

О.М.КЛИМЧИК,  
економіст Житомирського регіонального  
сектору НДІ статистики Держкомстату України.

### **ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОД ОЦІНКИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ**

Економічний розвиток будь-якої країни світу і зростання народонаселення викликають різке загострення взаємовідносин між природою та суспільством, однією з найбільших проблем серед яких є протиріччя між обмеженим ресурсним потенціалом планети та необмежено зростаючими потребами людства:) Стратегія "не чекати милості від природи", брати від природи, не турбуючись про її охорону, призводить до різкого погіршення стану навколишнього середовища й до швидкого виснаження природних ресурсів, і як наслідок - до виникнення надзвичайно серйозних екологічних проблем глобального значення, серед яких однією з найбільших є зростання дефіциту водних ресурсів та погіршення їх якості.

Раціональне використання та охорона навколишнього природного середовища стають дедалі актуальнішими, поступово займаючи перший ряд серед глобальних проблем сучасності, оскільки без урахування екологічних чинників подальший розвиток суспільства стає просто неможливим. Академік В.І.Вернадський [1] висловив основоположну думку про те, що сучасне людство стало рушійною силою еволюції і що лише шляхом трансформації біосфери в сферу розуму - "ноосферу" можливе розв'язання протиріч між цивілізацією і біосферою. А протиріччя ці очевидні і грандіозні: як показують розрахунки академіка В.А.Ковди, людство в 2 тисячі разів активніше впливає на біосферу, ніж решта живого світу. Англійський фізик-теоретик Стівен Хокінг глибоко проаналізував теоретичні і соціальні проблеми сучасності і наголосив, що подальша доля нашої цивілізації залежатиме від поступу науки і збереження довкілля - без радикального розв'язання глобальних соціально-екологічних проблем існування людства стане неможливим.

Природні ресурси - основа життєдіяльності людини. Вода - один із найважливіших видів мінеральної сировини, основний природний ресурс, що споживається людством (сьогодні води використовується в тисячі разів більше, ніж нафти чи вугілля); це - головна складова частина всіх

живих організмів; за участю води здійснюються численні процеси в екосистемах (наприклад, обмін речовин, тепла) тощо! Природна чиста вода містить розчинні речовини в кількості і пропорції до яких у процесі еволюції адаптувалося все живе. Але розвиток цивілізації зумовив перерозподіл речовин та появу сполук, які не характерні для живої природи. До того ж швидкість їх появи перевищує темпи пристосування живих організмів до нових умов зміненого середовища.

Чистої води стає дедалі менше попри те, що її якість є запорукою здоров'я, основою життя на Землі. Однією з головних причин негативних наслідків антропогенного впливу на водні об'єкти є споживацьке відношення до них. Вода, як природний ресурс, на відміну від нафти, газу, вугілля, поступово відновлюється в процесі глобального водообміну. Тому водні ресурси довго вважалися невичерпними та здатними до самоочищення. Однак, збільшення антропогенного впливу на водні джерела та ландшафти водозбірних басейнів (значні обсяги споживання води в економічній діяльності, зростання скидів забруднених вод у поверхневі водойми тощо) призвело до порушення умов формування стоку і водного режиму, зниження самовідновлюваної спроможності водних ресурсів, зумовило зменшення водності річок, зниження їхньої біопродуктивності.

Незважаючи на те, що протягом останніх десятиріч інтенсивність водокористування залишалась постійною, а подекуди скоротилась, розвиток сучасного виробництва супроводжується зростаючим залученням водних ресурсів такими водоемкими галузями, як промисловість, сільське та комунальне господарство. На даний час обсяги водокористування в басейнах річок практично досягають верхньої межі, внаслідок чого виникла суперечність між попитом на воду та можливостями його задоволення як за кількістю, так і за якістю, особливо для питних потреб.

Найбільшим за обсягом повного водоспоживання і використання свіжої води серед водокористувачів є промисловість, особливістю використання води якою є відносно значні її втрати і великі об'єми в обороті. Сільське господарство, як за обсягами використаної води, так і за безповоротними її втратами, також належить до найбільш водоемних галузей економіки. Застосування на великих площах засобів хімізації сільськогосподарського виробництва, відходи тваринницьких комплексів зумовлюють потрапляння їх із стічними водами та внаслідок горизонтальної фільтрації з полів у водні об'єкти, спричинюючи підвищення вмісту органічних та мінеральних сполук, що негативно впливає на якість води, і є однією з причин високого

рівня екологічного навантаження на водні джерела. Значним споживачем свіжої води є комунальне господарство, яке забезпечує господарсько-питні та побутові потреби населення в житловому фонді та у сфері матеріального виробництва, санітарні потреби міст і селищ міського типу.

