

УДК 504.064

## **ЕКОЛОГІЧНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ ГІДРОЕКОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ Р. ПРУТ**

*В.М. Удод, д-р біол. наук, проф.  
В.В. Трофімович, канд. техн. наук, проф.  
М.Ю. Яців, асистент  
(Київський національний університет  
будівництва і архітектури)*

*В роботі розглянуто проблему оцінки якості води гідроекосистем, виділено здатність води річок до самоочищення як індикатор їх стану. Запропоновано підхід до визначення якості вод гідроекосистем р. Прут на основі критеріїв, що відображають процеси трансформації забруднюючих речовин у водному середовищі, процеси самоочищення та біогенного навантаження.*

*В работе рассмотрена проблема оценки качества воды гидроекосистем, выделена способность воды рек к самоочищению как индикатор их состояния. Предложен подход к определению качества вод гидроекосистем р.Прут на основе критериев, которые отображают процессы трансформации загрязняющих веществ в водной среде, процессы самоочищения и биогенной нагрузки.*

*This Article presents the problem of estimation of quality of water of water ecosystem, self-purification capacity of the rivers is selected as an indicator of their state. Offered approach to determination of quality of waters of water ecosystem of the Prut river on the basis of criteria which represent the processes of transformation of contaminations in a water environment, processes of self-purification and biogenic loading.*

Початок XXI сторіччя характеризується тим, що практично всі водні об'єкти України кількісно та якісно виснажені. Сучасний екологічний стан річок викликає серйозну стурбованість, тому що внаслідок багатофакторного антропогенного впливу

на басейни річок не відбувається збереження природної організації їх екосистем внаслідок порушення динамічного розвитку природних систем. В той же час аналіз даних науково-технічної літератури [1, 3, 5] показує, що недостатньо уваги приділено гомеостатичності гідроекосистем в умовах постійної трансформації окремих складових біосфери (в даному випадку — гідросфери). На наш погляд, «індикатором» цього процесу може бути самоочисна здатність води річок. Саме оцінка самоочисної здатності води річок суттєво впливає на розуміння генезису гідрохімічних змін, які відбуваються в річці. Це дає змогу з'ясувати поведінку полутантів в гідроекосистемі та обґрунтувати ефективність методів водопідготовки.

Гомеостатичність водних екосистем може бути досягнута лише за умов раціонального використання водних ресурсів, якісного екологічного контролю та інформаційного супроводження прийняття природоохоронних рішень по забезпеченню екологічної безпеки на регіональному рівні. Такий підхід особливого значення набуває в тих випадках, коли вода річок використовується для централізованого водопостачання та господарської діяльності людини, що включає взаємозв'язані природні ресурси і соціально-господарські системи, які сумісно формують умови для життєзабезпечення населення та економіки даного регіону. Дисбаланс у системі «соціум-економіка» відображається на якісному стані води.

Наші дослідження дозволяють зробити висновок, що в основному система оцінок на основі ГДК є екологічно не-ефективною. Система санітарно-гігієнічного нормування з використанням ГДК піддається в цілому аргументованій критиці [1, 2, 4], тому що давно склалися тенденції до оцінки стану водних об'єктів не з точки зору необхідності конкретного споживача, а з точки зору збереження структури і функціональних особливостей всієї екосистеми в цілому. Систематизація критичних зауважень за даними літератури та наші припущення зводяться до наступного:

1) хімічні та біохімічні реакції забруднюючих речовин у воді річок відбуваються в залежності від гідрологічних та гідрохімічних показників, які відповідно даних науково-технічної літератури [2] змінюються на всій протяжності річки, що зобов'я-

зує брати до уваги басейновий принцип дослідження гідро-екосистем;

2) ГДК не враховує регіональних умов функціонування водних екосистем в різних природно-кліматичних зонах;

3) в разі використання показника ГДК не враховується трофічний рівень екосистем;

4) концентрація речовин не відображає токсикологічне навантаження на екосистему, тому що не враховуються процеси акумуляції в біологічних об'єктах і донних відкладеннях;

5) не враховуються ефекти синергізму, антагонізму, сумачії;

6) не враховуються продукти взаємодії забруднюючих речовин в різних хімічних та біохімічних реакціях, які відбуваються у водному середовищі;

7) оцінка стану водних екосистем, як правило, проводиться без врахування просторово-часових і лімітуючих факторів.

