**МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОЧИЩЕНИХ СТІЧНИХ ВОД**

**Загальні уявлення щодо оцінки якості вод методом комплекс-них індексів**

*Комплексна оцінка якості вод* використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів, може бути вона використа-на так само для зіставлення стану водного середовища різних водних об'є-ктів.

***Комплексні індекси***, на основі яких здійснюється оцінка, розрахо-вуються за всіма показниками якості вод або за їхніми частинами. Вони характеризують *стан води в цілому*, при цьому інформація по окремих по-казниках губиться.

Послідовність виконання оцінки складається із двох етапів: на пер-шому етапі здійснюється розрахунок значення показника, а на другому – за розрахованим значенням індексу й за шкалою якості дається словесна ха-рактеристика води. Оцінка має декілька балів.

Розглянемо деякі з методик.

**Індекс забруднення вод (*ІЗВ*)**

*ІЗВ* розраховується за шістьма показниками [2] (NH4+, NO2–, НП, фено-ли, О2, БСК5) згідно з формулою

*ІЗВ* = (1/6) Σ (*Сі* / *ГДКі*), (3.1)

де *Сі* – середнє арифметичне значення показника якості води;

*ГДКі* – гранично допустима концентрація.

У формулі (3.1) для O2, ГДК ділиться на середнє значення його концентрації.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінки якості вод за *ІЗВ* [1]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Клас якості води | Характеристика класу | Значення ІЗВ |
| Для поверхневих вод суші | | |
| І | Дуже чиста | ≤ 0,30 |
| ІІ | Чиста | 0,31 – 1,00 |
| ІІІ | Помірно забруднена | 1,01 – 2,50 |
| IV | Забруднена | 2,51 – 4,00 |
| V | Брудна | 4,01 – 6,00 |
| VI | Дуже брудна | 6,01 – 10,0 |
| VII | Надзвичайно брудна | > 10,0 |

Продовження табл. 3.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Для морських вод | | |
| I | Дуже чиста | ≤ 0,25 |
| II | Чиста | 0,26 – 0,75 |
| III | Помірно забруднена | 0,76 – 1,25 |
| IV | Забруднена | 1,26 – 1,75 |
| V | Брудна | 1,76 – 3,00 |
| VI | Дуже брудна | 3,01 – 5,00 |
| VII | Надзвичайно брудна | > 5,00 |

Модифікований *ІЗВ* [3] розраховується теж за шістьма показниками: БСК5 і O2 є обов'язковими, а інші чотири показника беруть за найбільшими відношеннями до ГДК зі списку: SO42–, Cl–, ХСК, NH4+, NO2–, NO3–, РО43–, Fe загальне, Мn2+, Cu2+, Zn2+, Cr6+, Ni2+, Al3+, Pb2+, Hg2+, As3+, НП, СПАР.

Критерії оцінки якості вод за *ІЗВ* наведені в табл. 3.1.

**3.3 Комплексний індекс забруднення (*КІЗ*)**

Умовний коефіцієнт комплексності [8] розраховується за формулою

*К*% = (*m*′ / *m*) \* 100%, (3.2)

де *m*′ – кількість речовин, вміст яких перевищує ГДК;

*m* – загальне число нормативних інгредієнтів, обумовлених про-грамою досліджень.

При *К* < 10% проводиться обстеження по конкретних забруднюваль-них речовинах. Визначаються максимальні концентрації і забезпеченість перевищень ГДК (1, 10, 100 ГДК).

При оцінці якості води за (*КІЗ*) проводиться триступенева класифіка-ція [3].

Перший ступінь класифікації заснований на встановленні міри стій-кості забруднення (повторюваності *Р* випадків перевищення ГДК)

*Рі* = *NГДКі* / *Nі* , (3.3)

де *NГДКі* – число результатів аналізу, в яких вміст і-го інгредієнта пе-ревищує його гранично допустиму концентрацію;

*Nі* – загальне число результатів аналізу і-го інгредієнта.

Другий ступінь класифікації ґрунтується на встановленні рівня забру-днення, мірою якого є кратність *К* перевищення ГДК

*Кі* = *Сі* / *ГДКі*. (3.4)

Оціночні бали визначаються за табл. 3.2 і 3.3.

