



## KAPITEL 6 / CHAPTER 6<sup>6</sup> THEORETICAL PRINCIPLES AND ANALYSIS OF EXISTING INTEGRAL INDICATORS AND ASSESSMENTS OF THE STATE OF COMPONENTS OF THE NATURAL ENVIRONMENT

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-26-00-036

### 6.1. Поняття про навколишнє природне середовище

Уявлення про середовище є однією з основних складових в екологічному підході, що має своє походження в популяційній біології і перетворилося потім в інші галузі наукового знання. Багатству уявлень про середовище відповідає також різноманітність методів оцінки його стану. Аналіз робіт, пов'язаних з оцінкою якості середовища, виявив наявність широкого спектру підходів, використовуваних методів оцінки, вживаних термінів і понять. Це пояснюється неоднозначною онтологічною трактовкою "середовища" та "якості середовища" у зв'язку з різними предметними уявленнями окремих професійних груп, які займаються проблемами середовища поселень і використовують ці поняття у своїй діяльності в різних значеннях.

Поняття "якість середовища" використовується вітчизняними та зарубіжними вченими в тісній зв'язку з поняттям "якість життя". Підвищений інтерес до якості життя в значній мірі пов'язаний з наслідками науково-технічного прогресу в індустріально розвинених країнах, зокрема з численними екологічними наслідками, особливо в межах міст. Ці наслідки надмірного впливу людини на природу стали усвідомлювати наприкінці 60-х років як екологічна криза.

Спеціалісти різних предметних дисциплін використовують уявлення про якість середовища та якість життя у своїй професійній роботі, наповнюючи їх конкретним змістом, специфічним для свого наукового предмета. У результаті виникають різноманітні предметні уявлення про якість життя та якість середовища.

---

<sup>6</sup>Authors: Vnukova Nataliia, Koversun Svitlana, Kaliuzhna Yuliia

У ряді досліджень, переважно соціологічного характеру, уявлення про якість середовища "зливаються" з уявленнями про якість життя. Така "злива" є характерною також для ряду географічних робіт. Крім того, якість середовища має своє власне наповнення, що визначається поняттям "середовище". Під час усвідомлення різних екологічних проблем зростає потік відповідних досліджень у окремих галузях наукового знання, обладнаних різними засобами та методами, базованими на різних ціннісно-цільових установках. Широкого поширення набули дослідження на основі екологічного підходу, трансльованого з біології в різні галузі знань. У результаті поняття про середовище стало одним із основних при розгляді екологічних питань.

Однак уявлення про середовище, розроблені в біології, не влаштували інших спеціалістів, які використовували екологічний підхід. Тому почали з'являтися нові уявлення про середовище, у ряді випадків накладаючись на вже існуючі предметні уявлення, наприклад, такі, як поняття "географічне середовище" у географії. Про різноманітність існуючих предметних уявлень про середовище, різноманіття вкладеного в них змісту свідчить навіть набір прикметників, що використовуються з поняттям "середовище" - природне, оточуюче, соціальне і т. д.

Так, для географічних уявлень про середовище характерна зміна основоположних відносин суб'єкт-об'єкт, від зміни яких змінюється і зміст похідних уявлень. Якщо суб'єктом є людське суспільство, то в якості середовища виступає географічне середовище - та частина земного середовища, з якою суспільство пов'язане у своїй життєдіяльності в даному історичному періоді. У природоохоронній практиці, де суб'єктом є не лише людське суспільство в цілому, а й окремі його елементи різного характеру, масштабу і рівня - населення країни, міста, використовуються терміни "середовище", "природне середовище", "оточуюче середовище". В першому випадку мова йде про природну складову географічного середовища.

