

УДК 57.04

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2019.2.12>

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА КОМПЛЕКСНИМ ПОКАЗНИКОМ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

Шахман І.О. – к. геогр. н., доцент

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», shakhman.i.a@gmail.com

Представлено досвід застосування методики оцінки водних об'єктів рибогосподарського призначення за комплексним показником екологічного стану на прикладі пониззя річки Інгулець в межах Херсонської області. Виконана оцінка екологічного стану вод пониззя річки Інгулець за методикою розрахунку комплексних показників екологічного стану відповідно до рибогосподарських нормативів за період спостережень 2013–2016 років. Проведений аналіз здатності водної екосистеми пониззя річки Інгулець до саморегуляції та самовідновлення (екологічна надійність) в часі та просторі (за довжиною річки). Встановлено, що за період дослідження екологічний стан пониззя річки Інгулець в часі та просторі (за довжиною річки) оцінюється як нестійкий. Незначне покращення стану якості води здійснюється за рахунок щорічної промивки русла річки Інгулець дніпровською водою, але негативно впливає на нерестовища риб, і в окремі періоди концентрації забруднюючих речовин все одно перевищують чинні нормативи. Низька здатність до самоочищення поверхневих вод пониззя річки Інгулець, басейн якої є техногенно навантаженою територією, свідчить про те, що антропогенне навантаження на водний об'єкт досягло критичного рівня, і дозволяє з належною вірогідністю стверджувати про неможливість використання пониззя річки Інгулець для рибного господарства. Динаміка кількісних показників середніх і мінімальних коефіцієнтів демонструє погіршення якості води річки в часі та просторі, що вказує на посилення негативних наслідків антропогенного навантаження і необхідності впровадження природоохоронних заходів, направлених на повернення здатності водної екосистеми до саморегуляції та самовідновлення, і покращення умов існування біоресурсів в річці.

Ключові слова: методика, екологічний стан, водні об'єкти, рибогосподарські нормативи, комплексний показник екологічного стану, екологічна надійність.

Постановка проблеми. Антропогенне навантаження на водні об'єкти, яке обумовлене інтенсивним водогосподарським використанням водних ресурсів, призводить до порушення водного режиму і проявляється у зміні гідродинамічних, гідрофізичних, гідрохімічних властивостей водних мас та донних відкладень. Ці зміни настільки потужні, що впливають на біологічні компоненти гідроекосистем. Часті випадки, коли змінення навіть деяких елементів гідрологічного режиму природних водних об'єктів обумовлюють помітну, а під час і корінну трансформацію окремих ланцюгів або водних екосистем у цілому [1, с. 9].

Перелічені наслідки відображають змінення структури і функціонування водних екосистем, демонструючи залежність біологічних процесів утворення і деградації органічних речовин (саморегуляції та самоочищення) від гідрохімічних параметрів, та можуть привести до руйнування водних екосистем [2, с. 104]. Це є особливо актуальним для річок, які в результаті антропогенного навантаження втрачають здатність до саморегуляції та самовідновлення. Прикладом деградації водного об'єкту є права притока річки Дніпро – річка Інгулець.

В останній час людське суспільство все більше усвідомлює необхідність мати чисті річки і озера, підземні і прибережні води. Саме тому, одним з пріоритетних напрямків діяльності Європейського Союзу є охорона вод. Стратегічні напрямки водної політики країн Європейського Співтовариства визначає Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року щодо визначень рамок дій Співтовариства у сфері водної політики (Directive 2000/60/EC) [3, с. 5], яка спрямована на досягнення доброї якості води і стійкого екологічного стану водних об'єктів.

Оцінка, прогнозування стану гідроекосистем та розробка механізмів раціонального їх використання є одним з найважливіших завдань сучасних гідроекологічних досліджень, які обов'язково повинні ґрунтуватися на комплексній оцінці стану водних екосистем за гідрологічними, гідрохімічними та гідробіологічними показниками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Об'єкт дослідження – річка Інгулець протікає в межах Криворізького залізорудного басейну. В результаті скиду високомінералізованих стічних вод багаточисельними підприємствами Кривбасу відбулося порушення гідрохімічного балансу річки [4, с. 150; 5, с. 28; 6, с. 123], і її рибогосподарське значення було втрачено. Для пониззя річки Інгулець найчастіше спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій по сульфатам, хлоридам, сухого залишку, заліза загального та іншим речовинам, і свідчить про те, що основним джерелом забруднення є скиди високомінералізованих забруднених промислових стоків підприємств м. Кривий Ріг, які обслуговують гірничо-видобувну, металургійну та хімічну промисловість. У Криворізькому басейні розташовано 8 з 11 підприємств України з видобутку та переробки залізорудної сировини. Тут знаходяться підприємства з обслуговування металургійного виробництва – одного з найбільших в світі металургійних комбінатів ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», п'ять гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) – Північний ГЗК (ПівнГЗК), Південний ГЗК (ПівдГЗК), Центральний ГЗК (ЦГЗК), Новокриворізький ГЗК (НКГЗК), Інгулецький ГЗК (ІнГЗК), три рудоремонтних заводи. Об'єм стічних вод підприємств сягає мільйонів кубічних метрів на рік, що негативно впливає на якість води річки Інгулець, яка несе свої забруднені води в пониззя річки Дніпро.