Таблиця 3.2 – Класифікація водних об'єктів за повторюваністю забруднення

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Повторюваність, % | | Характеристика за-бруднення води | | Часткові оціночні бали | |
| виражені умовно | | | абсолютні  значення | | |
| 0 – 10 | одиничне | | *a* | | 1 |
| 10 – 30 | нестійке | | *b* | | 2 |
| 30 – 50 | стійке | | *c* | | 3 |
| 50 – 100 | характерне | | *d* | | 4 |

Таблиця 3.3 – Класифікація водних об'єктів за рівнем забруднення

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кратність переви-щення нормативів | | Характеристика  рівня забруднення | | Часткові оціночні бали | |
| виражені умовно | | | абсолютні  значення | | |
| 0 – 2 | низький | | *a1* | | 1 |
| 2 – 10 | середній | | *b1* | | 2 |
| 10 – 50 | високий | | *c1* | | 3 |
| 50 – 100 | дуже високий | | *d1* | | 4 |

Таблиця 3.4 – Оцінка стану вод водних об'єктів за окремими показниками

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Комплексна характеристика стану за-бруднення води водних об'єктів | | Загальні оціночні бали | | Характеристика яко-сті води водних об'єктів | |
| виражені умовно | | | абсолютні значення | | |
| Одинична забрудненість низького рівня | *а х а*1 | | 1 | | слабо забруднена |
| – “ – середнього рівня | *а х в*1 | | 2 | | забруднена |
| – “ – високого рівня | *а х с*1 | | 3 | | брудна |
| – “ – дуже високого рівня | *а х d*1 | | 4 | | брудна |
| Нестійка забрудненість низького рівня | *в х а*1 | | 2 | | забруднена |
| – “ – середнього рівня | *в х в*1 | | 4 | | брудна |
| – “ – високого рівня | *в х с*1 | | 6 | | дуже брудна |
| – “ – дуже високого рівня | *в х d*1 | | 8 | | дуже брудна |
| Стійка забрудненість низького рівня | *с х а*1 | | 3 | | брудна |
| – “ – середнього рівня | *с х в*1 | | 6 | | дуже брудна |
| – “ – високого рівня | *с х с*1 | | 9 | | дуже брудна |
| – “ – дуже високого рівня | *с х d*1 | | 12 | | неприпустимо брудна |
| Характерна забрудненість низького рівня | *d х а*1 | | 4 | | брудна |
| – “ – середнього рівня | *d х в*1 | | 8 | | дуже брудна |
| – “ – високого рівня | *d х с*1 | | 12 | | неприпустимо брудна |
| – “ – дуже високого рівня | *d х d*1 | | 16 | | неприпустимо брудна |

При визначенні першого і другого ступенів класифікації води по кож-ному з інгредієнтів розраховують узагальнені оцінки якості води (табл. 3.4).

Для заключного, третього ступеня класифікації *КІЗ* розраховується шляхом складання узагальнених оціночних балів *Sі* по усіх *n* показниках

*КІЗ* = Σ *Sі* . (3.5)

Класифікація якості води (табл. 3.5) виконується у залежності від значення *КІЗ* і кількості лімітуючих показників забруднення (ЛПЗ). До ЛПЗ води відносять будь-який показник, по якому значення *Sі* дорівнює 12 чи 16.

Таблиця 3.5 – Класифікація якості води водних об'єктів за значенням *КІЗ*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Клас якості води | | | | Розряд класу  якості | | | Характе-ристика  забрудне-ності води | | | Значення *КІЗ* з урахуванням ЛПЗ | | | | |
| без  ЛПЗ | | 1ЛПЗ  (k=0,9) | | | 2ЛПЗ  (k=0,8) | | 3ЛПЗ  (k=0,7) | | 4ЛПЗ (*k*=0,6) | | | 5ЛПЗ (*k*=0,5) | |
| I | – | | Слабо  забруднена | | 1n | 0,9n | | 0,8n | 0,7n | | 0,6n | | 0,5n |
| II | – | | Забруднена | | 1n–2n | 0,9n–1,8n | | 0,8n–1,6n | 0,7n–1,4n | | 0,6n–1,2n | | 0,5n–1,0n |
| III | – | | Брудна | | 2n–4n | 1,8n–3,6n | | 1,6n–3,2n | 1,4n–2,8n | | 1,2n–2,4n | | 1,0n–2,0n |
| III | а | | Брудна | | 2n–3n | 1,8n–2,7n | | 1,6n–2,4n | 1,4n–2,1n | | 1,2n–1,8n | | 1,0n–1,5n |
| III | б | | Брудна | | 3n–4n | 2,7n–3,6n | | 2,4n–3,2n | 2,1n–2,8n | | 1,8n–2,4n | | 1,5n–2,0n |
| IV | а | | Дуже брудна | | 4n–6n | 3,6n–5,4n | | 3,2n–4,8n | 2,8n–4,2n | | 2,4n–3,6n | | 2,0n–3,0n |
| IV | б | | Дуже брудна | | 6n–8n | 5,4n–7,2n | | 4,8n–6,4n | 4,2n–5,6n | | 3,6n–4,8n | | 3,0n–4,0n |
| IV | в | | Дуже брудна | | 8n–10n | 7,2n–9,0n | | 6,4n–8,0n | 5,6n–7,0n | | 4,8n–6,0n | | 4,0n–5,0n |
| IV | г | | Дуже брудна | | 10n–11n | 9,0n–9,9n | | 8,0n–8,8n | 7,0n–7,7n | | 6,0n–6,6n | | 5,0n–5,5n |

