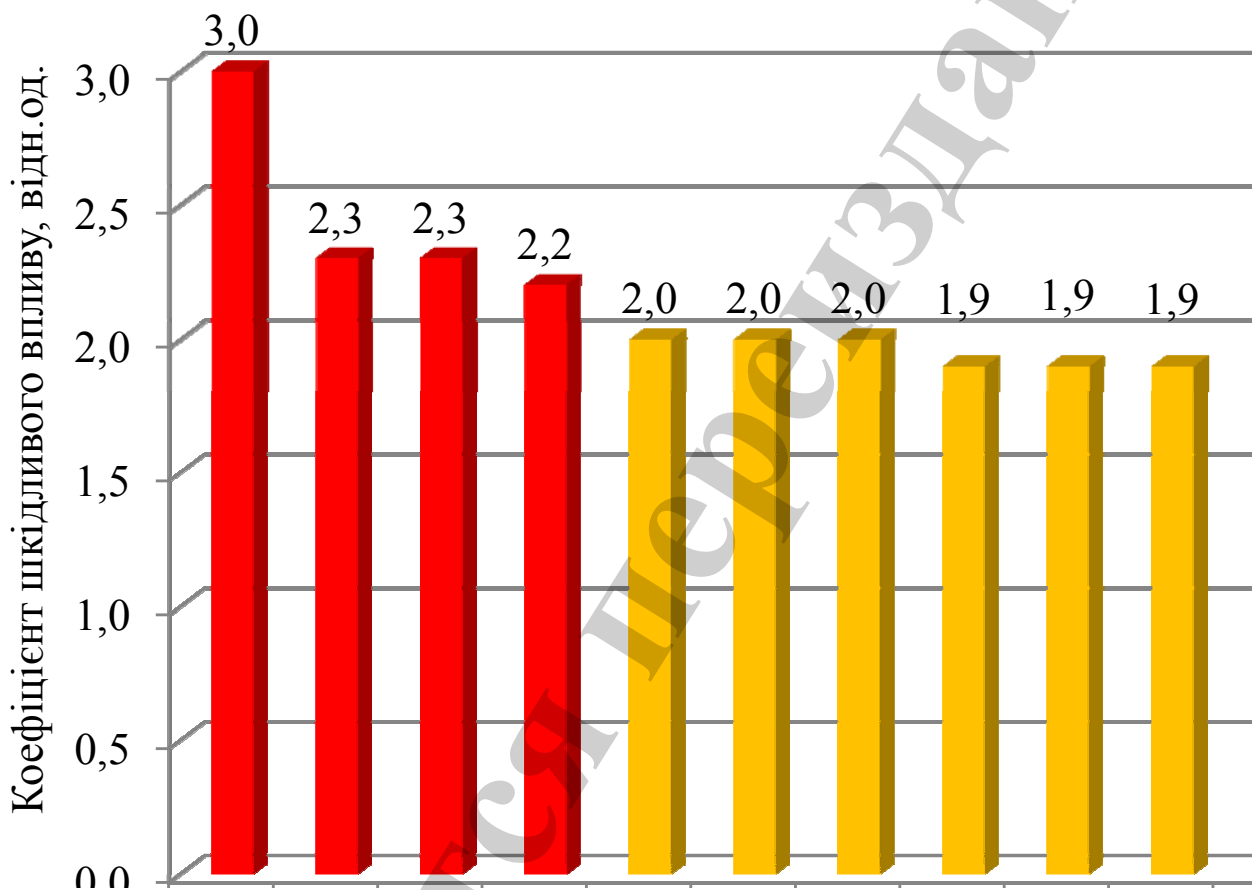


Рис. 6. Ранжування джерел забруднення водних об'єктів на території Миколаївської області за ступенем екологічної небезпеки

Із загального переліку джерел забруднення, що попередньо були відібрані для детального аналізу та вивчення їхнього впливу на водні об'єкти області до небезпечних належать:

1) Очисні споруди каналізації МКП «Миколаївводоканал» є головним джерелом забруднення гідросфери в області. Ці стоки складають 89 % від загального обсягу та містять значну кількість шкідливих речовин у концентраціях, що значно перевищують гранично допустимі. Стічні води підприємства завдають найбільшої шкоди гідроекосистемі Бузького лиману та суттєво погіршують санітарно-епідемічну ситуацію у регіоні.

Екологічна ефективність даного підприємства може бути суттєво підвищена за рахунок впровадження комплексу водоохоронних заходів. Негативний вплив об'єкту на водойму можливо знизити за рахунок встановлення апаратів глибокого біологічного доочищення, будівництва

локальних очисних споруд на підприємствах міста, збільшення потужності руслового розсіюючого випуску, реконструкції вторинних відстійників.

