

НОВІ НАПРЯМИ, ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 574.64:504.064

О. М. КРАЙНЮКОВ, д-р геогр. наук, доц.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків

майдан Свободи, 6, 61022, Харків, Україна

e-mail: alkraynukov@gmail.com

В. Д. ТИМЧЕНКО

НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

вул. Бакуліна, 6, м. Харків, 61166, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА ЯКОСТІ ВОДИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Наведено аналіз основних методик, які застосовуються в системі моніторингу вод для комплексної оцінки екологічного стану та якості води водних об'єктів. Найбільш розповсюдженими методиками, які застосовуються для зазначених цілей, є методики розрахунку коефіцієнта забрудненості води та екологічного індексу якості води. Удосконалення комплексної оцінки екологічного стану та якості поверхневих вод здійснено шляхом доповнення існуючих методик способом визначення ступеню ураженості водної екосистеми, залежно від рівнів токсичності води.

Ключові слова: водний об'єкт, екологічний стан, комплексна оцінка, якість води, індекс забрудненості води, коефіцієнт забрудненості, екологічний індекс, ураженість водної екосистеми

Krainiukov O. M.

V. N. Karazin Kharkiv National University

Timchenko V. D.

Research Institution «Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems»

ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF WATER QUALITY AND WATER BODIES

The paper provides the analysis of major methods, applied in the system of water monitoring for comprehensive assessment of the water environmental condition and quality in water bodies. The most widely spread methods used for these purposes are those of estimating water pollution factor and water quality environmental index. Comprehensive assessment of the environmental condition and quality of surface water are improved by extending the existing methods via identifying the extent of the impact on ecosystem water, depending on water toxicity levels.

Key words: water bodies, environmental condition, comprehensive assessment, water quality, water pollution index, pollution factor, environmental index, impact on ecosystem water

Крайнюков А. Н.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Тимченко В. Д.

Научно-исследовательское учреждение «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Приведен анализ основных методов, которые применяются в системе мониторинга вод для комплексной оценки экологического состояния и качества воды водных объектов. Наиболее распространенными методиками, которые применяются для указанных целей, есть методики расчета коэффициента загрязненности воды и экологического индекса качества воды. Совершенствование комплексной оценки экологического состояния и качества поверхностных вод осуществлено путем дополнения существующих методик способом определения степени пораженности водной экосистемы, в зависимости от уровней токсичности воды.

Ключевые слова: водный объект, экологическое состояние, комплексная оценка, качество воды, индекс загрязненности воды, коэффициент загрязненности, экологический индекс, пораженность водной экосистемы

Вступ

Сучасний рівень антропогенного забруднення поверхневих вод обумовлює необхідність отримання даних щодо екологічного стану та якості води водних об'єктів.

Аналіз методик для оцінки екологічного стану природних вод і якості води показав, що зазначеній проблемі присвячено численні наукові праці.

Зокрема, у роботі [1] відзначається, що при багатоцільовому використанні природних вод важливою проблемою є вибір критеріїв благополуччя водних екосистем, які повинні враховувати вимоги до якості води відповідних видів водокористування.

Основні критерії, які використовуються для оцінки стану поверхневих вод

визначено у роботі [2]. Ці критерії зазвичай враховують стійкість, стабільність водної екосистеми, а також цілу низку інших ознак: цілісність, складність, різноманітність, надійність та інш., за допомогою яких можна оцінити стан водної екосистеми через її здатність протистояти антропогенним впливам.

У зв'язку з цим, важливого значення набуває використання комплексного підходу до оцінки екологічного стану поверхневих вод, який повинен враховувати зміни абіотичної та біотичної складових водної екосистеми під впливом антропогенних чинників.

Результати дослідження

Умовний коефіцієнт комплексності, який дорівнює відношенню кількості показників з порушенням норм ГДК до загального числа вимірюваних показників якості води запропоновано у роботі [3]. Більш узагальнений характер має «комбінаторний індекс забруднення», що ґрунтується на довільно призначених показниках якості води, які можуть змінюватись залежно від специфіки джерела забруднення водного об'єкта [4].

