

ГЕОГРАФІЧНІ НАУКИ

УДК 504.064.3:477.54

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ТА ЕКОСТАНУ АКВАЛЬНИХ ЛАНДШАФТІВ РІЧКОВИХ БАСЕЙНІВ УКРАЇНИ

Крайнюков О.М.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Узагальнено результати комплексних досліджень для оцінки екологічного стану водних об'єктів річкових басейнів України. Комплексну оцінку екологічного стану здійснено шляхом використання набору показників якості абіотичної (фізико-хімічні) і біотичної (біологічні, екотоксикологічні) складових екосистеми річкового басейну. Співставлення результатів комплексної оцінки якості води і відповідно екостану природно-антропогенних аквальної ландшафтів при використанні показників рівня забрудненості води, екологічного індексу якості води і ступеня ураженості водної екосистеми показало, що здійснення спостережень за обмеженим переліком показників складу і властивостей води є недостатнім для об'єктивної і ґрунтовної оцінки якості води і реального екостану аквальної ландшафтів, що обумовлює доцільність включення в алгоритм комплексної оцінки показника ураженості водної екосистеми.

Ключові слова: комплексна оцінка, екологічний стан, фізико-хімічні, біологічні, екотоксикологічні показники, поверхневі води, абіотична і біотична складові.

Постановка проблеми. У зв'язку із зобов'язаннями України, відповідно до міжурядових угод щодо спільного використання і охорони транскордонних вод особливо важливим є комплексний, системний підхід до оцінки екостану транскордонних водних об'єктів [1], до яких відносяться басейни Дніпра, Дунаю, Дністра, Західного Бугу, Сіверського Донця.

Рекомендації щодо оцінки якості води транскордонних водних об'єктів запропоновано «Правилами ведення моніторингу та оцінки якості води транскордонних річок», які розроблені Робочою групою ООН/ЄЕК [2]. Зокрема, у зазначеному документі відзначається, що для загальної екологічної оцінки якості води конче важливим є врахування абіотичних і біотичних чинників функціонування екосистеми водного об'єкта. Така оцінка повинна включати визначення біологічного статусу водного середовища, екологічну оцінку якості води та донних відкладів, оцінку взаємодії угруповань водних організмів з абіотичними факторами. При цьому особлива увага приділяється визначенню токсичних властивостей води. Це обумовлено тим, що у складних розчинах хімічний аналіз специфічних показників токсичної дії дає інформацію тільки про «вершину айсбергу» тому, що велика кількість токсичних хімічних речовин залишається невиявленою. Для таких складних розчинів необхідна оцінка сумісної дії розчину на біоту водної екосистеми. У зв'язку з цим, тест на токсичність повинен бути обов'язковим як додаток до хімічного аналізу.

Такий підхід забезпечує більш економічну та ефективну стратегію обмеження антропогенного забруднення поверхневих вод у порівнянні з підходом, що характеризується вимірюванням вмісту забруднюючих речовин, кількість яких постійно збільшується.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку із сучасним курсом українського Уряду, спрямованим на європейську інтеграцію, виникла

необхідність в удосконаленні системи моніторингу стану поверхневих вод відповідно до положень Водної Рамкової Директиви 2000/ЕС/60 [3]. Аналіз відомчих матеріалів [4] показав, що при проведенні суб'єктами державного моніторингу спостережень, на основі яких здійснюється оцінка якості води, використовується обмежений перелік показників. Про це свідчать дані Державної гідрометеорологічної служби України щодо хімічного забруднення поверхневих вод річкових басейнів, в яких представлено аналіз щодо перевищення ГДК речовин лише за десятима показниками (БСК₅, азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, сполуки міді, сполуки цинку, сполуки марганцю, сполуки хрому шестивалентного, сполуки заліза загального, феноли), в той час, як за критеріями іонного, сольового складу, трофосапробіологічними показниками і критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії необхідно вимірювати понад 40 показників [5].