2) Очисні споруди водопроводу МКП «Миколаївводоканал», скиди стічних вод якого також негативно впливають на стан Бузького лиману. За загальною класифікацією стічні води даного підприємства характеризують як помірно шкідливі (III клас). Однак, занадто високий вміст важких металів у стоках даного підприємства створює високий рівень антропогенного навантаження та шкідливого впливу на води Бузького лиману (рис. 5).

3) ДП Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект», який має найгірші показники, що характеризують умови випуску стічних вод, загальний стан незадовільний та високий рівень небезпечності. Стічні води підприємства можна характеризувати як помірно шкідливі. Однак, рівень шкідливого впливу та навантаження на Бузький лиман через велику кількість забруднюючих речовин, які щорічно скидаються, оцінюється як високий.

4) ПАТ Миколаївський суднобудівний завод «Океан», випуск 9, має рівень небезпечності вище норми та незадовільні умови випуску. Хоча якість скидної води можна характеризувати як помірно шкідливі, високий вміст важких металів у скиді підвищує загальний рівень навантаження та шкідливого впливу на водний об'єкт.

До помірно небезпечних належать:

1) підприємства житлово-комунального господарства – ТОВ «Біологічні очисні споруди» м. Вознесенськ, КП «Міськводоканал» м. Баштанка, ЦВКГ і ТМ ВП «Южноукраїнська АЕС»;

2) виробничі підприємства – ПАТ Миколаївський суднобудівний завод «Океан», випуск 7;

3) підприємства електроенергетики – Первомайська ГЕС, ВП «Южноукраїнська АЕС», Мигіївська ГЕС, Константинівська ГЕС, ВАТ «Миколаївська теплоелектроцентраль», випуск 1.

До мало небезпечних належать КП «Первомайський міський водоканал» та ВАТ «Миколаївська теплоелектроцентраль», випуск 2.

6. Обговорення результатів оцінки екологічної безпеки джерел скиду стічних вод на території Миколаївської області

Розроблений критерій оцінки ступеня екологічної безпеки джерел забруднення водних об'єктів має комплексний характер. Різними дослідниками пропонуються критерії, що враховують або тільки показники шкідливості стічних вод, або показники навантаження на водойму. У даній роботі запропоновано оцінку проводити за всією сукупністю названих величин спільно з показниками екологічного ризику. До розробленого критерію у дослідженні вперше включено такі показники як характеристика технічного стану очисного обладнання, розміщення випуску, способу скиду стічних вод. Таким чином охоплюється практично весь спектр можливих негативних впливів джерел забруднення на стан водного середовища.

Розроблена логіко-математична модель дозволяє з високою точністю оцінити рівень небезпечного екологічного впливу об'єктів різних галузей господарства. Використання запропонованої моделі дозволяє з високою достовірністю проводити порівняльний аналіз негативних впливів окремих випусків великих підприємств на стан гідросфери. Іншим напрямком є проведення поблочної оцінки небезпечності, ступеня впливу на якість води водного об'єкту, ефективності моніторингу та величини антропогенного навантаження. Отримані за допомогою даної моделі результати суттєво підвищують ефективність процедури вибору пріоритетних напрямків водоохоронної діяльності даного підприємства які включаються до програми розвитку.

Спільне використання розробленої методики з традиційними методами оцінки якості води з більшою точністю та інформативністю дають змогу визначити екологічний стан територій. Комплексна оцінка у цьому випадку крім визначення біологічних, гідро-морфологічних та фізико-хімічних показників згідно Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС буде доповнена аналізом ступеня небезпеки потенційно небезпечних об'єктів. Ідентифікація найбільш значимих джерел забруднення з урахуванням ймовірності виникнення несприятливих наслідків господарської діяльності дозволить визначити не тільки місця, а й встановити причини виникнення зон підвищеного рівня забруднення водного об'єкту.

Отримані результати апробації добре корелюються із результатами моніторингу за станом басейну Південного Бугу органів державного контролю стану навколишнього середовища.

Причиною описаної ситуації є сучасний економічний стан регіону. В умовах зниження обсягів промислового виробництва найбільший ступінь екологічної небезпеки мають великі підприємства житлово-комунального господарства. Основними причинами негативного впливу є неефективне функціонування цих споруд. Недостатня потужність очисного обладнання спричиняє занадто високий вміст важких металів у стоках. Незадовільний стан глибоководних випусків стічних вод створює зони неприпустимо високих концентрацій таких речовин.