Одним із методів, який широко застосовується при проведенні моніторингу вод є оцінка якості води за гідрохімічними показниками [5]. Алгоритм здійснення методу включає такі основні етапи: визначення характеру забруднення за величиною умовного коефіцієнту комплексності; встановлення рівня та класу якості води за величиною комбінаторного індексу забруднення; виділення пріоритетних забруднюючих речовин за кількістю та складом лімітуючих показників забруднення; проведення диференційованої оцінки лімітуючих забруднюючих речовин. На основі величини комбінаторного індексу забрудненості здійснюється класифікація якості води. Величина зазначеного індексу залежить від числа врахованих інгредієнтів, тому встановлення градації якості води відносно її придатності для використання з тією чи іншою метою здійснюється залежно від їх числа.

Використовуючи вказані градації за величиною комбінаторного індексу забруднення та кількістю врахованих інгредієнтів, воду відносять до того чи іншого класу якості. Виділяють 5 класів якості води: I клас –

умовно чиста; II клас – слабо забруднена; III клас – забруднена; IV клас – брудна; V клас – дуже брудна.

До суттєвого недоліку цієї методики, яка є складною, матеріально- і трудозатратною, можна віднести те, що за її допомогою не вирішується головне завдання, а саме врахування результатів сумісної дії і взаємодії всіх присутніх у забрудненій воді хімічних речовин, оскільки якість води визначається через показник, який розраховується простим складанням узагальнених оціночних балів усіх визначених забруднюючих речовин лише за фізико-хімічними показниками, перелік яких включає: розчинений у воді кисень, БСК₅, ХСК, феноли, нафтопродукти, нітрит-іони, нітрат-іони, амоній іон, залізо загальне, мідь, цинк, нікель, марганець, хлориди, сульфати. Отже, зазначений комбінаторний індекс забруднення ніяким чином не характеризує якість води з урахуванням синергійного, антагоністичного та адитивного проявів хімічних реакцій.

До найбільш розповсюджених методик для оцінки якості поверхневих вод можна віднести методику визначення гідрохімічного індексу забрудненості води [6]. Гідрохімічний індекс забрудненості води (ІЗВ): є комплексним показником якості води. Сутність цієї методики полягає у розрахунку ІЗВ за гідрохімічними показниками та віднесення її до відповідного класу якості за наступною класифікацією: I клас – дуже чиста (ІЗВ < 0,3); II клас – чиста (0,3 < ІЗВ < 1); III клас – помірно забруднена (1 <

IЗВ < 2,5); IV клас – забруднена ($2,5 < \text{IЗВ} < 4$); V клас – брудна ($4 < \text{IЗВ} < 6$); VI клас – дуже брудна ($6 < \text{IЗВ} < 10$); VII клас – надзвичайно брудна ($\text{IЗВ} > 10$).

До першого класу відносяться води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Величини їх гідрохімічних показників близькі до природних значень для даного регіону. Для вод другого класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги. До третього класу відносяться води, які знаходяться під значним антропогенним впливом. Води IV–VII класів – це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як такий, що знаходиться на стадії екологічного регресу. Суттєвим недоліком цієї методики є те, що розрахунок IЗВ проводиться за обмеженим числом хімічних показників якості води. Обирають 6 – 7 показників, наприклад, азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, фенол, розчинений у воді кисень, біохімічне споживання кисню. Визначається середнє арифметичне значення результатів хімічних вимірювань по кожному з таких показників. Знайдене значення кожного із показників порівнюється з їх гранично допустимими концентраціями.

Інший аспект розробки комплексних показників якості води є узагальнення інформації щодо відповідності фактичного рівня якості води діючим нормам. Такі показники повинні мати конкретну числову оцінку, яка визначає межу між станами «норма дотримується» і «норма не дотримується».

Вперше алгоритм встановлення такого комплексного показника, названого коефіцієнтом забрудненості (K_3), було наведено в роботах [7, 8]. K_3 дорівнює нулю тоді, коли серед усіх результатів вимірювань якості води немає жодного, що порушує норми ГДК. Якщо хоча б один результат за будь-яким показником в будь-якому створі водного об'єкта не задовольняє діючим нормам, величина K_3 стає більше нуля.