Перераховані недоліки санітарно-гігієнічного нормування не відкидають необхідність оцінки стану водних об'єктів по ГДК, але констатують про необхідність розробки нових підходів до характеристики розвитку водних екосистем.

На наш погляд, повинно бути два критерії якості води:

- критерії, які вказують на зміну життєвого середовища людини та загрожують стану його здоров'я за ГДК; ГДК представляють собою принципово індивідуальні стандарти, які регламентують лише ізольовану дію нормативного шкідливого агента та не передбачають кількісне коригування у випадку сумісної дії декількох компонентів;

- комплекси критеріїв, які показують зміни природного водного середовища — вплив забруднюючих речовин на гомеостатичність водних екосистем та відновлення самоочисної здатності водойми.

Таким чином, до теперішнього часу практично не запропонована цілісна система, яка може забезпечити інформаційно-аналітичну базу природоохоронної діяльності для відповідних контрольних екологічних служб з метою забезпечення екологічної безпеки і раціонального використання водних ресурсів. Разом з тим рішення органів екологічного управління, які направлені на нормалізацію екологічного стану, забезпечення екологічної безпеки та екологічного благополуччя населення,

повинні бути адекватні обставинам, які виникають при динамічних їх змінах.

Нами в якості екологічної оцінки стану водної екосистеми обрано системний принцип розвитку водної екосистеми та концепція критичних навантажень, які взаємопов'язані між собою. Системний підхід передбачає підтримання гомеостатичності водних екосистем за рахунок здійснення екосистемного моніторингу (спостереження за станом екосистем за довгостроковий період, контроль його динаміки, прогнозу їх змін, управління і оптимізація стану). В дослідженнях екосистем і в організації їх моніторингу велике значення має як контактна, так і дистанційна інформація [6]. Традиційний екологічний моніторинг водних екосистем р. Прут дав змогу оцінити вплив природних та антропогенних факторів за довготривалий період на якість води в річці протягом усього водозбірного басейну [7—10] (табл. 1).

З табл. 1 видно, що найбільш «жорсткою» з наведених є методика Гідрохімічного інституту (з використанням комбінаторного індексу забрудненості); за нормативною «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (екологічний індекс) якість води найкраща. Велика різниця в оцінках якості свідчить про недосконалість сучасних методів оцінки якості вод та про необхідність подальших досліджень в напрямку створення повної і збалансованої комплексної методики, яка б враховувала недоліки ГДК, про які згадувалось вище.

Цілісне уявлення щодо екологічної ситуації стану водних екосистем, впливу природних і техногенних факторів, можливо отримати із використанням геоінформаційних технологій. Для басейну р. Прут було розроблено геоінформаційну систему «Техногенне навантаження на басейн річки Прут» [11]. Комплексне надання карт у вигляді шарів ГІС дає можливість послідовно порівняти забруднення у просторово-часовому розрізі р. Прут. ГІС — це є «атлас» виконаний в електронному вигляді, що дозволяє не тільки будувати окремі тематичні карти (рис. 1) для візуального аналізу, але і здійснювати математичні розрахунки, детально аналізувати гідрохімічні, гідрологічні дані, проводити екологічне моделювання тощо. ГІС складається із декількох основних підсистем і блоків, які використовують для оцінки різних впливів природного та антропогенного походження на водні екосистеми [6].