Так, для географічних уявлень про середовище характерна зміна основоположних відносин суб'єкт-об'єкт, від зміни яких змінюється і зміст



похідних уявлень. Якщо суб'єктом є людське суспільство, то в якості середовища виступає географічне середовище - та частина земного середовища, з якою суспільство пов'язане у своїй життєдіяльності в даному історичному періоді. У природоохоронній практиці, де суб'єктом є не лише людське суспільство в цілому, а й окремі його елементи різного характеру, масштабу і рівня - населення країни, міста, використовуються терміни "середовище", "природне середовище", "оточуюче середовище". В першому випадку мова йде про природну складову географічного середовища [1]. Поняття "оточуюче середовище" включає не лише природну складову, а й сукупність інших умов діяльності людини (у їх територіальному розгляді) [2]. Наприклад, якщо йдеться про місто або урбанізовану територію, можлива подальша уточнення - міське або урбанізоване середовище. При включенні до розгляду різних видів діяльності і життєдіяльності використовуються такі терміни, як "виробниче середовище", "житлове середовище", "середовище всередині приміщення", "зовнішнє середовище", "рекреаційне середовище", "культурне середовище" і т. д. Наступний рівень розгляду виникає в разі акцентування уваги на яких-небудь елементах тієї чи іншої середовища (біотична, абіотична, соціальна середовища) або характеристиках, зазвичай антропоцентричних (антропогенна, штучна, перетворена, техногенна середовища і т. д.).

Різноманіття уявлень про середовище визначає і множинність існуючих предметних підходів до її оцінки (соціологічних, санітарно-гігієнічних, технологічних, містобудівних та ін.), а також до оцінки її окремих компонентів і аспектів (залежно від предметного уявлення про середовище). "Предметна" оцінка є процедурою порівняння існуючого стану компонентів і аспектів середовища (за допомогою різноманітних методів) з "еталонним", яке виражається у вигляді всіляких "предметних" стандартів (технологічних, санітарно-гігієнічних, соціальних, естетичних та ін.). Вибір параметрів оцінки і встановлення їх максимальних значень визначається особливостями предметного вивчення питання, ціннісно-цільовими установками і реальністю стандартів (щодо змінюваних технологічних можливостей їх виконання).

Під час оцінки та нормування якості середовища виникає цілий ряд проблем, пов'язаних з неузгодженістю та несумісністю існуючих "предметних" стандартів та норм між собою. Це ускладнює як розробку єдиної системи стандартів та необхідних показників і параметрів для контролю стану середовища, так і створення дієвої системи заходів нейтралізації негативних наслідків окремих видів діяльності на середовище, не кажучи вже про запобігання такого роду впливів [3]. Ціла низка проблем пов'язана з ігноруванням зональної та регіональної специфіки при розробці екологічних стандартів і норм. Тим не менш, існують окремі спроби виявити найбільш значущі параметри та розробити інтегральні показники, в тому числі й соціального плану [4,5]. У рамках досліджень за програмою ЮНЕСКО "Людина і біосфера" японськими спеціалістами проведено систематизацію різноманітних показників якості середовища залежно від їх місця в системі контролю [6].

У еколого-географічних дослідженнях визначення категорії оточуючого середовища як одного з основних визначень, що визначає всю їхню подальшу структуру, є методологічно важливим.

При цьому інтерес географічних досліджень полягає в вивченні відносин людини як складової геосистеми через категорію "суспільство" з усіма іншими її складовими, що виступають щодо людини як "оточуюче середовище". Природне середовище людини як "сукупність природних і малозмінених діяльністю людини абіотичних і біотичних природних факторів, що впливають на людину" при еколого-географічних дослідженнях характеризується якістю та станом природних об'єктів, процесів і явищ, які формують умови життя людини [7]. Серед основних компонентів природи та процесів, що відбуваються в них, в цьому аспекті виділяються атмосфера, гідросфера, біота та літосфера у її верхній частині. Стан компонентів оточуючого середовища характеризується факторами середовища, тобто фізичними, хімічними, біологічними та іншими властивостями, за допомогою яких окремі компоненти здійснюють вплив на суб'єкт середовища. Основним критерієм якості середовища в еколого-географічних дослідженнях вважаються рівні здоров'я населення. Таким чином,



досягнення єдиного комплексного розуміння середовища, розробка відповідних методів оцінювання його якості та нормування різних видів діяльності умовляють інтеграцію різних видів знань для вирішення екологічних проблем.

## **6.2. Хімічне забруднення природного середовища**

Введення в середовище або поява в ньому нових, непервісних для нього фізичних, хімічних, біологічних агентів або перевищення в розглянутий період часу природного середньорічного рівня концентрацій цих агентів у середовищі називається забрудненням [8].