**3.4 Коефіцієнт забруднення *χ***

Коефіцієнт забруднення *χ* розраховується за формулою (3.6), наведе-ною у [4]

*χ* = Σ [(*Nі* / *Cі,d*)φ(*і*)]/ Σ*φ*(*і*), (3.6)

де *Nі* – значення показника забрудненості;

*і* – номер показника забрудненості в ранговій послідовності з *m* показників;

*Cі,d* – норматив (ГДК) показника;

*φ*(*і*) = *і* / 2 *і* –1 – вагова функція;

Σ*φ*(*і*) – приведена кількість показників.

Як основні беруться такі показники забрудненості з відповідною ран-говою послідовністю (*і*): БСК5 (*і* = 1); NН4+(*і* = 2); нафтопродукти (*і* = 3); О2 (*і* = 4). Ранги іншим показникам встановлюють експертно або за співвідно-шенням *Nі* / *Cі,d*.

В залежності від значення коефіцієнта *χ* складено атестаційну шкалу оцінки ступеня забрудненості водного середовища (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Інтегральна оцінка забрудненості водного середовища

|  |  |
| --- | --- |
| Коефіцієнт забруднення вод χ | Якісна оцінка ступеня забрудненості |
| до 1,00 | Нешкідлива (чиста) |
| 1 – 1,99 | Мала |
| 2 – 2,99 | Припустима |
| 3 – 3,99 | Істотна |
| 4 – 5,00 | Інтенсивна |
| Більш 5,00 | Катастрофічна |

**3.5 Комплексний показник екологічного стану (*КПЕС*)**

Середнє значення *КПЕССЕР* розраховується за формулою (3.7), наве-деною у [5]

*КПЕССЕР* = (1/ *m*) Σ *КПЕСj* , (3.7)

де *m* – кількість блоків показників якості вод (значень *КПЕСj*).

З *m* блоків показників якості вод до першого входять показники, які не мають ефекту спільної дії, до інших блоків входять показники, які ма-ють цей ефект.

Для першого блоку комплексний показник розраховується за форму-лою

*КПЕС*1 = (1/*n*) Σ *ПЕСі*, (3.8)

де *n* – кількість показників у першому блоці;

*ПЕСі* – показник екологічного стану, розрахований для і-го показни-ка якості.

Значення *ПЕСі* для *і*-го показника розраховуються за формулами:

*ПЕСі* = *аi* (*Нi* – *Пі*) / *Ні*, (3.9)

*ПЕСі* = *аi* (*Пi* – *Ні*) / *Ні*, (3.10)

де *аi* – коефіцієнт вагомості *і*-го показника;

*Пі*, *Ні* – значення показника (концентрація речовини) і його норма-тив.

Формула (3.9) використовується при обмеженні значень показника зверху. Для показників, обмежених знизу (О2), використовується формула (3.10). При нормуванні показника (рН) у вигляді допустимого інтервалу [*Нmin*<*Пі*≤*Нmax*] значення *ПЕСі* розраховується за формулою (3.9), якщо зна-чення показника перевищує *Нmax*; якщо значення показника нижче за *Нmin*, то *ПЕСi* розраховується за формулою (3.10). Якщо показник знаходиться в середині інтервалу, то розрахунок виконується за формулами (3.9) і (3.10), а як *ПЕСі* береться мінімальне з одержаних значень.

