

УДК 504.067.2.001.18

© В.М. Удод, д-р біол. наук, проф.;

І.Л. Вільдман, здобувач

Київський національний університет будівництва та архітектури

## **НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ ГІДРОЕКОСИСТЕМ Р. ІНГУЛЕЦЬ**

*Встановлені наукові закономірності розвитку гідроекосистем (ГЕ) р. Інгулець, що дало змогу на цій основі запропонувати комплексні екологічні методи контролю за станом водної системи. Беручи до уваги високий рівень забрудненості р. Інгулець, найбільш інформативним методом контролю, на наш погляд, є екологічний біоценотичний рівень за рахунок використання природного ресурсу ГЕ – асиміляційного потенціалу; а при використанні екологічного біоценотичного потенціалу визначають біохімічну активність важких металів по відношенню до біо- та гідроекосистем. Запропоновані методи визначають порушення трофічних, саморегулюючих зв'язків в ГЕ, що дозволяє своєчасно розробити водоохоронні заходи.*

**Ключові слова:** трофічні зв'язки, саморегулюючі зв'язки, асиміляційний потенціал, екологічний біоценотичний потенціал, гідроекосистема.

Екологічний стан водних систем річок України на техногенно навантажених територіях характеризується інтенсивним кількісним та якісним їх виснаженням. Оцінка та прогноз стану рівнинних річок гальмується через брак інформації щодо екологічних процесів, які відбуваються в басейнах річок як результат дії спеціалізованих модифікованих (антропогенних) факторів [1–3]. Неможливо не погодитись з авторами, що розширення відомостей стосовно структурно-функціональних властивостей гідроекосистеми (ГЕ) в умовах змін середовища існування гідробіонтів можливе лише за умови розробки комплексної інформаційної системи контролю, яка б дозволила охарактеризувати інтенсивність внутрішньоводоймних процесів, що відбуваються у водних системах річок і, насамперед, р. Інгулець [4]. В той же час, система сучасних методів санітарно-гігієнічного нормування (ГДК) здійснює лише оцінку стану водних об'єктів за індивідуальними показниками і з точки зору потреб конкретного водокористувача (ресурсний підхід), висвітлюючи клас забрудненості та зміну хімічного складу (внаслідок перевищення кратності речовин антропогенного походження) води. Хоча за останні роки стала з'являтися інформація щодо змін деяких структурно-функціональних властивостей ГЕ [5–7] в процесі їх розвитку. Слід зауважити, застосування екологічного підходу для оцінки стану ГЕ дозволяє визначити своєрідне функціонування і стійкість ГЕ на різних етапах в різних умовах (у просторі та часі). А видова токсикорезистентність гідробіонтів

залежить не тільки від механізмів дії екотоксикантів (речовин антропогенного походження), скільки від рівня організації гідробіонтів та їх відношення до загального фону забруднення, обумовленого відповідними механізмами адаптації, які сформовані протягом еволюції природи [7] тощо.

Нами, в умовах багатоконпонентного забруднення водної системи р. Інгулець та беручи до уваги різні синергічні ефекти (комбінованого, комплексного, сполученого впливу всієї різноманітності фізичних, хімічних, біологічних факторів водного середовища), була врахована інтенсивність біосинтетичних реакцій в ГЕ і була досліджена узгодженість між екотоксикодинамічними та екотоксикокінетичними процесами, динамічна рівновага в біо- та гідроекосистемах р. Інгулець. Такий підхід дозволив встановити наукові закономірності розвитку ГЕ за довгостроковий період (30 років) по розрахункових створах в районі м. Кривий Ріг, які стали основою для розробки комплексних методів контролю за станом водної системи р. Інгулець.

Використані дані екологічного моніторингу стану ГЕ р. Інгулець по 4 розрахункових гідростворах (1 км вище м. Кривий Ріг, 1 км нижче м. Кривий Ріг, 7 км нижче м. Кривий Ріг (після скиду організованих стічних вод), 1,2 км вище м. Садове (гирло річки)) [8, 9], отримані результати з використанням нормативних методів та запропонованих нами [1, 4, 10].