Біосфера Землі наразі піддається все зростаючому антропогенному впливу. Найбільш масштабним і значущим є хімічне забруднення середовища непервісними для нього речовинами хімічного характеру [9]. Хімічне забруднення є фактором, який визначає і кардинально змінює умови існування живих організмів і людини в біосфері і який призводить до зміни їх середовища проживання [10,11].

Забруднення хімічними речовинами - один з найсильніших факторів руйнування компонентів середовища [12]. Хімічні речовини, що виділяються з антропогенних джерел, потрапляють в оточуюче середовище та включаються в нормальні біогеохімічні цикли. Поведінка мікроелементів в будь-якій екосистемі дуже складна, тому зазвичай вона вивчається окремо в повітрі, воді, ґрунті та живих організмах.

## **6.3. Забруднення води та комплексні оцінки стану поверхневих вод**

Забруднення води є важливим фактором, що впливає на геохімічний обіг мікроелементів та якість навколишнього середовища. Під забрудненням води розуміють неблагоприємні зміни складу та властивостей води водного об'єкта

внаслідок надходження до нього забруднюючих речовин [13]. Проникаючі у систему забруднення знаходяться або у розчиненій формі, або у вигляді суспензії. У деяких випадках вони переходять у ці форми внаслідок взаємодії з гідросферою. Майже всі речовини, що вводяться у водне середовище, можуть увійти в біологічний та харчовий цикли [14]. Більшість мікроелементів, зокрема важкі метали, не можуть перебувати у водах у розчиненій формі. Вони присутні, головним чином, у вигляді колоїдних суспензій або захоплені органічними речовинами, а також концентруються у донних відкладах [15-19].

Оскільки водні басейни виступають місцем скиду відходів і одночасно є джерелом ресурсів водних господарств і води, це надає проблемі охорони води особливого значення [20,21].

У сфері використання і охорони вод в Україні встановлено ряд нормативів. Нормування якості води здійснюється для господарсько-питного, культурно-побутового, рибогосподарського і в деяких випадках для інших видів водокористування. Основний принцип регулювання якісного стану поверхневих вод полягає в установленні максимальних значень основних показників складу і властивостей води, дотримання яких повинно виключити обмеження або порушення нормальних умов водокористування.

Паралельно з регулюванням якості вод з позицій екологічної безпеки водокористування, існують серйозні підстави для нормування якості вод з позицій екологічного благополуччя водних об'єктів та визначення припустимого рівня антропогенного впливу на них. Згідно з Водним кодексом України для оцінки екологічного благополуччя водних об'єктів та визначення комплексу водоохоронних заходів встановлюється екологічний норматив якості води, який містить науково обґрунтовані значення концентрацій забруднюючих речовин і показники якості води (фізичні, біологічні, хімічні). При цьому ступінь забрудненості водних об'єктів визначається відповідними категоріями якості води. Тобто досягнення і підтримка екологічного нормативу якості води після здійснення певного комплексу водоохоронних заходів є кінцевою метою управління станом вод. Однак екологічний норматив і категорії якості води для



водних об'єктів України в повній мірі ще не розроблені [22].

Оцінка якісного стану водних об'єктів частіше за все здійснюється шляхом порівняння концентрацій забруднюючих речовин у воді зі значеннями ГДК. Таких показників наразі розроблено більше 2000 для відповідного виду водокористування, і їх кількість зростає. Існуюча автоматизована система обробки даних про якість води, що передбачає агрегацію інформації про кратність перевищень ГДК речовин у воді, визначення достовірності даних і інших, не звільняє від складності порівняння якості води навіть за окремими створами у зв'язку з великою кількістю розглянутих показників. Складності зростають при поширенні масштабу оцінки на ділянку водного басейну або взагалі на басейн і в зв'язку з відсутністю критеріальної бази.

Проте під час розробки різних документів водоохоронного призначення - прогнозів, схем комплексного використання та охорони водних ресурсів - необхідно однозначно оцінювати якість води як за розрахунковими водосховищами, так і за водогосподарськими ділянками та загалом за водними басейнами. Потрібні комплексні показники, які дозволять визначити ефективність капіталовкладень, послідовність впровадження водоохоронних заходів у зоні небезпечного забруднення води.