Коефіцієнт вагомості а *і*-го показника пов'язаний з класом небезпеки. Якщо ступінь небезпеки зростає зі збільшенням номера класу (*кл*), то *аі* = *кл*; якщо ступінь небезпеки зменшується зі збільшенням номера класу – *аі* = 1/*кл*. Якщо клас небезпеки не вказано, то береться клас на один розряд нижче від мінімально небезпечного класу.

Для блоків з показниками якості, які мають ефект спільної дії, *КПЕСj* розраховується за формулою

*КПЕСj* = 1 – Σ (*Пі* / *Ні*). (3.11)

За санітарними нормами ефект сумарної дії мають показники 1 і 2 класів небезпеки з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ), за рибогосподарськими – з однаковою ЛОШ (без врахування класу небезпе-ки).

Екологічний стан водного об'єкта класифікується таким чином: при *КПЕСМІН*<0 і *КПЕССЕР*<0 стан нестійкий; при *КПЕСМІН*>0 і *КПЕССЕР*>0 – стійкий; при *КПЕСМІН*<0 і *КПЕССЕР*>0 – стійкий з ознаками нестійкості.

**3.6 Узагальнений екологічний індекс *ІЕ***

Оцінка якості поверхневих вод суші за узагальненим екологічним ін-дексом *ІЕ* [7] повинна обов'язково включати три блоки показників:

сольового складу;

трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні);

специфічні токсичної і радіаційної дії.

Вихідні дані аналізуються по кожному блоку окремо. Результати по-даються у вигляді єдиної екологічної оцінки, яка складається із заключних висновків по трьох блоках.

Екологічна оцінка якості води може бути орієнтовною і ґрунтовною. ***Орієнтовна екологічна оцінка*** виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води, які найточніше характеризують екологіч-

ний стан водного об'єкта (чи його ділянки) і відповідно цьому стану якість води. Ці разові значення окремих показників якості води зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи екологічної класифікації. На основі такого зіставлення визначаються кате-горії і класи якості води за окремими показниками, взятими для разового виміру. Об'єднання результатів разових вимірів для узагальненої оцінки якості води не допускається. Клас і категорія води в цілому встановлюють-ся за показником з найбільшим номером категорії.

Процедура виконання ***ґрунтовної екологічної оцінки*** якості поверх-невих вод складається з чотирьох послідовних етапів, а саме:

a) ***етап групування*** і обробки вихідних даних;

b) ***етап визначення класів і категорій*** якості води за окремими показ-никами;

c) ***етап узагальнення оцінок якості*** води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інте-гральних значень класів і категорій якості води;

d) ***етап визначення об*'*єднаної оцінки*** якості води (з визначенням кла-сів і категорій) для певного водного об'єкта в цілому чи окремих ділянок за визначений період спостережень.

**а**) Вихідні дані за окремими показниками *групуються* у просторі і часі в певному, чіткому порядку: окремо для різних пунктів спостережень, або ж вкупі (з різних пунктів спостережень) для певних ділянок водного об'єкта, або ж для водного об'єкта в цілому за певний відрізок часу (місяць, сезон, рік, кілька років підряд тощо).

Вихідні дані про якість води за окремими показниками групуються в межах трьох блоків. Згруповані по блоках щодо кожного наявного показ-ника якості води, вихідні дані (вибірки) піддаються певній обробці: обчис-люються середньоарифметичні значення, визначаються мінімальні та мак-симальні (найгірші) значення, які всі разом характеризують мінливість величин кожного з показників якості води в реальних умовах виконання і аналізу результатів спостережень.

Серед вихідних даних трапляються поодинокі дані, котрі своїми екс-тремальними значеннями виходять за межі окресленого діапазону мінли-вості величин цієї вибірки, досить далеко від максимальних (найгірших) значень.

Екстремальні значення окремих показників якості води підлягають спеціальному аналізу: з'ясуванню природних чи антропогенних причин, які могли спричинити їх появу. Після такого аналізу приймаються рішення про використання чи вилучення екстремальних значень певних показників якості води.

**b**) *Етап визначення класів та категорій* якості води для окремих показ-ників полягає у виконанні таких дій:

середньоарифметичні (середні) значення для кожного показника

окремо зіставляються з відповідними критеріями якості води, представле-ними в таблицях системи її екологічної класифікації;

найгірші значення якості води (максимальні чи мінімальні) серед цих показників кожного блоку також зіставляються з відповідними критеріями якості води;

на основі проведеного зіставлення середньоарифметичних та найгі-рших значень для кожного показника окремо визначаються категорії якості води за середнім і найгіршим значеннями (найбільшим за номером) для кожного показника окремо;

зіставлення середніх і найгірших значень з критеріями спеціалізова-них класифікацій та визначення класів і категорій якості води за окремими показниками теж (як і на першому етапі) виконується в межах відповідних блоків.