Аналіз методик показав, що для комплексної оцінки якості води частіш за все використовуються методики розрахунку індексу забрудненості води (ІЗВ), коефіцієнта забруднення води (K_з) та екологічного індексу якості води (І_е). У низці публікацій [6-8] відзначається недостатня ефективність оцінки якості води при застосуванні зазначених методик, яка пов'язана, в основному, з використанням на практиці обмеженого переліку показників, що не дозволяє отримати ґрунтовну оцінку екостану природно-антропогенних аквальної ландшафтів.

Виклад основного матеріалу. Враховуючи рекомендації, що викладені в [2; 3] щодо доцільності застосування при здійсненні комплексної оцінки і класифікації якості води показників, які безпосередньо характеризують небезпеку для водних екосистем забруднення поверхневих вод специфічними речовинами токсичної дії, у процесі виконання роботи проводились натурні та експериментально-стаціонарні дослідження, в межах

Таблиця 3

Класифікація якості води за екологічним індексом [6]

Значення екологічного індексу	Позначення класів якості води	Позначення категорій якості води	Назва категорій якості води
1-1,7	1	1	дуже чисті
1,8-2,7	2	2	чисті
2,8-3,7		3	досить чисті
3,8-4,7	3	4	слабко забруднені
4,8-5,7		5	помірно забруднені
5,8-6,7	4	6	брудні
6,8 - >7	5	7	дуже брудні

яких виконувалась еколого-токсикологічна оцінка якості поверхневих вод, проби яких відбирали в створах водних об'єктів на території басейнів Дніпра (річки Дніпро, Ворскла, Коноплянка, Мокра Сура, Омельник, Ольшанка, Орель, Рось, Самара, Сула, Тясмин), Дністра, Дунаю, Західного Бугу (річки Дністер, Західний Буг, Латориця, Луга, Полтва, Свиня, Солокія, Стара, Студянка, Тиса, Уж), Південного Бугу (річка Південний Буг, Олександрівське водосховище) та Сіверського Донця (річки Сіверський Донець, Уди, Харків, Лопань, Немишля, Сухий Торець, Оскіл, Червонооскільське та Печенізьке водосховища).

Метою дослідження було співставлення результатів біотестування з оцінками якості води за показниками K_3 та I_e . У пробах визначали рівні хронічної токсичності води [9]. Необхідність визначення рівнів хронічної токсичності води обумовлена тим, що надходження у водні об'єкти стічних вод може призводити до порушення життєдіяльності водних організмів, їх відтворювальних функцій, і, як наслідок, до зниження процесів самоочищення та погіршення якості води. У зв'язку з цим, нормативом гранично допустимого рівня токсичності поверхневих вод є відсутність хронічної токсичності [9], дотримання якого забезпечує умови стійкого функціонування біоценозу водної екосистеми. Для кількісної оцінки результатів біотестування було розроблено алгоритм і спосіб визначення ступеня ураженості водної екосистеми залежно від рівнів хронічної токсичності води та його кількісного вираження – коефіцієнта ураженості (K_y) (патент України на корисну модель від 11.11.2013, № 85333) [9].

У таблиці 1 наведено класифікацію поверхневих вод за ступенем ураженості водної екосистеми залежно від рівнів хронічної токсичності води.

Таблиця 1

Класифікація якості поверхневих вод за ступенем ураженості водної екосистеми [10]

Клас якості	Ступінь забрудненості	Рівень хронічної токсичності (OT_x)	Ступінь ураженості водної екосистеми (K_y)
I	чиста	1,0	1,1
II	слабко забруднена	1,1-2,0	1,2
III	помірно забруднена	2,1-4,0	1,3
IV	брудна	4,1-8,0	1,4
V	дуже брудна	> 8,0	1,5

Для порівняльної оцінки якості води за показниками K_y , K_3 та I_e було використано числові значення рівня забрудненості води (K_3) та значення екологічного індексу (I_e) якості води, які подані у таблицях 2 та 3.

Таблиця 2

Рівні забрудненості води за значеннями K_3 [11]

Значення K_3	1	1,01...2,50	2,51...5,00	5,01...10,00	Більше 10
Рівень забрудненості води	Незабруднені (чисті)	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні

На рисунку 1 наведено місця розташування створів відбору проб поверхневих вод на території басейнів Дніпра, Дністра, Дунаю, Західного Бугу, Південного Бугу та Сіверського Донця.