Існує ряд серйозних розробок, які висвітлюють різні аспекти інтеграції показників, наприклад: регіональний - для оцінки забрудненості водних об'єктів басейну Балтійського моря [23]; міжнародний - для оцінки якості води прикордонних річок [24]; за окремими показниками забруднення - мікробіологічним[25]; токсикологічним[26]; фізико-хімічним та біологічним[27]; за групами показників, обраних експертним шляхом[28,29].

При формуванні комплексної оцінки якості води використовуються два основні напрямки:

- 1) оцінка в абсолютних величинах;
- 2) оцінка в відносних величинах.

Найпростішим підходом у першому випадку є експертне виділення ступенів чистоти (класів) води. Наведено дві класифікації (3 і 6 класів) чистоти води. При

градації якості води за цими класами експертами виділяються найбільш репрезентативні показники (інгредієнти) забруднення та інтервали числових значень нормативів для кожного класу. Показники та нормативи розроблені для чотирьох видів водокористування. Неспівпадіння хоча б одного показника даного класу з нормативними величинами відносить якість води до більш низького класу. У роботі пропонується екологічна класифікація водотоків України на основі значення екологічного індексу ( $I_e$ ), який є узагальненим показником, що відображає реакцію водних об'єктів як природних утворень на випробувану ними антропогенну навантаження, і включає наступні характеристики:

- складу та властивостей води як середовища існування гідробіонтів;
- токсичного забруднення водного екосистеми;
- процесів самоочищення та самозабруднення;
- умов існування водного населення поверхневих вод.

Екологічна класифікація водотоків складається з класифікації вод за гідрохімічними та гідрфізичними показниками і класифікації вод за гідробіологічними, мікробіологічними та токсикологічними параметрами, а також передбачає виділення наступних шести градацій якісного стану води: відмінне, хороше, задовільне, погане, дуже погане та критичне. Екологічна класифікація передбачає оцінку якості поверхневих вод як проміжного між сусідніми класами. В рамках екологічної класифікації до першого класу відносяться води, які в мінімальній мірі піддаються антропогенному навантаженню, характеризуються незмінним режимом функціонування, величини гідрохімічних і гідробіологічних показників яких близькі до фонових значень для даного регіону. Для вод другого класу притаманні певні зміни порівняно з фоновими, як абіотичною, так і біотичною складовою водних екосистем, проте ці зміни можуть бути охарактеризовані як екологічна модуляція або елементи екологічного прогресу (для вод 2-3 класу). До третього класу відносяться води, що піддаються значному антропогенному навантаженню, рівень впливу якого близький до меж стійкості водних





екосистем. Їх екологічний стан можна охарактеризувати як перехідний від екологічного прогресу до екологічного регресу. Води 3-4 класів - це екосистеми з елементами регресу, що піддаються антропогенному навантаженню, що перевищує межі адаптаційних можливостей їх біоценозів. Води 4-6 класів - це води з порушеними екологічними параметрами, що характеризуються різним стадіями розвитку деградаційних процесів. Їх екологічний стан може бути визначений як екологічний регрес. Води першого і другого класів можуть бути використані для будь-яких господарських потреб без будь-яких обмежень. Води третього класу можуть бути використані для господарсько-питного водопостачання (з відповідною системою водопідготовки), культурно-побутового водокористування і з деякими обмеженнями для рибогосподарських цілей. Води четвертого і п'ятого класів мають обмежений обсяг застосування і вимагають значних витрат на третій клас). До третього класу належать води, що випробовують значні антропогенні навантаження, рівень впливу яких наблизений до меж стійкості водних екосистем. Їх екологічний стан можна характеризувати як перехідний від екологічного прогресу до екологічного регресу. Води 3-4 класу - це екосистеми з елементами регресу, що випробовують антропогенне навантаження, що перевищує межі адаптаційних можливостей їх біоценозів. Води 4-6 класів - це води з порушеними екологічними параметрами, що характеризуються різною стадією розвитку деградаційних процесів. Їх екологічний стан може бути визначений як екологічний регрес. Води першого і другого класу можуть бути використані для будь-яких господарських потреб без будь-яких обмежень. Води третього класу можуть бути використані для господарсько-питного водопостачання (з відповідною системою водопідготовки), культурно-побутового водокористування і з деякими обмеженнями для рибогосподарських цілей. Води четвертого і п'ятого класів мають обмежений обсяг застосування і вимагають значних витрат на водопідготовку. Води шостого класу можуть бути використані лише для технічних цілей і потребують негайних заходів щодо відновлення їх екологічного стану.