Значення K_3 тим вище, чим вище рівень перевищення норм ГДК, чим частіше вони порушуються, чим більше показників, за якими є порушення, і чим у більшій кількості створів водного об'єкта це спостерігається.

Комплексність оцінки рівня забрудненості за допомогою K_3 досягається за рахунок отримання результатів за трьома «вимірами якості води»: за часом, за показниками та за простором. Оскільки обчислення результатів завжди пов'язане з підсумовуванням, відмінною ознакою загальних формул для розрахунку K_3 є наявність трьох сум, що і послужило підставою для іншої назви K_3 – «критерій трьох сум». При цьому, відповідно до числа підсумовування можуть розраховуватись так звані «приватні» K_3 : K_3 за одним показником рівня забрудненості, за кількома та багатьма показниками. Можливі також інші модифікації K_3 , але всі вони є лише різновидами загального підходу, заснованого на зв'язку якості води з нормами ГДК та принципі підсумовування у трьох вимірах. Алгоритм встановлення комплексного показника K_3 було удосконалено і подано в роботі [9], в якій викладено такі загальні положення:

- коефіцієнт забрудненості (K_3) є узагальненим показником, що характеризує рівень забрудненості сукупно по низці показників якості води;
- величина K_3 характеризує кратність перевищення нормативів у долях ГДК. Наприклад, $K_3 = 1,2$ означає, що нормовані показники якості води даного водного об'єкта (регіону, ділянки) у середньому в 1,2 разу (або на 20%) перевищують ГДК. Іншими словами, якість води у цьому випадку у 1,2 разу гірше нормативного;
- будь-які значення K_3 , що перевищують одиницю, свідчать про порушення діючих норм. Тотожність K_3 одиниці означає, що для даного водного об'єкта всі нормовані показники якості води в усіх пунктах (створах) спостережень при всіх вимірюваннях протягом досліджуваного періоду відповідають діючим нормам якості води. Значень менше одиниці коефіцієнт забрудненості приймати не може;
- у випадках коли водний об'єкт призначено для кількох видів водокористування, при розрахунку K_3 слід враховувати ті нормативи, які висувають найбільш високі вимоги до якості води. Звичайно такими є нормативи якості води для водних об'єктів рибогосподарського призначення.

На основі підрахунку значення K_3 можна характеризувати рівень забруднено-

сті водного об'єкта або його окремої ділянки за відповідною класифікацією (табл. 1). Для екологічної оцінки якості поверхневих вод та їх класифікації розроблено методи-

ку, яку наведено у [10]. Для цього пропонується використовувати три групи показників, а саме:

Таблиця 1

Рівні забрудненості води за значеннями K_3 [9]

Значення K_3	1	1,01...2,50	2,51...5,00	5,01...10,00	Більше 10
Рівень забрудненості води	Незабруднені (чисті)	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні

- показники сольового складу (сума іонів, хлориди, сульфати);
- трофо-сапробіологічні (еколого-санітарні) показники, до яких належать гідрофізичні (завислі речовини, прозорість), гідрохімічні (рН, азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор фосфатів, розчинений кисень, БСК та інші), гідробіологічні (біомаса фітопланктону, індекс самоочищення-самозабруднення), бактеріологічні (чисельність бактеріопланктону, чисельність сапрофітних бактерій) та біоіндикаційні показники (сапробність за Пантле-Букком, за Гуднайтом-Уітлеєм, трофність);

- показники вмісту специфічних речовин токсичної (нафтопродукти, феноли, СПАР, кадмій, мідь, цинк, нікель, миш'як, хром загальний, свинець, ртуть та інш.) та радіаційної дії (сумарна бета-активність, ^{90}Sr і ^{137}Cs).

Конкретні гідрофізичні, гідрохімічні, гідробіологічні та специфічні кількісні показники є елементарними ознаками якості вод. Комплексні кількісні ознаки, що побудовані на інтегруванні елементарних ознак якості вод, є узагальнюючими ознаками. На основі елементарних і узагальнюючих ознак розраховують екологічний індекс (I_E). На основі відповідних значень I_E розроблено класифікацію якості води (табл. 2).