**c**) *Етап узагальнення оцінок якості* води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води викону-ється лише на основі аналізу показників в межах відповідних блоків. Це *узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень* для *трьох блокових індексів* якості води, а саме: для індексу забруднення компонен-тами сольового складу (*I*1), для трофо–сапробіологічного (еколого–санітарного) індексу (*I*2), для індексу специфічних показників токсичної і радіаційної дій (*I*3). Таким чином, повинно бути визначено шість значень блокових індексів, а саме: *I*1*СЕР* та *I*1*МАХ*; *I*2*СЕР* та *I*2*МАХ*; *I*3*СЕР* та *I*3*МАХ*. Маючи значення блокових індексів якості води, легко визначити їх приналежність до певного класу та категорії якості води за допомогою системи екологіч-ної класифікації.

*Середні значення* для трьох блокових індексів якості води *визнача-ються шляхом обчислення середнього номера категорії* за всіма показни-ками даного блоку; при цьому категорія 1 має номер 1, категорія 2 – номер 2 і т.д.

Середні значення блокових індексів можуть бути дробовими числа-ми. Це дозволяє диференціювати оцінку якості води, зробити її більш точ-ною і гнучкою. Для визначення субкатегорій якості води, які відповідають середнім значенням блокових індексів, треба весь діапазон десятинних значень номерів (поміж цілими числами) розбити на окремі частини і поз-начити їх таким чином:

Середні значення Позначення відповідних

субкатегорій якості вод блокових індексів

1,0 – 1,2 1

1,3 – 1,4 1 (2)

1,5 – 1,6 1 – 2

1,7 – 1,8 2 (1)

1,9 – 2,2 2

2,3 – 2,4 2 (3)

і т.д. для категорії 3 – 7.

*Найгірші значення* для трьох блокових індексів якості води *визнача-ються за відносно найгіршим показником* (з найбільшим номером катего-рії) серед всіх показників даного блоку.

**d**) *Етап визначення об*'*єднаної оцінки* якості води для певного водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок *полягає в обчисленні інтег-рального або екологічного індексу IЕ.* Використання екологічного індексу якості води доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися одноз-начною оцінкою: для планування і опрацювання водоохоронної діяльності, здійснення екологічного і еколого–економічного районування, екологічно-го картографування тощо. Значення екологічного індексу якості води ви-значається за формулою (3.12):

*IЕ* = {*I*1 + *I*2 + *I*3} / 3, (3.12)

де *I*1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

*I*2 – індекс трофо–сапробіологічних показників;

*I*3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

*Екологічний індекс* якості води, *як і блокові індекси* (п. **с**), *обчислю-ється для середніх і для найгірших значень* категорій окремо. Він може бу-ти дробовим числом.

Визначення субкатегорій якості води на основі екологічного індексу здійснюється так само, як для блокових індексів.

***Сольовий склад*** поверхневих вод суші та естуаріїв оцінюється за су-мою іонів та окремими інгредієнтами. При групуванні даних у просторі і часі оцінка дається за середніми і максимальними (найгіршими) значення-ми показників. ***Клас*** води визначається за переважаючими аніонами (Cl–; SO42–; НСО3–), ***група*** – за переважаючими катіонами (Са2+; Mg2+; Na++К+), ***тип*** води визначається за співвідношеннями між іонами (в еквівалентах):

I – НСО3– > (Са2+ + Mg2+);

II – НСО3– < (Са2+ + Mg2+) < (НСО3– + SO42–);

III – (НСО3– + SO42–) < (Са2+ + Mg2+) або Cl– > Na+;

IV – НСО3– = 0.

Один грам-еквівалент **Cl–** дорівнює **35,45** г; **SO42– – 48,03** г; **НСО3– – 61,02** г; **Са2+ – 20,04** г; **Mg2+ – 12,15** г; **Na+ – 22,99** г**; К+ – 39,10** г.

Для позначення видів природних вод вживаються символи, напри-

клад:

гідрокарбонатний клас, група кальцію, тип другий – **ССаII**;

сульфатно–хлорідно–кальцієві води другого типу – **SClСаІІ**.