Загалом, із 86 обстежених створів поверхневих вод на території зазначених басейнів за показником K_3 якість води у всіх створах не відповідала нормативам рибогосподарських ГДК, за показником I_e лише в 11 створах характеризувалась як слабко забруднена і у 75 створах була чистою або досить чистою, за показником K_y у 34 створах вода була не забрудненою, у 25 створах – слабко забрудненою, 22 – помірно забрудненою та у 5 – брудною.

Наведені дані свідчать про наявність значної розбіжності в оцінках якості води при використанні показників K_3 , I_e та K_y .

Співставлення результатів комплексної оцінки якості води і відповідно екостану природно-антропогенних аквальної ландшафтів при використанні показників рівня забрудненості води, екологічного індексу якості води і ступеня ураженості водної екосистеми показало, що здійснення спостережень за обмеженим переліком показників складу і властивостей води є недостатнім для об'єктивної і ґрунтовної оцінки якості води і реального екостану природно-антропогенних аквальної ландшафтів, що обумовлює доцільність включення в алгоритм комплексної оцінки показника ураженості водної екосистеми, який в інтегральній формі відображає результат взаємодії всіх абіотичних та біотичних процесів, які протікають у водному середовищі внаслідок його антропогенного забруднення і характеризує ступінь небезпеки середовища мешкання для біотичної складової водних екосистем.

На рисунку 2 подано графічне відображення нелінійних функцій $K_y = f(K_3; I_e)$ при визначенні якості поверхневих вод, що досліджувались у басейнах Дніпра, Дністра, Дунаю, Західного Бугу, Південного Бугу та Сіверського Донця.

Аналіз даних показав наявність екстремумів, коли сполучення значень аргументів X_1 і X_2 дає орієнтовно найменше і найбільше значення функції Y :

$$Y(I) = -0,6436 - 0,0878 \cdot X_1 + 1,123 \cdot X_2 + 0,0312 \cdot X_1^2 - 0,0098 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,1541 \cdot X_2^2; Y(I)_{\max}(3,0; 3,8) \approx 1,3 \text{ та } Y(I)_{\min}(2,1; 2,4) \approx 1,1;$$

$$Y(II) = -0,2982 + 0,0743 \cdot X_1 + 0,7078 \cdot X_2 + 0,22 \cdot X_1^2 - 0,24 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,0309 \cdot X_2^2; Y(II)_{\max}(2,8; 2,0) \approx 1,3 \text{ та } Y(II)_{\min}(1,2; 3,0) \approx 1,1;$$

$$Y(III) = 3,8067 - 1,0666 * X_1 - 1,1672 * X_2 + 0,1429 * X_1^2 + 0,1563 * X_1 * X_2 + 0,1539 * X_2^2;$$

$$Y(III)_{\max}(1,2; 2,4) \approx 1,3 \text{ та } Y(III)_{\min}(2,0; 2,6) \approx 1,2;$$

$$Y(IV) = 1,211 - 0,2031 * X_1 + 0,153 * X_2 + 0,016 * X_1^2 + 0,0493 * X_1 * X_2 - 0,0621 * X_2^2;$$

$$Y(IV)_{\max}(3,8; 3,0) \approx 1,2 \text{ та } Y(IV)_{\min}(3,8; 1,6) \approx 1,1;$$

де Y – коефіцієнт ураженості водної екосистеми (K_y); X_1 – коефіцієнт забрудненості води (K_z); X_2 – екологічний індекс якості води (I_e).

Значення коефіцієнта множинної кореляції (R) знаходилось у межах $0,85 \pm 0,10$, коефіцієнт детермінації (R^2) дорівнював $0,71 \pm 0,25$ для всіх