Екологічний індекс ( $I_e$ ) розраховується за такою формулою:

$$I_e = \sqrt{I_{gc} * I_{gb}}, \quad (1)$$

де

$I_{gc}$  – гідрохімічний індекс ,

$I_{gb}$  - гідробіологічний індекс.

Значення гідрохімічного індексу ( $I_{gc}$ ) визначається на основі відносних оцінок окремих гідрохімічних та гідрофізичних показників, згрупованих за 4 групами:

- гідрофізичні параметри та показники неорганічних сполук (рН, прозорість, розчинений кисень, аміаковий азот, нітрати, нітроти, залізо, сульфати, хлориди, сума іонів, зважені речовини, фосфати);

- узагальнені показники органічних речовин (БПК<sub>5</sub>, перманганатна окислюваність, ХПК);

- показники неорганічних забруднюючих речовин антропогенного походження технічних цілей і потребують негайних заходів щодо відновлення їх екологічного стану.

- показники органічних забруднюючих речовин антропогенного походження (феноли, нафтопродукти, СПАР).

Значення гідробіологічного індексу ( $I_{gb}$ ) розраховується на основі відносних значень наступних гідробіологічних показників:

- біомаса фітопланктону;

- індекс сапробності;

- індекс Вудвісса;

- індекс Гуднайта і Уітлі;

- індекс "самоочищення - самозабруднення";

- загальна кількість мікроорганізмів;

- кількість сапрофітних бактерій.

- рівень відповідної реакції біотеста.

Відносна оцінка окремого гідробіологічного або гідрохімічного показника є



числовою безрозмірною величиною, значення якої знаходиться в інтервалі від 1 до 6 і є значенням відповідного класу якості води, визначеного в екологічній класифікації водотоків України та розширеного за рахунок додаткових показників органічних забруднювачів антропогенного походження (феноли, нафтопродукти, СПАР).

Значення гідробіологічного індексу ( $I_{gb}$ ) розраховується на основі відносних значень наступних гідробіологічних показників:

- біомаса фітопланктону;
- індекс сапробности;
- індекс Вудівісса;
- індекс Гуднайта та Уітля;
- індекс "самоочищення - самозабруднення";
- загальна кількість мікроорганізмів;
- кількість сапрофітних бактерій;
- рівень відповідної реакції біотеста.

Відносна оцінка окремого гідробіологічного або гідрохімічного показника представляє собою числову безрозмірну величину, значення якої знаходиться в інтервалі від 1 до 6 і є значенням відповідного класу якості води, визначеного в екологічній класифікації водотоків України та розширеного за рахунок отримання проміжних значень. Якість води виражена в п'ятибальній шкалі, причому, якщо в кожній категорії призначається свій коефіцієнт бальності, то в оцінка якості води у балах отримана на основі виявлення функціональних залежностей якості від концентрацій ряду забруднюючих речовин. Відповідно до останнього підходу авторами запропоновано індекс забрудненості ( $I_z$ ), нормований за одним показником шкідливості домішок:

$$I_z = q_{\min} \sqrt[3]{\frac{\prod_{i=1}^n q_i}{S^n}} \quad (2)$$

де

$q_i$  - оцінка якості води в балах для  $i$ -го інгредієнта забруднення;

$q_{\min}$  - мінімальне значення якості води в балах для всього набору забруднювачів;

$s$  - максимальний ступінь забрудненості.

В залежності від інтервалів значень виділяється 5 класів якості води. Основний недолік такого роду підходів полягає в тому, що виражені в них абсолютні оцінки змінюються стрибкоподібно, тобто дія забруднюючих речовин на якісний стан води має багатопороговий характер, що не відображає особливостей розглянутого явища. Більш прийнятними з точки зору оцінки "навантаження" на водний об'єкт виступає узагальнений показник, запропонований в. Узагальнений показник скиду речовин у водні об'єкти визначає об'єм чистої (дистильованої) води, необхідної для розведення маси всіх скидаємих речовин сумарно, речовин за лімітуючими групами шкідливості або окремо взятого речовини до максимально допустимих концентрацій речовин у воді водних об'єктів господарсько-питної мети відповідно до Правил, тобто.