Таблиця 1 — Порівняння різних методик оцінки якості поверхневих вод на прикладі р. Прут

		Класифікація якості води р.Прут									
Створ	Період досліджень	за питомим комбінаторним індексом забрудненості $\bar{S}_j$			за екологічним індексом якості води $I_{сер}$				за індексом забрудненості води (ІЗВ)		
		$\bar{S}_j$	Клас і розряд якості води	Ступінь забрудненості води	Екологічний індекс ( $I_{сер}$ )	Клас (категорія) якості води	Характеристика якості	ІЗВ	Клас якості води	Характеристика якості	
0,5 км вище м.Коломия	1984—1995 рр.	3,83	3б	Дз	3,18	II (3)	ДДч	1,22	III	Пз	
	1997—2005 рр.	3,85	3б	Дз	2,98	II (3)	ДДч	1,02	III	Пз	
0,5 км нижче м.Коломия	1984—1995 рр.	4,48	4а	Б	3,2	II (3)	ДДч	1,42	III	Пз	
	1997—2005 рр.	4,01	4а	Б	2,82	II (3)	ДДч	1,17	III	Пз	
0,5 км вище м.Яремча	1986—1995 рр.	4,13	4а	Б	2,84	II (3)	ДДч	1,59	III	Пз	
	1996—2005 рр.	4,21	4а	Б	2,59	II (3)	ДДч	1,96	III	Пз	
в межах м.Яремча	1982—1995 рр.	3,94	3б	Дз	2,73	II (3)	ДДч	1,37	III	Пз	
	1996—2005 рр.	4,81	4а	Б	2,94	II (3)	ДДч	2,31	III	Пз	

Продовження табл. 1

Створ	Період досліджень	Класифікація якості води р.Прут						за індексом забрудненості води (ІЗВ)		
		за питомих комбінаторним індексом забрудненості $\bar{S}_j$			за екологічним індексом якості води $I_{сер}$			ІЗВ	Клас якості води	Характеристика якості
		$\bar{S}_j$	Клас і розряд якості води	Ступінь забрудненості води	Екологічний індекс ( $I_{сер}$ )	Клас (категорія) якості води	Характеристика якості			
1—3,5 км вище м.Чернівці	1976—1985 рр.	6,19	4б	Б	2,8	II (3)	ДДч	2,56	IV	3
	1986—1995 рр.	4,20	4а	Б	3,25	II (3)	ДДч	1,34	III	Пз
	1996—2005 рр.	3,84	3б	Дз	2,77	II (3)	ДДч	1,02	III	Пз
	1971—1985 рр.	4,90	4а	Б	2,97	II (3)	ДДч	1,89	III	Пз
1—3 км нижче м.Чернівці	1986—1995 рр.	4,00	4а	Б	3,32	II (3)	ДДч	1,46	III	Пз
	1996—2005 рр.	4,52	4а	Б	3,04	II (3)	ДДч	1,5	III	Пз
	1986—1995 рр.	4,17	4а	Б	3,37	II (3)	ДДч	1,45	III	Пз
7 км нижче м.Чернівці	1996—2005 рр.	4,49	4а	Б	3,02	II (3)	ДДч	1,34	III	Пз

Умовні позначення: Б — брудна вода, Дз — дуже забруднена; ДДч — добрі, досить чисті води;

Пз — помірно-забруднена, З — забруднена.

При розрахунках використовувались рибогосподарські значення ГДК.