Таблиця 2

Класифікація якості води за екологічним індексом [10]

Екологічний індекс	Клас якості води	Категорія якості води	Категорія якості води
1 — 1,7	1	1	дуже чисті
1,8 — 2,7	2	2	чисті
2,8 — 3,7		3	досить чисті
3,8 — 4,7	3	4	слабко забруднені
4,8 — 5,7		5	помірно забруднені
5,8 — 6,7	4	6	брудні
6,8 — >7	5	7	дуже брудні

Визначені за цими ознаками класи і категорії якості вод відображають природний стан, а також ступінь антропогенного забруднення поверхневих вод.

Екологічна оцінка якості води може бути орієнтовною і ґрунтовною. Орієнтовна екологічна оцінка є рекогносцирувальною для вироблення попередніх, орієнтовних висновків і рішень. Орієнтовна екологічна оцінка може виконуватись на основі разових вимірів окремих показників якості води, котрі найточніше характеризують екологічний стан водного об'єкта (чи його ділянки) і відповідну цьому стану якість

води (наприклад, мінералізація, вміст розчиненого кисню, БСК₅, концентрація біогенних елементів, пріоритетних важких металів та органічних забруднюючих речовин тощо).

Ґрунтова узагальнююча оцінка необхідна для переконливих, відповідальних висновків і рішень. Використання результатів разових вимірів обмеженого переліку показників для ґрунтової оцінки якості води не допускається.

Аналіз Європейського законодавства у галузі водної політики показав, що згідно з Водною Рамковою Директивою

2000/ЕС/60 [11] для класифікації якості поверхневих вод, запропоновано наступні категорії: відмінний, добрий і задовільний стан. Води, які не відповідають задовільному стану мають класифікуватися як води з поганим або дуже поганим станом. При цьому серед показників, за якими визначається стан поверхневих вод, важливе значення надається біологічним показникам.

У зв'язку із зобов'язаннями України, відповідно до міжурядових угод щодо спільного використання і охорони транскордонних вод особливо важливим є комплексний, системний підхід до оцінки екологічного стану транскордонних водних об'єктів. Рекомендації щодо оцінки якості води транскордонних водних об'єктів запропоновано «Правилами ведення моніторингу та оцінки якості води транскордонних річок», які розроблені Робочою групою ООН/СЕК [12]. Зокрема, у зазначеному документі відзначається, що для загальної екологічної оцінки якості води конче важливим є врахування абіотичних і біотичних чинників функціонування екосистеми водного об'єкта. Така оцінка повинна включати визначення біологічного статусу водного середовища, екологічну оцінку якості води та донних відкладів, оцінку взаємодії угру-

повань водних організмів з абіотичними факторами. При цьому особлива увага приділяється визначенню токсичних властивостей води. Це обумовлено тим, що у складних розчинах хімічний аналіз специфічних показників токсичної дії дає інформацію тільки про «вершину айсбергу» тому, що велика кількість токсичних хімічних речовин залишається невиявленою. Для таких складних розчинів необхідна оцінка сумісної дії розчину на біоту водної екосистеми. У зв'язку з цим, тест на токсичність повинен бути обов'язковим як доповнення до хімічного аналізу.

Такий підхід забезпечує більш економічну та ефективну стратегію обмеження антропогенного забруднення поверхневих вод у порівнянні з підходом, що характеризується вимірюванням вмісту забруднюючих речовин, кількість яких постійно збільшується.

Враховуючи рекомендації, які викладено в [11,12] та з метою удосконалення комплексної оцінки екологічного стану і якості поверхневих вод було розроблено алгоритм і спосіб визначення ступеню ураженості водної екосистеми залежно від рівнів хронічної токсичності води, який виражається коефіцієнтом ураженості [13] (табл. 3).

Таблиця 3

Класифікація якості поверхневих вод за ступенем ураженості водної екосистеми [13]

Клас якості	Ступінь забрудненості	Рівень хронічної токсичності (OT _x)	Ступінь ураженості водної екосистеми (K _v)
I	чиста	1,0	1,1
II	слабко забруднена	1,1-2,0	1,2
III	помірно забруднена	2,1-4,0	1,3
IV	брудна	4,1-8,0	1,4
V	дуже брудна	> 8,0	1,5

Удосконалену методику апробовано при здійсненні комплексної оцінки екологічного стану та якості води водних об'єктів

в басейнах Дніпра, Дністра, Дунаю, Західного Бугу, Південного Бугу та Сіверського Дінця.