$$W1 = \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{U_i}; \quad (3)$$

$$W2 = \max_j \sum_{i_j}^{n_j} \frac{M_{ij}}{U_{ij}}; \quad (4)$$

$$W3 = \max_i^j \frac{M_i}{U_i}; \quad (5)$$

$i=1,2,\dots,n;$

$j=1,2,\dots,m;$

$i_j=1,2,\dots,n_j;$

де  $W1$ ,  $W2$ ,  $W3$  - обсяги води, необхідні для розведення до ГДК відповідно маси всіх речовин, що скидаються сумарно, речовин лімітуючої групи шкідливості, диктуючої речовини, куб.км/рік;

$n$  - кількість речовин, що нормуються правилами ;

$m$  - кількість лімітуючих груп речовин;

$n_j$  - кількість речовин, що входять до  $j$ -ї лімітуючої групи шкідливості;



$M_i$  - маса  $i$ -ї речовини, що скидається у водний об'єкт, т/рік;

$M_{ij}$  - маса  $i$ -ї речовини, що відноситься до  $j$ -ї групи, що лімітує, т/рік;

$U_i$  - ПГК  $i$ -ї речовини для водойм господарсько-питного водокористування, мг/л;

$U_{ij}$  - ГДК  $i$ -ї речовини, що відноситься до  $j$ -ї лімітуючої групи для водойм господарсько-питного водокористування, мг/л;

Між показниками  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  існує таке співвідношення:

$$W_1 \geq W_2 \geq W_3. \quad (6)$$

Показник  $W_1$  характеризує загальний скид речовин, незалежно від їх впливу на якість води в будь-якому розрахунковому водотоці. Тому його використання рекомендується для узагальнених оцінок скиду речовин в цілому по водному об'єкту або його великим ділянкам, економічним районам, областям та галузям народного господарства.

Показник  $W_2$  зручний для характеристики стічних вод по окремих викидах. За його допомогою можна проводити порівняльну оцінку впливу на якість річкової води стічних вод від різних об'єктів у відношенні до відповідного ділянки річки. Для визначення основних показників забруднення по галузям, водогосподарським ділянкам, річковим басейнам рекомендується використовувати показник  $W_3$ .

Основою для розрахунків показників  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  є дані статистичної звітності за формою 2-тп(водгосп), що дозволяє автоматизувати визначення зазначених показників.

Пропонований узагальнюючий показник простий у використанні та застосовний в широкому діапазоні - для ретроспективного аналізу, порівняльних оцінок на сучасному рівні, визначення динаміки зміни скиду речовин у перспективі по окремим викидам стічних вод, галузям промисловості, річковим басейнам, окремим регіонам та Україні в цілому. Для його визначення потрібен обмежений склад вихідних даних - поточна інформація про масу скиданих

речовин та нормативні дані щодо обмежень на скид, визначених Правилами. При цьому не має принципового значення число охоплених Правилами речовин, їх ГДК у водних об'єктах, склад лімітуючих груп, обраний вид водокористування, оскільки узагальнений показник скиду речовин призначений не для абсолютних, а для відносних оцінок, і важливо, щоб прийняті як базові вихідні умови застосовувалися до всіх об'єктів дослідження.

Слід відзначити, що цей показник не дає уявлення про те, скільки насправді потрібно води для розведення скидаєми забруднюючими речовинами, оскільки при його розрахунку, по-перше, з маси скидаєми речовин не віднімається її природна складова (тобто добуток фонові концентрації речовин на витрати стічних вод), по-друге, розведення передбачається дистильованою, а не природною водою, що має неоднорідний склад.

При оцінці якості води у відносних величинах спостерігається кілька підходів. Радянськими і американськими експертами проводились дослідження з визначення ступеня впливу окремих параметрів забруднення на якість води за допомогою визначення відносних ваг забруднюючих речовин. Були отримані індекси якості води (ІКВ) для різних видів водокористування, причому хоча набір параметрів в ІКВ різний, але існує тісна кореляція між окремими індексами. Це свідчить про обґрунтованість такого роду підходів. Проте слід зазначити, що існує великий розкид експертних оцінок за деякими параметрами, що свідчить про необхідність проведення більш широких досліджень залученням спеціалістів при розробці вищезазначеного підходу.