Прісні гіпо– і олігогалинні та солонуваті *ß*–мезогалинні води оціню-ються також за критеріями їх забруднення компонентами сольового скла-ду, а саме за значеннями суми іонів, хлоридів і сульфатів.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за ***трофо–сапробіологічними* (*еколого–санітарними*)** критеріями виконується на основі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімі-чних, бактеріологічних показників, а також індексів сапробності. Для цьо-го блоку бажана узагальнена оцінка, оскільки більшість показників є взає-мопов'язаними і в кінцевому підсумку вони відповідають певному ступеню трофності та зоні сапробності вод. Загальна кількість показників цього блоку для забезпечення обґрунтованих висновків не повинна бути мен-шою, ніж 10. Інтегрування показників при узагальненій оцінці пов'язане з втратою інформації. Тому поряд з узагальненою оцінкою обов'язково ма-ють наводитись значення категорій для всіх тих показників, які перевищу-ють узагальнені (середні) значення.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за ***специфіч-ними показниками токсичної і радіаційної дії*** виконується за кожним по-казником окремо. Для даних, згрупованих у часі й просторі, оцінка дається за середнім та найгіршим значеннями кожного з показників.

Назви класів і категорій якості вод, дані про їх стан та ступінь їхньої чистоти (забруднення), а також ступінь трофності і зона сапробності оці-нюваних поверхневих вод представлені у табл. 3.7.

Методика, що розглянута вище, має суттеві недоліки.

1. *Не враховані рибогосподарські* ГДК *за показниками* Zn, Mn, Hg. Права границя третьої категорії («*досить чиста*» вода) по Zn перевищує ГДК в 2 рази, по Mn – в 5 разів, а по Hg – в 20 разів. Тобто, вода, в якій вміст Zn буде перевищувати рибогосподарський норматив в 2 рази, Mn – в 5 разів, а Hg – в 20 разів, буде характеризуватися як «*досить чиста*».

Рибогосподарські ГДК наближені до екологічних, однак їх не можна вважати такими, оскільки риба не є найслабкішою ланкою водних екологі-чних систем. Наприклад, зоопланктон найбільш чутливо реагує на всі змі-ни складу й властивостей водного середовища, ніж риба. А екологічні ГДК повинні бути орієнтовані на найбільш слабкі ланки. Якщо риба є найбільш слабкою ланкою по якомусь із показників, то екологічна ГДК за цим пока-зником буде дорівнювати рибогосподарській. Тобто, екологічна ГДК по-винна бути не більш за рибогосподарську.

2. *Перелік показників якості вод у методиці досить обмежений*. При оцінці стану вод не є можливим урахувати ті показники, які не входять до цього переліку.

У переліку рибогосподарських ГДК міститься біля тисячі забрудню-вальних речовин, а в методиці екологічної оцінки якості поверхневих вод їх близько 30. Будь-яка забруднювальна речовина із тисячі, що не входить у методику, не буде врахована при оцінці якості води, навіть якщо значен-ня її концентрації буде дуже великим.

Таблиця 3.7 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією [7]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Клас якості вод | 1 | | | | 11 | | | | 111 | | | | 1Y | Y |
| Категорія якості вод | | 1 | | 2 | | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 |
| Назва класів і категорій якості вод за їх станом | відмінні | | | | добрі | | | | задовільні | | | | погані | дуже по-гані |
| відмінні | | дуже добрі | добрі | | | | | задо-вільні | | посе-редні | | | погані | дуже по-гані |
| Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти | дуже чисті | | | | чисті | | | | забруднені | | | | брудні | дуже брудні |
| дуже чисті | | чисті | досить чисті | | | | | слабо забруд-нені | | помірно забруд-нені | | | брудні | дуже брудні |
| Трофність (пе-реважно тип) | оліго-трофні | | | | мезотрофні | | | | евтрофні | | | | політ-рофні | гіпер-трофні |
| оліго-трофні  оліго-мезо-трофні | | мезо-трофні | мезо-  євтрофні | | | | | єв-трофні | | євполі-трофні | | | полі-трофні | гіпер-трофні |
| Сапробність | | олігосапробні | | | | *β–мезосапробні* | | | | | | *α–мезосапробні* | | полі-сапробні |
| *β –*  оліго-сапро-бні | | *α –*  оліго-сапро-бні | *β' –*  мезо-сапро-бні | | | | | *β''* –мезо-сапро-бні | | *α' –*  мезо-сапро-бні | | | *α'' –*  мезоса-пробні | полі-сапробні |