Динаміка водоспоживання та водовідведення по Житомирській області, (табл. 1., рис. 1) засвідчує не лише загальну тенденцію до

Таблиця 1

**Використання води за потребами та водовідведення**

млн. куб. м

	1990 р.	1995 р.	2000 р.	2000 р. у %до 1990 р.	2000 р. у %до 1995 р.
<b>Використано свіжої води, всього</b>	282	178	107	38	60
<b>у т. ч. на потреби:</b>					
виробничі	104	60	25	24	42
сільськогосподарські	62	54	13	21	24
господарсько-питні	68	63	47	69	75
<b>Водовідведення у поверхневі водні об'єкти</b>	145	101	61	42	60
<b>у т. ч. забруднених стоків</b>	63	39	35	56	90

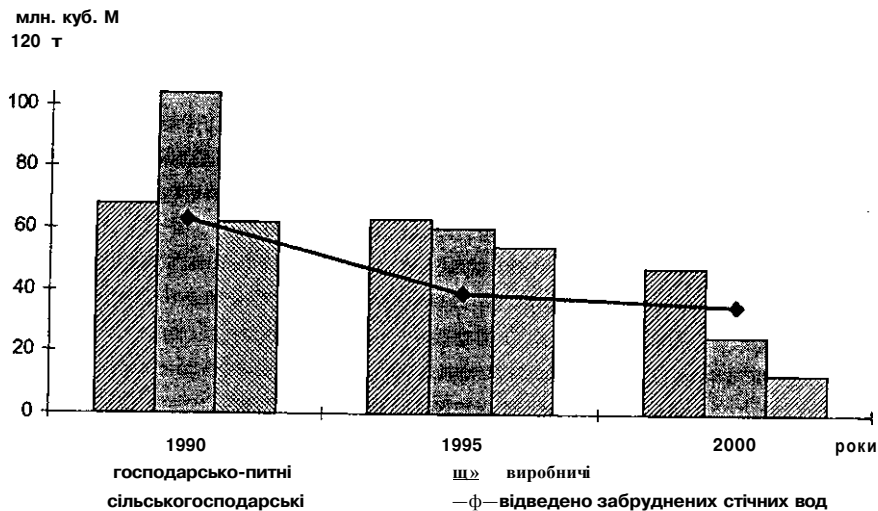


Рис. 1 Динаміка використання свіжої води за потребами та скидання забруднених стічних вод

зниження водоспоживання на потреби економіки, а й різні її темпи у окремих галузях [2]. Так, якщо використання свіжої води на виробничі потреби у 2000 р., порівняно до 1990 р., зменшилось у 4 рази, на сільськогосподарські - майже у 5 разів, то споживання води на господарсько-питні потреби зменшилось лише на третину.

Крім того, попри тенденцію до зменшення обсягів водовідведення у поверхневі водойми (від 145 млн. куб. м у 1990 р. до 61 млн. куб. м - у 2000 р.), обсяги забруднених стоків в них зростають: якщо у 1990 р. частка неочищених та недостатньо очищених вод становила 43%, то у 2000 р. більше половини відведених вод була забрудненою.

Більшість водокористувачів "споживає" воду в тому розумінні, що Дб водного джерела повертається менше води, ніж було забрано. Більше того, вода, що повертається до природного середовища, є якісно деградованою та забрудненою. Досить згадати, що відводить каналізація від житлових будинків (обсяги забруднених стічних вод підприємств житлово-комунального господарства становлять понад 60 %). Шкідливі, і навіть отруйні, речовини містять у собі промислові стоки. Перед випуском у водні об'єкти стічні води знезаражуються і очищуються, проте очищення, передусім через його велику вартість, виконується далеко не повно, а частина стічних вод відводиться до поверхневих водойм взагалі неочищеною. Крім того, головною причиною скиду забруднених стічних вод є неефективна робота очисних споруд, у тому числі внаслідок їх перевантаження, спрацювання обладнання та застосування застарілих технологій очищення і знезараження стоків. Постійне забруднення водних об'єктів може відбуватися при скиданні не лише неочищених, але й недостатньо очищених вод внаслідок накопичення різноманітних забруднюючих компонентів. Це накопичення відбувається тим швидше, чим ближче їх концентрація до гранично допустимої.