Ще один підхід надається в рекомендаціях щодо використання узагальненого показника для оцінки рівня забруднення природних вод - коефіцієнт забрудненості (КЗ). КЗ тут характеризує кратність перевищення нормативів ПДК у водних об'єктах.

$$\gamma = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \left( \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn} \right), \quad (7)$$



$$\gamma_{ijn} = \begin{cases} \frac{C_{ijn}}{PDK_i}, C_{ijn} > PDK_i \\ 1, C_{ijn} \leq PDK_i \end{cases}, \quad (8)$$

де

$i, I$  - порядковий номер та загальна кількість показників;

$j, J$  - порядковий номер та загальна кількість пунктів контролю (створів);

$n, N_{ij}$  - порядковий номер та загальна кількість вимірювань  $i$ -го показника в  $j$ -му пункті(створі) за період (квартал, рік тощо);

$N_i$  - загальна кількість вимірювань  $i$ -го показника у всіх пунктах контролю;

$\gamma_{ijn}$  - кратність перевищення ГДК при  $n$  вимірі показника  $i$  пункті  $j$ .

Цей підхід розповсюджується і на облік забруднювачів, які належать до різних груп, сформувані за лімітуючим ознакою ступеня шкідливості. До позитивних властивостей цього показника відноситься можливість оцінки і порівняння забрудненості води за часом по окремим водогосподарським ділянкам, басейнам річок, регіонам і всій Україні в цілому, а також те, що КЗ, як відзначають автори, є неперервним показником (він повинен плавно змінюватися з часом).

У роботі наведений інший показник комплексної оцінки якості води (ІКВ), в якому враховується абсолютна і відносна ступені впливу окремих параметрів забруднення:

$$I = \left[ \sum_{i=1}^n \gamma_i w_i \right] \prod_{i=1}^n \varphi(w_i, \gamma_i) = I_0 \phi, \quad (9)$$

$$0 < I \leq 5, \quad \sum_{i=1}^n \gamma_i = 1; \quad 1 \leq w_i \leq 5,$$

де

$\gamma_i$  - відносна вага  $i$ -го показника;

$w_i$  - оцінка в балах якості води за  $i$ -м показником;

$\varphi$  - "штрафна" функція, що знижує індекс при перевищенні норми будь-яким показником.

У роботі запропоновано загальний показник якості води СПК. Ця характеристика якості води ґрунтується на двох принципах. По-перше, якщо хоча б по одному окремому показнику якість води погана, то й у цілому якість не повинна бути високо оціненою. По-друге, запропоновано функціональне перетворення окремих параметрів якості водного об'єкту здійснювати на основі принципу бажаності. Під бажаністю розуміють певний бажаний рівень параметра оптимізації. Вираз перетворення показників властивостей води має наступний вигляд:

$$y_i = \begin{cases} e^{-k \left| \frac{x_i - a_i}{a_i - b_i} \right|^n}, & x_i < a_i \\ 1, & x_i \geq a_i \end{cases} \quad (10)$$

де

$x_i$  - вихідний  $i$ -й показник властивостей води;

$y_i$  - перетворений  $i$ -й показник властивостей води;

$a_i$  - оптимальне значення  $x_i$ -го показника;

$b_i$  - найгірше значення  $x_i$ -го показника;

$n, k$  - коефіцієнти перетворення, що підбираються з відповідності проміжних рівнів показників  $x_i$  та  $y_i$ .

Зведений показник якості розраховується так:

$$\text{ЗПЯ} = \sqrt[m]{y_1 * y_2 * \dots * y_m}, \quad (11)$$

де

$m$  - кількість аналізованих показників якості води;

$y_m$  -  $m$ -ий перетворений показник якості води.

Проблема оцінки техногенного впливу на оточуюче природне середовище є складним комплексним питанням, яке вимагає розгляду в аспекті синергії методів досліджень всіх компонентів біосфери у взаємозв'язку з питаннями управління, соціально-екологічної та економічної політики.

У зв'язку з цим виникає необхідність подальшого розвитку теоретичних





підходів до розробки та вибору інтегральних характеристик і показників як ступеня антропогенного впливу, так і характеристик природного середовища в цілому.