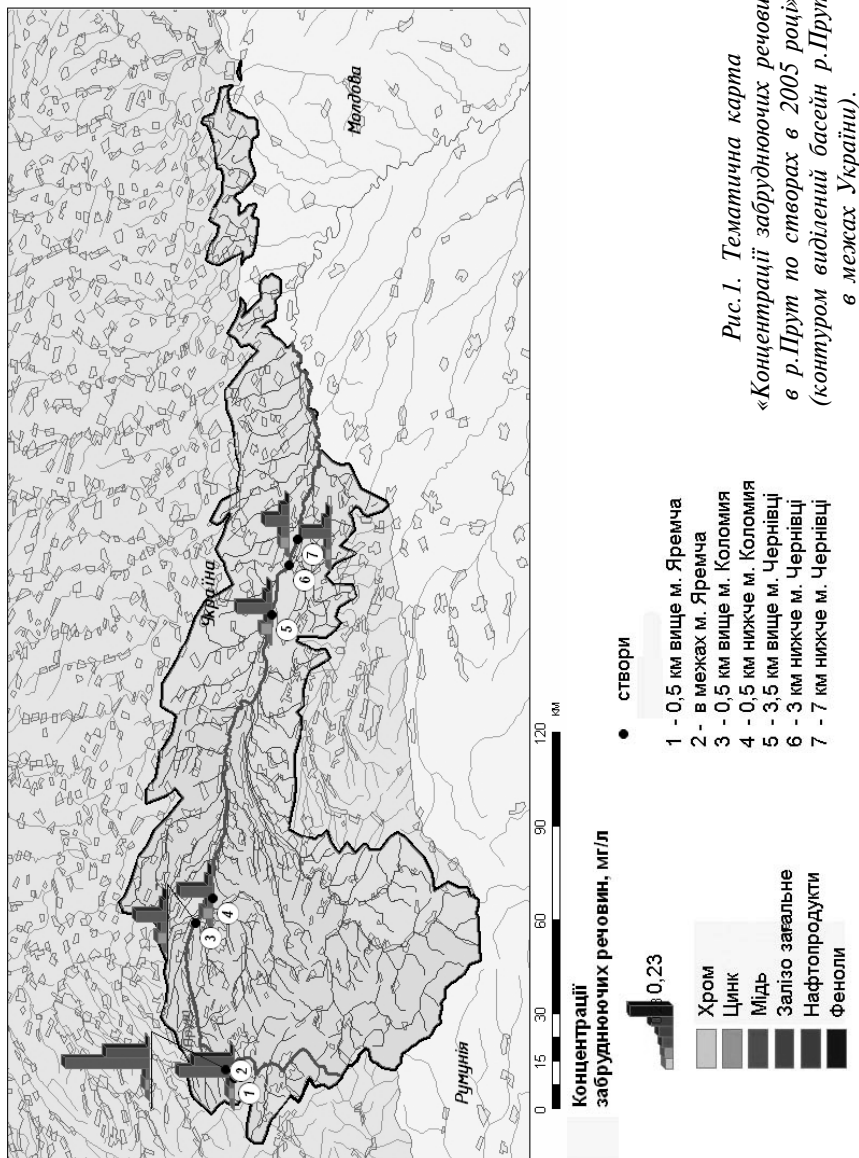


Рис. 1. Тематична карта «Концентрації забруднюючих речовин в р. Прут по створах в 2005 році» (контуром виділений басейн р. Прут в межах України).

За результатами наших досліджень, ми вважаємо, що при проведенні оцінки якості води гідроекосистем необхідно керуватись критеріями, які охоплюють наступні положення:

- Застосування комплексного підходу вирішення даної проблеми.
- Визначення динаміки змін лімітуючих полютантів у просторі і часі.

Для описання зміни вмісту забруднюючої речовини (субстрата) у водному середовищі нами була прийнята модель її біологічної деградації (трансформації) [12]:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{V_m S}{K + S},$$

де  $S$  — концентрація субстрата (БСК<sub>5</sub>, феноли, нафтопродукти, найпростіші азотні сполуки);  $V_m$  — максимальна швидкість процесу, яка досягається при необмеженій кількості субстрата;  $K$  — константа Міхаеліса-Ментена.

Після проведених перетворень і розрахунків для шести видів субстрата і чотирьох сезонів (весна, літо, осінь, зима) були отримані значення швидкості процесу трансформації  $V_m$  та константи  $K$ . Значення  $V_m$  для нафтопродуктів в середньому становило — 0,0057 години<sup>-1</sup>, для фенолів — 0,00021 години<sup>-1</sup>, для азоту нітратного — 0,0167 години<sup>-1</sup>, для азоту нітратного — 0,00013 години<sup>-1</sup>, для азоту амонійного — 0,0038 години<sup>-1</sup>.

Встановлені залежності  $V_m(T)$ , які визначають зміни  $dS/dt$  з температурою для деяких забруднюючих речовин. Так, для нафтопродуктів:

$$V_m = 2,05 \cdot 10^{-4} + 0,31 \cdot 10^{-5} \cdot T, \text{ година}^{-1}.$$

- Визначення біогенних елементів у водному об'єкті.