У той же час, підприємства машинобудівної галузі, що продовжують функціонувати, характеризуються значним обсягом неочищених скидів стічних вод з малою кратністю розбавлення, а у деяких випадках не правильною організацію місць розміщення випусків. Тому дуже часто проведення контролю фактичної кількості та якості стічної води, що надходять до водного об'єкту є неможливим. Слід враховувати, що скиди навіть зливових вод таких підприємств містять небезпечні та токсичні речовини. Отже, названі об'єкти можна віднести до другого класу та охарактеризувати як «небезпечні». Такі джерела забруднення створюють високий рівень загрози для життя та здоров'я населення, гідробіонтів. Скиди стічних вод таких джерел значно змінюють гідрологічні або гідрохімічні характеристики приймачів стічних вод. Це призводить до значного забруднення водного об'єкту та неможливості його використання як джерела господарчо-питного водопостачання. Також значно

знижується придатність водного об'єкту для інших видів водокористування населення. Такі зміни призводять до зниження показників якості води водоприймача до рівня «поганий», згідно «Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу» (2000/60 EC).

Підприємства атомної енергетики та гідроелектростанції можна охарактеризувати як «помірно небезпечні» (III клас). Негативний екологічний вплив таких підприємств зумовлений високими об'ємами скидів і, відповідно, загальної кількості забруднювачів у водні об'єкти. У той же час концентрація забруднюючих речовин у скиді відповідає низькому рівню шкідливості, що знижує загальний рівень небезпечності. Скиди стічних вод таких джерел змінюють гідрологічні або гідрохімічні характеристики водного об'єкту – приймача стічних вод до рівня «задовільний». Такі зміни знижують придатність водного об'єкту для всіх видів водокористування населення. Тобто його екологічний потенціал відповідає рівню «задовільний» [10].

Такий самий результат отримано у даному дослідженні при оцінці впливу комунальних підприємств міст з населенням від 20 до 100 тисяч чоловік. Однак причини такої ситуації є протилежними: високі концентрації забруднюючих речовин за незначної кількості стоків.

Слід зазначити, що проведення реконструкції очисних споруд комунальних підприємств, впровадження вискоелективних способів очищення дає змогу знизити рівень небезпеки до «мало небезпечні». У якості прикладу можна вказати джерело К 01, де протягом останніх років встановлювалися сучасні засоби водоочищення (рис. 5). Скиди стічних вод таких джерел у незначній мірі змінюють гідрологічні, гідрохімічні характеристики водного об'єкту, що відповідає «доброму» статусу якості води за [10]. Такі зміни не знижують придатність водного об'єкту для всіх видів водокористування населення. Проте, за таких умов, може погіршуватись природна привабливість водного об'єкту в якості місця відпочинку внаслідок стійкого збереження неприємного запаху, отруйної або подразнюючої дії, що може перешкоджати використанню пляжів. Отже, такі водойми належать до об'єктів з «добрим» потенціалом.

Таким чином, розроблену методику оцінки ступеня екологічної небезпеки точкових джерел забруднення водних об'єктів можна вважати адекватною. Результати дослідження показали достатньо високий рівень чутливості розробленої методики до зміни технологічних показників очисних споруд та випусків стічних вод. Тому оцінка ступеня екологічної небезпеки за загальним коефіцієнтом шкідливого впливу джерела забруднення на водні об'єкти може бути застосована для широкого кола басейнів річок. Такі території можуть відрізнятися характером течії, середньорічним обсягом водозбору, інтенсивністю водоспоживання, регіональною структурою економіки, густотою населення тощо. Наприклад, для країн ЄС характерним є значно більша кількість промислових підприємств – забруднювачів поверхневих вод. З іншого боку й ефективність роботи очисних споруд таких об'єктів у порівнянні з Україною є більш високою. Тому результати оцінки для таких територій можуть відрізнятися від отриманих у даному дослідженні. Однак структура

запропонованих показників екологічної небезпеки є універсальною, оскільки базується на нормативних вимогах, прийнятих у розвинених країнах.

Можливими напрямками вдосконалення даної методики є врахування кількісних показників надійності роботи систем і засобів водоочищення та адаптація до джерел забруднення морського середовища.

7. Висновки

1. Розроблено новий методологічний підхід до оцінки ступеня екологічної безпеки водних об'єктів на основі співставлення рівнів небезпечності, впливу на якість води водного об'єкту, ефективності моніторингу та антропогенного навантаження окремих точкових джерел. Запропоновано проводити оцінку ступеня екологічної небезпеки джерел забруднення водних об'єктів за значенням коефіцієнту шкідливого впливу джерела забруднення на водні об'єкти за п'ятирівневою шкалою від «безпечного» до «надзвичайно небезпечного». Розроблена шкала відповідає екологічній класифікації Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС.

2. Розроблено логіко-математичну модель оцінки впливу джерел забруднення, що базується на визначенні коефіцієнтів умов скиду стічних вод забрудненості стічних вод та навантаження на водний об'єкт.