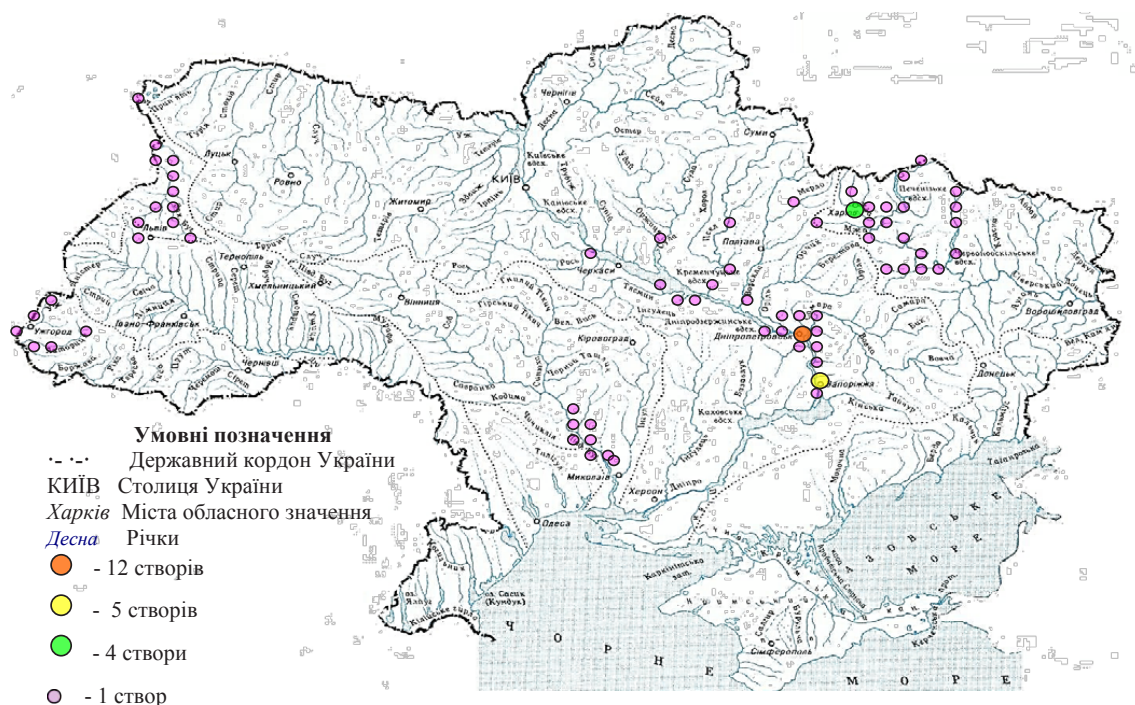


Рис. 1. Карта-схема «Місця розташування створів відбору проб поверхневих вод на території басейнів Дніпра, Дністра, Дунаю, Західного Бугу, Південного Бугу та Сіверського Донця»