Аналіз результатів досліджень водної системи р. Інгулець показав, що рівень забрудненості води в ГЕ переважно відповідає IV–V класам; перевищення кратності ГДК зафіксовано стосовно таких показників: нафтопродуктів (1,5–4 рази); СПАР (0,6–2,3 рази); летючі феноли (4–6 разів); азоту амонійного (0,6–1,7 рази);  $\text{Cu}^{2+}$  (4,9–6,8 рази);  $\text{Zn}^{2+}$  (0,1–7,4 рази);  $\text{Cr}^{6+}$  (2,4–4,9 рази), а перевищення кратності ГДК по ХСК (3–4 рази) призводить до накопичення важкоокислюваних речовин антропогенного походження в ГЕ, що є віддзеркаленням процесів певного окиснення речовин і зниження самовідновної здатності в районі інтенсивного забруднення водотоку (таблиця 1).

Яскравим підтвердженням цього є підвищення в гідростворах концентрацій азоту амонійного як індикатора неповного розкладу азотмісткої важкоокислюваної органіки. Узагальнені нормативні інгредієнтні показники також знаходяться на високих рівнях позначок. Таким чином, створюються негативні умови для розвитку ГЕ. Крім того, слід врахувати, що малі концентрації екотоксикантів, як відмічено нами, на перших етапах дії можуть виявляти стимулюючий вплив на гідробіонти, але такі явища тимчасові, і вони швидко змінюються на патологічні (для гідробіонтів). Тоді, концентрація впливу токсиканта на гідробіонти і час його дії пов'язані між собою простою залежністю (рівняння Хабера):

$$T = ct, \text{ де}$$

T – токсичність;  
c – концентрація;  
t – час впливу.

Таблиця 1 – Структурно-функціональні зміни в ГЕ р. Інгулець за інженерно-екологічними показниками та їх параметрами

Розрахунковий гідроствор	Значення ІЗВ	Клас якості води	$I_{\text{екол}}$ (max)	Коефіцієнт стійкості до антропогенного навантаження	% самовідновлення по водотоку	Інтенсивність пластичного метаболізму	Асиміляційний потенціал	Асиміляційна ємність
1 км вище м. Кривий Ріг	1,34	II (забруднена)	3,99	$0 \leq I_{\text{ст}} \leq 0,5$	Високий – 74%, Середній – 26,56%, низький – 0,74%	15,7	4,5	6,5
1 км нижче м. Кривий Ріг	2,24	IV (забруднена)	4,2	$0 < I_{\text{ст}} \leq 1,0$		17,9	4,8	6,8
7 км нижче м. Кривий Ріг (після ГДС)	4,87	V (брудна)	4,6	$1,0 < I_{\text{ст}} \leq 5,0$		35,3	6,1	8,9
1,2 км нижче с. Садове	2,8	IV (забруднена)	4,4	$5,0 < I_{\text{ст}} \leq 10$		12,4	3,8	7,1

Висновок написання рівняння полягає в тому, що малі концентрації за тривалий час, зрештою, впливають так само, як встановлено нами, призводять до збільшення асиміляційної ємності системи за рахунок накопичення екоотоксикантів у різних структурних елементах ГЕ, що призводить до порушення трофічних, просторових, саморегулюючих зв'язків в гідробіоценозах. Стосовно інтоксикації, то вплив на гідробіонти залежить від взаємозв'язків, взаємодії екологічних та спеціалізованих модифікованих факторів. У зв'язку з цим, для поглибленого вивчення взаємозв'язків в ГЕ, зокрема, біосинтетичних процесів (від яких залежить пластичний метаболізм гідробіонтів, що забезпечує самовідновні процеси в ГЕ), для ідентифікації цих процесів нами запропоновано використовувати параметр – асиміляційний потенціал (АП), який є природним ресурсом (в умовах водних басейнів річок) і виступає лімітуючим фактором в розвитку ГЕ. Саме АП, на наш погляд, може бути екологічним біоценотичним рівнем (ГДР).