У водні об'єкти щораз скидається значна кількість відпрацьованих забруднених вод промисловості, сільського та комунального господарства. Зі стічними водами у водойми потрапляють у надмірній кількості біогенні речовини, важкі метали, штучні неорганічні та органічні речовини токсичної дії, які акумулюються у донних відкладеннях і можуть стати джерелом вторинного забруднення водних мас. Таким чином, вода, використана на потреби населення, промисловості, сільського господарства, повертаючись, в кінцевому підсумку, у природні водойми, забруд-

нює їх та порушує екологічну рівновагу. При цьому відбувається зміна складу і якості природних вод:

- зміна фізичних властивостей (порушення початкової прозорості та забарвлення, поява неприємних запахів та присмаків);
- зміна хімічного складу, зокрема, поява в ній шкідливих речовин;
- плаваючі речовини на поверхні води та відкладення на дні;
- скорочення у воді кількості розчиненого кисню внаслідок використання його на окислення органічних речовин, що надходять до водойми;
- поява нових бактерій, у тому числі хворобоутворюючих тощо.

На сьогодні в найбільш заселених районах земної кулі не залишилось крупних річкових систем з природним гідрологічним режимом та хімічним складом, не порушених антропогенною діяльністю. Тому проблема охорони водних ресурсів від забруднення стічними водами залишається дуже гострою.

За якістю поверхневі водні об'єкти поділено на п'ять класів [3] (об'єкти найвищої якості належать до 1 кл., найгіршої - до 5 кл.). Стандартні якості води (директивні показники) пропонуються Всесвітньою організацією охорони здоров'я для оцінки придатності води щодо її використання як питної та для всіх інших цілей. Основні класи якості води в умовах загального стану забруднення або чистоти вод, як правило, варіюють в діапазоні від "незабруднених" до "сильно забруднених", або від "відмінних" до "поганих", як це пропонується в проекті класів якості, розробленому Європейською екологічною комісією:

- I клас - відмінна (блакитний колір);
- II - добра (зелений колір);
- III - задовільна (жовтий колір);
- IV - незадовільна (оранжевий колір)
- V - погана (червоний колір).

Відповідно до цієї класифікації майже всі річкові басейни України класифікують як забруднені (4 кл.) або дуже забруднені (5 кл.). Стан головної водної артерії області - р. Тетерів - характеризується від поганого до дуже поганого., Водні об'єкти забруднюються переважно сухими рештками, хлоридами, завислими речовинами, сульфатами та нітратами (табл. 2).

Оцінку якості води (визначення її придатності для різноманітних господарських цілей) проводять, як правило, шляхом порівняння нормативних показників певного водокористувача (наприклад, питного чи техніч-

**Скидання забруднюючих речовин  
із стічними (зворотними) водами у р. Тетерів**

тис. тонн

Вміст забруднюючих речовин у зворотних водах	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>БСК<sub>пнн</sub></b>	5,3 0	4,2 1	3,4 8	3,0 4	2,4 8	1,6 8	1,3 7
<b>Зважені речовини</b>	4,3 7	4,0 7	2,2 4	2,5 8	2,1 1	1,6 3	1,3 7
<b>Сухий залишок</b>	39,5 6	23,2 6	17,0 8	26,2 3	13,8 7	6,5 9	12,2 2
<b>Сульфати</b>	5,1 5	2,6 6	2,2 0	3,5 5	1,5 7	0,7 4	1,5 1
<b>Хлориди</b>	7,0 2	4,8 4	3,7 4	4,1 5	2,5 9	1,3 5	2,2 9
<b>Азот амонійний</b>	0,8 0	1,1 0	0,6 1	0,5 9	0,4 4	0,2 5	0,3 0
<b>Нітрати</b>	0,1 9	0,1 0	0,0 9	0,3 8	0,2 2	0,3 4	0,4 6

ного водопостачання) з реальним станом водного джерела. Це порівняння відбиває ступінь відповідності природної води нормативам конкретного водокористувача і визначає необхідність управління її якістю. Реальний стан водного джерела визначається шляхом відбору проб та візуальним спостереженням у контрольних точках.