Джерело: розроблено автором

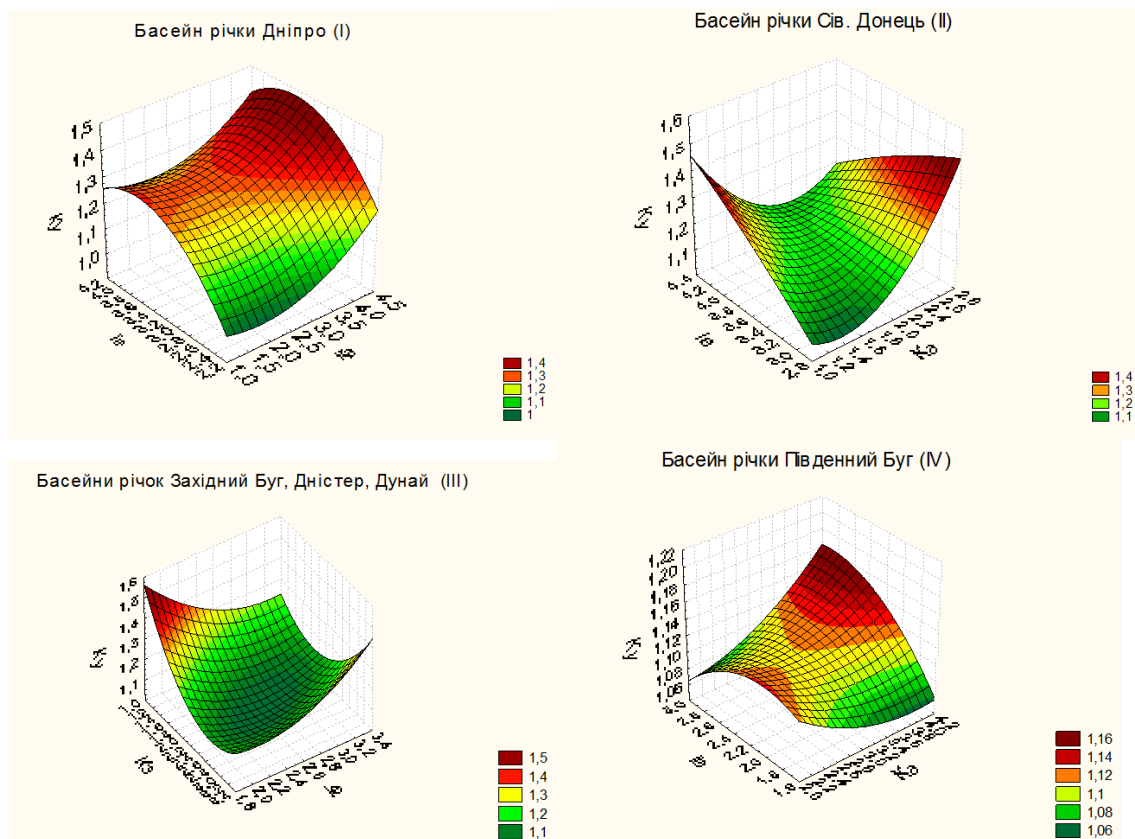


Рис. 2. Поверхні (графіки) функції $K_y = f(K_z; I_e)$ для якості поверхневих вод басейнів Дніпра (I), Сіверського Донця (II), Західного Бугу, Дністра, Дунаю (III) та Південного Бугу (IV)

Джерело: розроблено автором

досліджуваних випадків. Перевірка рівнянь регресії на значущість за критерієм Фішера довела, що їх можна вважати адекватними і значимими, оскільки у всіх випадках ($F_p > F_t$).

Як видно із наведених нелінійних функцій Y досягає екстремумів при різноманітних сполученнях значень аргументів, тобто високе або низьке значення аргументу X_1 або X_2 не завжди призводить до отримання відповідно пропорційного значення функції Y . Наприклад, значення функцій $Y(I)_{\max}$ та $Y(III)_{\max}$ дорівнює 1,3, а різниця між аргументами X_1 та X_2 дорівнює в 2,50 та 1,58 рази відповідно. Значення функцій $Y(I)_{\min}$, $Y(II)_{\min}$ та $Y(IV)_{\min}$ дорівнює 1,1, тобто ураженість водної екосистеми не відбувається, при цьому значення аргументу X_1 складало від 1,2 до 3,8, що свідчить про невідповідність якості води встановленим рибогосподарським нормативам ГДК. В інших випадках при значенні аргументу X_2 від 1,9 до 3,0 (вода чиста та досить чиста) значення функції $Y(i)_{\min}$ складало 1,1 ураженість водної екосистеми не відбувалось.

Розглянуті рівняння регресії підтверджують висновки щодо відсутності залежності між оцінками якості води за показниками коефіцієнта за-

брудненості, екологічного індексу якості води та коефіцієнта ураженості водної екосистеми. Наявність хронічної токсичності води при дотриманні гранично допустимих концентрацій окремих хімічних речовин свідчить про обмежений перелік речовин, що вимірюються; перевищення нормативів гранично допустимих концентрацій окремих хімічних речовин при відсутності токсичності, очевидно, зумовлене формуванням нетоксичних сполук при взаємодії хімічних речовин; у випадках, коли результати, отримані за відповідними показниками, збігаються, свідчить про те, що вони є взаємодоповнючими і жоден з них не є самодостатнім.

Висновки. Отримані дані свідчать про наявність значної розбіжності в оцінках якості води при використанні показників K_y , K_z та I_e , що обумовлює доцільність включення в алгоритм комплексної оцінки якості води та екостану поверхневих вод показника ураженості водної екосистеми, який в інтегральній формі відображає результат взаємодії всіх абіотичних та біотичних процесів, які протікають у водному середовищі внаслідок його антропогенного забруднення і характеризує ступінь небезпеки середовища мешкання для біотичної складової аквальної ландшафтів.