3. Проведено апробацію розробленої моделі на прикладі ділянки басейну річки Південний Буг. Встановлено, що найбільшу екологічну небезпеку становлять великі підприємства житлово-комунального господарства та виробничі об'єкти машинобудівної галузі. Скиди стічних вод таких об'єктів призводять до зниження показників якості води водойми-приймача до рівня «поганий» і характеризуються як «небезпечні». Результати аналізу можуть бути використані при розробці стратегії управління водними ресурсами та заходів щодо зниження рівня впливу джерел забруднення на водні об'єкти.

Література

1. Magas N., Gomelya M. Assessment of the current state of water quality in the tributaries of the Southern Bug river // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. 2018. Vol. 6, Issue 2A. P. 122–129.

2. Магась Н. І., Трохименко Г. Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг // Екологічна безпека. 2013. Вип. 2. С. 48–52.

3. Клименко М. О., Гроховська Ю. Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. Рівне, 2005. 194 с.

4. Удод В. М., Трофімович В. В., Яців М. Ю. Екологічні критерії оцінки якості води гідроекосистем на прикладі водозбірного басейну р. Прут // Екологічна безпека та природокористування. 2010. Вип. 1. С. 84–93.

5. Клименко Н. А., Лихо Е. А. Экологическое состояние рек Полесья Украины // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан. 2003. С. 153–154.

6. Ліхо О. А., Бондарчук І. А. Удосконалення методики оцінки екологічного стану басейнів малих річок // Збірник матеріалів II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінниця, 2010. URL: http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb_m/0035_zb_m_2VZE.pdf
7. 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, Issue 10 (89). P. 67–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>
8. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2, Issue 10 (92). P. 4–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127829>
9. 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, Issue 10 (81). P. 48–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72415>
10. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities. L. 327. 2000. 72 p.
11. Water Resource Management in Germany. Part 1. Fundamentals. Berlin, 2014. 150 p. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/wawi_teil_01_englisch_barrierefrei.pdf
12. Water Resource Management in Germany. Part 2. Water Quality. Berlin, 2014. 114 p. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/wawi_teil_02_englisch_barrierefrei.pdf
13. Arle J., Mohaupt V., Kirst I. Monitoring of Surface Waters in Germany under the Water Framework Directive – A Review of Approaches, Methods and Results // Water. 2016. Vol. 8, Issue 6. P. 217. doi: <https://doi.org/10.3390/w8060217>
14. Monitoring and Assessment of Youshui River Water Quality in Youyang / Wang X., Wen J., Chen P., Liu N. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 113. P. 012069. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/113/1/012069>
15. Water quality assessment based on the water quality index method in Lake Poyang: The largest freshwater lake in China / Wu Z., Zhang D., Cai Y., Wang X., Zhang L., Chen Y. // Scientific Reports. 2017. Vol. 7, Issue 1. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18285-y>
16. Szczerbińska N., Gałczyńska M. Biological methods used to assess surface water quality // Archives of Polish Fisheries. 2015. Vol. 23, Issue 4. P. 185–196. doi: <https://doi.org/10.1515/aopf-2015-0021>
17. Integrated assessment of chemical quality and genotoxicity of the water of the Luiz Rau Stream in the lower stretch of the Sinos River Basin, in South Brazil / Petry C. T., Costa G. M. da, Benvenuti T., Rodrigues M. A. S., Droste A. // Ambiente

e Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science. 2016. Vol. 11, Issue 4. P. 878–890. doi: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1779>

18. Florencio Ballesteros M. A. P. A New Approach to Evaluate the Ecological Status of a River by Visual Assessment // Journal of Waste Water Treatment & Analysis. 2015. Vol. 06, Issue 01. doi: <https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000185>

19. A new risk assessment approach for the prioritization of 500 classical and emerging organic microcontaminants as potential river basin specific pollutants under the European Water Framework Directive / Von der Ohe P. C., Dulio V., Slobodnik J., De Deckere E., Kühne R., Ebert R.-U. et. al. // Science of The Total Environment. 2011. Vol. 409, Issue 11. P. 2064–2077. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.01.054>

20. Identification of river basin specific pollutants and derivation of environmental quality standards: A case study in the Slovak Republic / Slobodnik J., Mrafkova L., Carere M., Ferrara F., Pennelli B., Schüürmann G., von der Ohe P. C. // TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2012. Vol. 41. P. 133–145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2012.08.008>

21. A Model-Based Prioritisation Exercise for the European Water Framework Directive / Daginnus K., Gottardo S., Payá-Pérez A., Whitehouse P., Wilkinson H., Zaldívar J.-M. // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2011. Vol. 8, Issue 2. P. 435–455. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph8020435>

22. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка-Центр, 2001. 264 с.

23. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. КНД 211.1.4.010-94. Київ, 1994. 37 с.

24. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Харків, 2012. 37 с.

25. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України. вид. 2-ге, перероб. і доп. Київ: Полімед, 2007. 71 с.