В якості основного рівняння, для визначення граничного біогенного навантаження на водний об'єкт, використовуємо співвідношення інтенсивності надходження забруднювачів ( $g$ , кг/(м<sup>3</sup>·с)) із водозбірної площі та швидкості їх самоочищення у водному об'єкті ( $v$ , кг/(м<sup>3</sup>·с)):

$$v \geq g.$$



- *Визначення самоочисної здатності гідроекосистеми.*

Для загальної оцінки самоочисної здатності екосистем р. Прут використовували показник  $K_c$ , який розраховували наступним чином:

$$\sum_{i=1}^n P_i(t_i) = K_c,$$

де  $P$  — співвідношення БСК до ХСК, що характеризує здатність води до самоочищення;  $t$  — час.

В залежності від значення  $K_c$  ( $K_c=0$  1) можна виділити такі стани розвитку гідроекологічних процесів:

- процеси самоочищення не порушені — за умов відсутності якісного виснаження водної екосистеми;
- наявність у воді великої кількості важко окислювальних речовин — перевищення ХСК;
- втрата самоочисної здатності — при перевищенні ХСК у десятки разів, у водній екосистемі відбувається зниження компенсаційних можливостей природної екосистеми.

- *Встановлення якості води водної екосистеми в залежності від змін гідрохімічних і гідрологічних показників та ефективності самоочисної ємності гідроекосистеми.*

\* \* \*

1. Основы природопользования / А.Е. Воробьев, В.В. Дьяченко, О.В. Вильчинская, А.В. Корчагина. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. — 539 с.

2. Васюков А.Е. Химические аспекты экологической безопасности поверхностных водных объектов / А.Е. Васюков, А.Б. Бланк. — Харьков: «НТК Ин-т монокристаллов» НАН Украины, 2007. — 255 с.

3. Комунальна гігієна / Є.Г. Гончарук [та ін.]. — К.: Здоров'я, 2003. — 727 с.

4. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами. (затверджено Мін. охорони НПС Украї-

ни від 15.12.94 р., № 116). — Харків: УкрНЦОВ, ЮНИТЕП, 1994. — 79 с.

5. Никаноров А.М. Применение экологического моделирования для определения пределов устойчивого развития пресноводных экосистем и экологического нормирования / А.М. Никаноров // Водные ресурсы. — М., 1995. — Т. 22, № 2. — С. 214—217.

6. Красовський Г.Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій / Г.Я. Красовський. — К.: Інтертехнологія, 2008. — 480 с.

7. Удод В.М. Динаміка змін показників якості води р. Прут на різних її ділянках / В.М. Удод, М.Ю. Яців // Екологічна безпека та природокористування. — К.: 2008. — Вип. 1. — С. 42—60.

8. Яців М.Ю. Комплексна оцінка якості води р. Прут. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки / М.Ю. Яців. — К., 2008. — Вип. 11. — С. 52—64.

9. Яців М.Ю. Оцінка екологічного стану річки Прут, як джерела води для централізованого водопостачання / М.Ю. Яців // Екологія і ресурси. — К.: 2008. — Вип. 19. — С. 143—155.

10. Удод В.М., Яців М.Ю. Просторово-часова екологічна характеристика р. Прут / В.М. Удод, М.Ю. Яців // Екологічна безпека та природокористування. — К., 2008. — Вип. 2. — С. 145—161.

11. Яців М.Ю. Використання ГІС-технологій при вирішенні завдань моніторингу в басейні річки Прут / М.Ю. Яців // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях. Зб. наук. праць. 8 Міжнародної наук. практ. конф. (Київ — Харків — АР Крим, 7—11 вересня 2009 р.). — С. 137—143.

12. Удод В.М. Сучасні підходи до визначення процесів самоочищення природних водойм (на прикладі річки Прут) / В.М. Удод, В.Л. Поляков, М.Ю. Яців // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. — К., 2009. — Вип.12. — С. 5—13.

*Отримано: 10.05.2010 р.*