3. *У методиці не ураховується ефект сумарної дії речовин.* Напри-клад, наявність у воді фенолів і нафтопродуктів зі значеннями концентра-ції, близькими до правої границі категорії 2 дозволяє зробити висновок про те, що за даними показниками вода відноситься до категорії «*чиста*». Од-нак, відповідно до рибогосподарських норм нафтопродукти й феноли ма-ють ефект сумарної дії (вони нормовані з рибогосподарською ЛОШ). Сума значень концентрації цих речовин у частках від ГДК складе приблизно 1,5. Таке водне середовище не відповідає вимогам рибогосподарських норм і повинно оцінюватися як «*забруднене*». Зазвичай групи сумації з токсико-логічною і з санітарно-токсикологічною ЛОШ об'єднують значно більше речовин, ніж наведено у прикладі.

4. *На другому етапі оцінки кожному показнику привласнюється но-мер категорії* (*індекс*), *що не залежить від значення показника в границях цієї категорії*. Наприклад, за показником «*залізо*» категорія 4 має границі від 101 до 500 мкг/дм3. Це означає, що значення показника може становити 101 мкг/дм3 або приблизно у п'ять разів більше (500 мкг/дм3), все одно, для подальшої обробки він одержить індекс 4.

5. Далі в існуючій методиці рекомендується усереднити індекси за показниками усередині блоків і поміж блоками для одержання *узагальне-ного індексу*, *значення якого розраховується з точністю до сотих часток для того*, *щоб* «*гнучко*» *оцінити субкатегорію якості води*.

У цьому випадку говорити про гнучкість запізно. Оцінка субкатего-рії дорівнює спробі знайти середню вагу декількох предметів з точністю до одного граму, користуючись набором стограмових гир.

Наприклад, є чотири предмети вагою 2, 2, 2 й 102 г. Зважуючи пре-дмети набором стограмових гир і прийнявши вагу цих гир за умовну 1, одержуємо – 1, 1, 1 й 2 (середнє значення – 1,25). Дійсне середнє значення ваги предметів становить 27 г і відповідає умовній 1. *При такому підході середнє значення необхідно представляти з точністю до цілого числа* (про субкатегорію мова йти вже не може).

Точний збіг оцінки із дійсним середнім значенням буде спостеріга-тися лише в тому випадку, якщо вага предметів буде кратною 100 г, тобто коли значення показників якості води будуть близькі до правих границь категорій якості (за винятком категорії 7).

6. *Максимальний індекс*, *що одержує показник якості води*, *викори-стовуваний надалі при узагальненні*, *дорівнює* 7 (*відповідно до номера ка-тегорії*). Наприклад, індекс 7 одержить показник «нафтопродукти» при значенні 0,31 мг/дм3 (перевищення рибогосподарської ГДК у 6 разів). При значенні 5,0 мг/дм3 (перевищення ГДК у 100 разів) він теж одержить ін-декс 7. Не важливо у скільки разів перевищується норматив, аби тільки йо-го значення було більше за ліву границю сьомої категорії. Це приводить до того, що узагальнений *індекс стає незалежним від значень показника в категорії* 7 (від значень з найбільшим перевищенням ГДК).

7. Присвоєння цілого значення індексу (номера категорії) показнику якості на другому етапі повинне приводити до граничної (убік погіршення) узагальненої оцінки якості водного середовища. *Однак, відсутність ураху-вання ефекту сумарної дії речовин*, *подвійне осереднення індексів* (*при ви-значенні блокових індексів й узагальненого індексу*) *та незалежність уза-гальненого індексу від значень показників в категорії* 7 *в підсумку* ***покращує оцінку*** *стану водного середовища*.

Розрахунки по ріках Дунай, Дністер, Південний Буг, Інгулець й ін. показали, що через перераховані недоліки розглянута методика не дозво-ляє адекватно характеризувати стан водного середовища. Оцінка прикра-шується, якщо у воді є речовини з ефектом сумарної дії й з концентрацією, яка у багато разів перевищує рибогосподарські нормативи. Більш того, у деяких випадках підсумкова оцінка для одного і того ж пункту залишалася колишньою при виключенні показників з найбільшим перевищенням ГДК [14].