Висновки

Одним із важливих складових моніторингу вод є комплексна оцінка екологічного стану поверхневих водних об'єктів, що підлягають антропогенному забрудненню.

Найбільш розповсюдженими методами, які застосовуються для зазначених цілей, є методика розрахунку коефіцієнта забрудненості води та екологічного індексу

якості води, недостатня ефективність яких пов'язана з використанням обмеженого переліку(в основному гідрохімічних) показників, що не дозволяє отримати ґрунтовну комплексну оцінку стану абіотичної та біотичної складових водної екосистеми.

За допомогою розробленого способу визначення ступеня ураженості водної еко-

системи залежно від рівнів токсичності води та його кількісного вираження – коефіцієнта ураженості удосконалено алгоритм та процедуру комплексної оцінки екологічного стану водних об'єктів за рахунок вклю-

чення до переліку показників токсикологічного показника, який характеризує рівень впливу антропогенного забруднення на життєдіяльність водних організмів.

Література

1. Лозанский В. Р. Проблема комплексных оценок качества поверхностных вод и пути ее решения/ В. Р. Лозанский// Комплексные оценки качества поверхностных вод. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – С. 6-14.
2. Верниченко А. А. Анализ экологических оценок качества поверхностных вод с водоохраных позиций/ А. А. Верниченко// Тезисы сообщений Всесоюз. конференции «Оценка и классификация качества поверхностных вод для водопользования». - Харьков, 1979. – С. 11-17.
3. Емельянова В. П. Опыт предварительной оценки степени загрязнения водных объектов по величине условного коэффициента комплексности/ В. П. Емельянова, Г. Н. Данилова// Тезисы сообщений Всесоюз. конференции «Оценка и классификация качества поверхностных вод для водопользования». - Харьков, 1979.
4. Емельянова В. П. К вопросу создания системы комплексной оценки загрязнения воды водотоков/ В. П. Емельянова, Г. Н. Данилова, А. А. Зенин// Тезисы сообщений Всесоюз. конференции «Оценка и классификация качества поверхностных вод для водопользования. – Харьков, 1979. - С. 126-128.
5. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям/ Под ред. члена-корреспондента РАН А.М Никанорова// Организация и функционирование мониторинга качества воды р. Северский Донец на территории России и Украины. Сборник нормативно-методических документов. – Ростов-на-Дону, 2004. – С. 277-306.
6. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод/ С. І. Сніжко. - К., 2001. - 264 с.
7. Белогуров В. П. Методика обобщенной оценки качества воды/ В. П. Белогуров, С. А. Песина// Материалы Всесоюз. конференции «Вопросы методологии гидрохимических исследований в условиях антропогенного влияния». - Новочеркасск, 1978. - С. 100.
8. Обобщенный показатель для оценки загрязненности водных объектов/ [Лозанский В. Р., Белогуров В. П., Песина С. А., Беличенко Ю. П.]// Тезисы сообщений Всесоюз. конференции «Оценка и классификация качества поверхностных вод для водопользования». - Харьков, 1979. – С. 24-26.
9. Методика розрахунку коефіцієнта забрудненості природних вод:КНД 211.1.1.106-2003 Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі мінеко-ресурсів)/ Затв. наказом Міністра екології та природних ресурсів України №89-М від 4 червня 2003 р. – Київ, 2003. – С. 25-30.
10. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями/[В.Д. Романенко, В. М. Жукинський, О.П. Оксіюк, А. В. Яцик та інші]. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
11. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of establishing a framework for Community action in the field of water policy/ OJ L 327, 22.12.01. – 2001.
12. Правила ведення моніторингу та оцінки якості води транскордонних річок/ Схвалено комітетом СЕК. – Гельсинки, 1996. – 49 с.
13. Патент України на корисну модель від 11.11.2013, № 85333 Спосіб визначення ступеня ураженості водної екосистеми/ Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 11.11.13.

Надійшла до редколегії 09.03.2016