Список літератури:

1. Гриценко А. А. Особливості розробки та реалізації програм екологічного оздоровлення басейнів транскордонних річок України / А. А. Гриценко // зб. наук. ст. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. – Харків, 2012. – Т. 1. – С. 262-264.
2. Правила ведення моніторингу та оцінки якості води транскордонних річок / Схвалено комітетом ЄЕК. – Гельсинки, 1996. – 49 с.
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of establishing a framework for Community action in the field of water policy / OJ L 327, 22.12.01. – 2001.
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. – Київ, 2013.
5. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк, А. В. Яцик та інші]. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
6. Іванюк Д. В. Комплексна оцінка якості поверхневих вод басейнової екосистеми Десни за критеріями водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості / Д. В. Іванюк, В. М. Самойленко // Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. – Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2011. – Т. 1.
7. Кресін В. С. Методичні підходи до розрахунку ГДС речовин з урахуванням категорій якості поверхневих вод / В. С. Кресін, В. В. Брук // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. пр. УкрНДІЕП. – Харків:ВД «Райдер», 2005. – С. 210-221.
8. Лозанський В. Р. Стан нормативно-правового забезпечення екологічного управління в Україні / В. Р. Лозанський // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. УкрНДІЕП. – Харків: ВД «Райдер», 2007. – С. 3-10.
9. Методика визначення рівнів токсичності поверхневих і стічних вод для контролю відповідності їх якості встановленим нормативним вимогам. Затв. наказом Мінекобезпеки України від 31.01.2000 № 27. – Київ: Мінекобезпеки України, 2000.
10. Патент України на корисну модель від 11.11.2013, № 85333 Спосіб визначення ступеня ураженості водної екосистеми/ Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 11.11.13.
11. Методика розрахунку коефіцієнта забрудненості природних вод: КНД 211.1.1.106-2003 Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі мінекоресурсів) / Затв. наказом Міністра екології та природних ресурсів України № 89-М від 4 червня 2003 р. – Київ, 2003. – С. 25-30.

Крайнюков А.Н.

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ И ЭКОСОСТОЯНИЯ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕЧНЫХ БАСЕЙНОВ УКРАИНЫ

Аннотация

Обобщены результаты комплексных исследований для оценки экологического состояния водных объектов речных бассейнов Украины. Комплексную оценку экологического состояния осуществлено путем использования набора показателей качества абиотической (физико-химические) и биотической (биологические, экотоксикологические) составляющих экосистемы речного бассейна. Сопоставление результатов комплексной оценки качества воды и соответственно экосостояния природно-антропогенных аквальных ландшафтов при использовании показателей уровня загрязненности воды, экологического индекса качества воды и степени пораженности водной экосистемы показало, что осуществление наблюдений за ограниченным перечнем показателей состава и свойств воды недостаточно для объективной и основательной оценки качества воды и реального экосостояния аквальных ландшафтов, что обуславливает целесообразность включения в алгоритм комплексной оценки показателя пораженности водной экосистемы.

Ключевые слова: комплексная оценка, экологическое состояние, физико-химические, биологические, экотоксикологические показатели, поверхностные воды, абиотические и биотические составляющие.

Krainiukov A.N.

V.N. Karazin Kharkiv National University

WATER QUALITY COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL AND LANDSCAPE AQUATIC RIVER BASINS UKRAINE

Summary

The results of comprehensive research to evaluate the ecological state of water bodies river basins of Ukraine. Comprehensive evaluation of ecological condition made by using a set of quality indicators abiotic (physical and chemical) and biotic (biological, ecotoxicological) components of the ecosystem of the river basin. Comparison of the results of a comprehensive assessment of water quality and therefore environmental condition natural and man-made aquatic landscapes using indicators of water pollution, environmental water quality index and the degree of infestation of aquatic ecosystems showed that exercise supervision on a limited list of indicators of composition and properties of water is insufficient for an objective and thorough evaluation of water quality and aquatic environmental condition real landscapes that causes advisability of including a complex algorithm for evaluation of infestation of aquatic ecosystems.

Keywords: comprehensive assessment, environmental condition, physical, chemical, biological, ecotoxicological indicators, surface water, abiotic and biotic components.