**3.7 Узагальнений індекс стану вод *ІСВ***

Методика комплексної оцінки якості вод за допомогою *узагальнено-го індексу їх стану ІСВ* (методика ОДЕКУ) [14] розроблена на основі аналі-зу розглянутих вище методик. У ній враховано всі виявлені недоліки: ви-користовуються рибогосподарські ГДК; перелік показників не обмежений; враховується ефект сумарної дії; узагальнюються співвідношення значень показників якості з їх ГДК. Розроблено нову шкалу категорій якості (табл. 3.8) на основі одиниць хронічної токсичності [7]. Назва категорій якості співпадає з наведеними у [7].

Таблиця 3.8 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод за *IСВ*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категорія  якості | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| *IСВ* | ≤0,25 | 0,26–0,50 | 0,51–1,00 | 1,01–2,00 | 2,01–4,00 | 4,01–8,00 | >8,00 |
| Характе-ристика якості | дуже  чиста | чиста | досить чиста | слабо  забруд-нена | помірно забруд-нена | брудна | дуже брудна |

В методиці *ІСВ* для врахування ефекту сумарної дії речовин розгляда-ється вісім блоків показників: 1) мінералізація; 2) трофо-сапробіологічні; 3) із загальносанітарною ЛОШ; 4) із токсикологічною ЛОШ; 5) із санітарно-токсикологічною ЛОШ; 6) із органолептичною ЛОШ; 7) із рибогосподар-ською ЛОШ; 8) радіаційної дії.

Для другого та восьмого блоків узагальнений блоковий індекс розра-ховується як середнє значення ряду з *n* показниками за формулою (3.13), а для третього – сьомого блоків осереднення не здійснюється, і розрахунок блокового індексу виконується за формулою (3.14):

*Іj* = (1 / *n*) Σ (*Ci* / *ГДКі*), (3.13)

*Іj* = Σ (*Ci* / *ГДКі*). (3.14)

При розрахунку *Іj* використовуються рибогосподарські ГДК і ЛОШ. Якщо деякий показник не нормований у рибогосподарських нормах, але він є в методиці [7], то для нього як норму можна прийняти значення межі між 3 і 4 категоріями (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Критерії якості поверхневих вод

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показник | Межа між 3 і 4  категоріями | ГДКРГ |
| **Трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні) показники** | | |
| Індекс самоочищищення–самозабруднення (*А*/*R*) | 0,8–1,2 | – |
| Чисельність бактеріопланктону, млн.кл/см3 | 2,5 | – |
| Чисельність сапрофітних бактерій, тис.кл/см3 | 5,0 | – |
| **Показники з токсикологічною ЛОШ** | | |
| Мідь, мг/дм3 | 0,002 | фон+0,001 |
| **Показники радіаційної дії** | | |
| Сумарна *β*–активність, Ku/дм3 | 1,0\*10–11 | – |
| 90Sr, Ku/дм3 | 3,0\*10–12 | – |
| 137Cs, Ku/дм3 | 5,0\*10–12 | – |

Узагальнена оцінка визначається у результаті осереднення *m* блоко-вих індексів

*IСВ* = (1/*m*) Σ *Ij*. (3.15)

Категорія якості поверхневих вод встановлюється за значенням *IСВ* і табл. 3.8.

**3.8 Трофічний індекс (*TRIX*)**

***Трофічний індекс* (*TRIX*)** – це комплексний індекс, за допомогою якого оцінюється *трофічний статус* водного середовища.

*Під* ***трофністю*** *розуміють ступінь первинної біологічної продук-тивності водних екосистем*, який визначається вмістом у воді фосфору, азоту та інших біогенних елементів, а також комплексом гідрологічних, гі-дрохімічних, гідробіологічних і інших факторів. Води можуть бути з низь-ким (*олiготрофнi*), з середнім (*мезотрофнi*), з високим (*евтрофнi*), з дуже високим (*політрофнi*) і з надзвичайно високим (*гіпертрофні*) первинним продукуванням.

*TRIX* розраховується за формулою:

*TRIX* = *lg* ([*Chla*]\*[*D%O*]\*[*NT*]\*[*PT*]\*1,5)/1,2, (3.16)

де *Chla* – сума хлорофілу «а»;

*D%O* – абсолютне значення відхилення концентрації розчиненого кисню від 100% насичення;

*NT* – загальний азот, мкг/дм3;

*PT* – загальний фосфор, мкг/дм3.

*Трофність* вод визначають за значенням *TRIX* : ≤4 – низька (*оліго-трофні*); 4–5 – середня (*мезотрофні*); 5–6 – высока (*евтрофні*); >6 – дуже висока (*політрофні*).