Для оцінки якості води у поверхневих об'єктах з певною кількістю залежних змінних величин, які її характеризують (температура, прозорість, хімічний склад, шкідливі домішки тощо), пропонуємо використовувати комплексні показники якості. В результаті математичної обробки спостережень за оцінками якостей була розроблена так звана експоненційна функція бажаності [4]. Оцінка  $d$ , яка ставиться за нею, виражається формулою:

$$d = \exp[-\exp(-y)], \quad (1)$$

де

$\exp$ - прийняте позначення експоненти; .

$y$  - величина оцінюваного показника.

Під "бажаністю"  $d$  розуміють той або інший бажаний рівень параметру оптимізації (показника якості, наприклад, води), за умови зміни  $d$  в межах 0,0 .. 1,0. Відповідно до цієї "шкали бажаності рівнів якості" допустимий і достатній рівень якості отримується при  $d=0,60-0,37$ ; найкращий - заданий рівень (відповідає тому значенню параметра оптимізації, яке необхідно отримати) при  $d = 0,37$ ; допустимий, дуже високий рівень якості та достатньо високий при  $d = 0,60-1,00$ ; а недопустимий та

максимально небажаний рівень якості у тому випадку, коли  $d$  знаходиться в межах від 0, 0 до 0,37.

Ідея використання функції бажаності як оптимізуючої функції полягає в тому, що значення кожного з оцінюваних параметрів оптимізації (керування)  $u$ , яких може бути достатньо багато, перетворюються у відповідні бажаності  $d$ , після чого формується узагальнена функція "бажаності"  $D$ , яка є середнім геометричним бажаностей окремих параметрів оптимізації:

$$D = \sqrt[q]{d_1 \times d_2 \times \dots \times d_q} = \sqrt[q]{\prod_{i=1}^{i=q} d_i} \quad (2)$$

де

$q$  - число рівнів оптимізації (параметрів), які вивчаються,

$\Pi$  - знак добутку.

Отже, у відповідності до формули (2) узагальнена функція бажаності є єдиним параметром оптимізації замість багатьох  $d$ , тобто є комплексним інтегральним показником еколого-критеріальної оцінки екосистеми. Крім того, функція бажаності надає можливість інтенсивної оцінки показників якості: вона не має розмірності, як наприклад, окремі параметри: температура вимірюється у градусах, прозорість - у сантиметрах, запах - у балах, вміст забруднюючих речовин - у вагових одиницях тощо.

Якщо застосувати запропонований метод узагальнення критеріальної оцінки, відповідно формул (1),(2), отримуємо комплексний інтегральний показник  $D$  екологічного стану оцінюваного об'єкту - р. Тетерів (табл.3).

Таблиця 3

**Значення комплексного інтегрального показника  $D$  екологічного стану р. Тетерів**

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
$D$	0,003	0,239	0,770	0,109	0,832	0,409	0,502

Як виходить з аналізу табл.3, значення  $D$  найбільше відповідало заданому рівню параметру оптимізації - 0,409 у 1999 р., а у 1994 р. мало недопустимий рівень - 0,003. Тобто, якщо оцінювати екологічний стан р. Тетерів за обсягами вмісту забруднюючих речовин, які надійшли зі зворо-

тними водами, то найкращим він був у 1999 р., а найгірший - у 1994 р. Якщо проаналізувати дані табл. 2, де наведені натуральні показники забруднюючих речовин, можна відмітити, що у 1994 р. вміст сухого залишку у стічних водах становив 39,56 тис. т (найбільший у наведеному динамічному ряді), а у 1999 р. - 6,59 тис. т (найменший). Аналогічна ситуація простежується за вмістом сульфатів та хлоридів. Тобто запропонований метод узагальнення критеріальної оцінки якості води у поверхневих водних об'єктах дає змогу дати комплексну оцінку екологічного стану будь-якої водойми, абстрагуючись від окремих показників, різноманітних за характером і розмірністю. А це, в свою чергу, дає можливість оперативно оцінити вплив антропогенної діяльності на навколишнє середовище та визначити завдання по його зменшенню для оптимізації довкілля.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии - М.: Наука, 1980.
2. Охорона навколишнього середовища та використання природних ресурсів України за 1999р. Статистичний збірник - К: Державний комітет статистики України, 2000, -180 с.
3. Методологические исследования. Концепция и методы статистики окружающей среды. Технический доклад//ООН, Нью-Йорк, 1992. -стор. 153.
4. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. - М.: Машиностроение, 1980. - 304 с.