Встановлення «біоценотичного» індексу розвитку ГЕ та його меж зводиться до визначення критичних навантажень полютантів, які не викликають пригнічення певних біоценозів для гідробіологічних угруповувань.

Представлені матеріали узгоджуються із біотичною концепцією охорони навколишнього природного середовища та не суперечать економічному підходу, коли використовують параметр АП для визначення економічних збитків, які спричинено внаслідок забруднення водних систем. Крім того, можна стверджувати наступне: коли асиміляційна ємність перевищує об'єм АП, відбувається погіршення екологічної ситуації в ГЕ, що характеризується високим рівнем антропогенного навантаження, а гідробіологічні дані свідчать, що структура стає менш однорідною, зростає домінування окремих видів. Використання показників АП та коефіцієнта стійкості ГЕ до антропогенного навантаження може бути допоміжним показником для визначення токсичного впливу зворотних вод у розрахункових гідростворах водної системи р. Інгулець.

Враховуючи той факт, що іони важких металів антропогенного походження мають свої особливості міграції в ГЕ та дії на гідробіонти, нами запропонована модифікована методика [11] визначення токсичних металів в ГЕ. Найбільшу небезпеку для регіону являють собою техногенні елементи (токсичні метали), деструктивна активність яких на даній території значно вище їх середньої глобальної деструкційної активності ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ). У зв'язку з чим зроблено аналіз розповсюдження елементів в ГЕ р. Інгулець. Відомо [11], що токсичні метали (ТМ) та їх сполуки не трансформуються, як це притаманно органічним сполукам, а надходячи до біохімічних циклів, вони дуже повільно покидають трофічні ланцюги ГЕ. Слід зазначити, що всі техногенні елементи металів характеризуються високою біохімічною активністю по відношенню до біо- та гідроекосистем та є токсичними для них незалежно від рівня знаходження в гідробіонтах. Тому для визначення цієї активності запропоновано показник – екологічний біоценотичний індекс.

Функціонально розкривають цей індекс такі показники: технофільність, біофільність, спеціалізований техногенний, а взаємозв'язки між цими показниками наведені в таблиці 2.

*Таблиця 2 – Біохімічна активність досліджуваних важких металів (ВМ)*

ВМ	Активність ВМ по відношенню до екологічного стану ГЕ		
	біофільність	технофільність	Спеціальна техногенність
Cu	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,66 \cdot 10^{-6}$	0,025
Zn	$0,17 \cdot 10^{-2}$	$0,82 \cdot 10^{-3}$	0,103
Cr	$0,07 \cdot 10^{-2}$	$0,015 \cdot 10^{-3}$	0,012

Відносно таблиці можна зробити такі висновки:

- 1) Низький вміст ВМ, які характеризуються високою ліофільністю, в ГЕ призводить до змін структурно-функціональних властивостей гідробіонтів та їх життєвого середовища;
- 2) Чим більше технофільність та менше біофільність ВМ, тим більшу токсичність вони мають для гідробіонтів та тим вище їх деструктивна здатність по відношенню до ГЕ в цілому за рахунок порушення динамічної рівноваги;

3) Деструкційна активність ВМ та їх технофільність ГЕ залежить від біофільності цих елементів.

Таким чином, в тій чи іншій мірі ВМ негативно впливають на гідробіоценози, сприяючи при цьому порушенню екологічно безпечного їх розвитку.

Метод екологічного біоценотичного ГДР може бути використано для екологічної оцінки стану ГЕ р. Інгулець, для визначення токсичних властивостей зворотних вод з метою попередження структурно-функціональних змін параметрів та їх показників ГЕ. В обох випадках (і при застосуванні екологічного біоценотичного потенціалу) з'ясовуються біосинтетичні реакції (пластичний метаболізм), їх зміни та вплив на трофічні, просторові, саморегулюючі зв'язки.

### **Список використаної літератури**

1. Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем. – К.: Ніка – Центр, 2006. – 284 с.
2. Молчанова Я.П., Заика Е.А., Бабкина Э.И. и др. Гидрохимические показатели окружающей среды. – М.: Форум – Инфа – М., 2007, 192 с.
3. Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунар'ов О.В. Гідрохімічні режими та якість води Інгульця в умовах техногенезу. – 2012. – 179 с.
4. Удод В.М., Яців М.Ю. Сталій розвиток гідроекосистем – основа екобезпечного водокористування // Екологічна безпека і природокористування. – 2011, в. 7, с. 136–155.
5. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
6. Биоразнообразие и качество среды антропогенно измененных гидроэко систем Украины. – К.: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2005, 313 с.
7. Яцик А.В. та інші. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікація екологічного стану басейнів малих річок України. – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – 2007, 71 с.
8. Государственный водный кадастр. Гидрохимические бюллетени I–IV кварталы. / Государственный комитет Украины по гидрометеорологии. Центральная геофизическая обсерватория. 1980–1984 гг. – К.: ФОЛ Укр УКГС, 1981–1985.
9. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1: Реки и каналы. Часть 2: Озера и водохранилища. Том 2 Украинская ССР. Выпуск 3. Бассейн реки Днепр / Государственный комитет Украины по гидрометеорологии. Центральная геофизическая обсерватория. 1985–1990 гг. – К.: УОП Укргидромета, 1986–1991.
10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1: Реки и каналы. Часть 2: Озера и водохранилища. Выпуск 3. Бассейн реки Днепр / Государственный комитет Украины по гидрометеорологии. Центральная геофизическая обсерватория. 1991–2010 гг. – К.: УОП Укр ГМЦ, 1992–2011.
11. Кораблева А.И., Чесанова А.Г., Шапарь А.Г. Введение в экотоксикологию. – Дн.: Центр экообразования, 2001, 308 с.

*Стаття надійшла до редакції 17.07.14 українською мовою*

**© В.М. Удод, И.Л. Вильдман**

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА  
КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГИДРОЭКОСИСТЕМ Р. ИНГУЛЕЦ**

*Установлены научные закономерности развития гидроэкосистем (ГЭ) р. Ингулец, что позволило на этой основе предложить комплексные экологические методы контроля за состоянием водной системы. Принимая во внимание высокий уровень загрязненности реки Ингулец, наиболее информативным методом контроля, на наш взгляд, является экологический биоценотический уровень за счет использования природного ресурса ГЭ – ассимиляционного потенциала; а при использовании экологического биоценотического потенциала определяют биохимическую активность тяжелых металлов по отношению к био- и гидроэкосистемам. Предложенные методы определяют нарушение трофических, саморегулирующих связей в ГЭ, что позволяет своевременно разработать водоохранные мероприятия.*

**© V.M. Udod, I.L. Vildman**

**SCIENTIFIC SUBSTANTIATION COMPREHENSIVE ENVIRONMENTAL APPROACH  
OF CONTROL OF HIDROEKOSYSTEM INGULETS RIVER**

*Scientific patterns of the hidroecosystems (HE) of the Ingulets river have been established, which helped to propose methods of integrated ecological monitoring of the water system. Taking into account the high level of the Ingulets river contamination the most informative methods of control, in our opinion, is the level of environmental biocenotic through the natural resource the HE – assimilative capacity; and while using of environmental biocenotic potential one can identify biochemical activity of heavy metals in relation to bio- and hidroecosystem. The methods determine the trophic self-regulating links relations in the HE, that allows to elaborate water conservation measures on time.*