Наприкінці 60-х років минулого сторіччя, у зв'язку з реалізацією державних програм гідромеліоративного будівництва, розгорнулося спорудження великих зрошувальних каналів, які одночасно вирішували й проблеми водозабезпечення прилеглих населених пунктів та промислових центрів. Ідея розширення зрошуваних площ у посушливих степах півдня Миколаївської області закладалася в проєкті каналу Дунай-Дніпро і частково була реалізована через експлуатацію Інгулецького каналу (1989 р.). Завдяки перекиданню стоку Дніпра (річки-донора) річний стік р. Інгулець збільшується. Окрім того, додаткове надходження вод до річки Інгулець відбувається за рахунок формування зворотних фільтраційних вод із сільськогосподарських масивів, які зрошуються водами Дніпра. При переході до більш посушливих територій вплив антропогенної діяльності збільшується, і, незважаючи на штучне підвищення водності Інгульця, екологічний стан водотоку не покращується, оскільки в річку надходять забруднені води [7, с. 350].

Сільськогосподарська освоєність території, що досліджується, є досить високою (площа сільськогосподарських угідь складає 69,2%), тому внесення пестицидів призводить до забруднення ґрунтів токсичними елементами, а стікання води з полів поверхневим шляхом та фільтрація спричинюють міграцію канцерогенів до найближчого водного об'єкту (р. Інгулець). В змішаних водах річок Інгулець та Дніпро (площа зрошення 37,14 тис. га) хімічний склад хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний, сульфатно-хлоридний, натрієво-кальцієво-магнієвий.

Стічні води нанесли суттєві збитки водним біоресурсам. Складні екологічні умови негативно вплинули на відтворення цінних промислових риб (ляща, тарані, судака) на нерестовищах пониззя р. Інгулець, площа яких складає біля 3 тис. га, і призвели до зникнення деяких видів гідробіонтів [4, с. 172; 2, с. 105].

Постановка завдання. Метою дослідження є оцінка екологічного стану пониззя річки Інгулець за комплексним показником екологічного стану, аналіз екологічної стійкості та екологічної надійності водного об'єкту відповідно до рибогосподарських нормативів, як найбільш чутливих до змінення екологічного стану річки.

Матеріали і методи досліджень. Розрахункова методика [8, с. 20] дозволяє за гідрохімічними показниками оперативно визначити екологічний стан водної екосистеми. Методика надає можливість оцінити за комплексними показниками екологічного стану здатність водного об'єкту до самовідновлення та саморегуляції (визначити екологічну надійність), проаналізувати екологічну стійкість річки і врахувати ефект сумарної дії речовин.

Комплексний показник екологічного стану (*КПЕС*) формується на основі діючих нормативів, які містять в собі гранично допустимі

концентрації (ГДК). Комплексна оцінка якості поверхневих вод використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів, та може бути використана для порівняння стану водного середовища різних водних об'єктів.

Вихідними даними для оцінки екологічного стану вод пониззя річки Інгулець були використані дані аналітичного контролю поверхневих вод підрозділами Басейнового управління водних ресурсів Нижнього Дніпра (БУВР) Державного управління водних ресурсів України по створам: 1 – р. Інгулець – с. Архангельське (210 км від гирла), 2 – р. Інгулець – с. Калінінське (124 км від гирла), 3 – р. Інгулець – с. Дар'івка (20 км від гирла).

Оцінка екологічного стану пониззя річки Дніпро виконана за комплексним показником екологічного стану (КПЕС) [8, с. 20], середнє значення якого розраховується за формулою:

$$КПЕС_{сер} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m КПЕС_i, \quad (1)$$

де m – кількість блоків показників якості вод (значень $КПЕС_i$).

З m блоків показників якості вод до першого входять показники, які не мають ефекту спільної дії, до інших блоків входять показники, які мають цей ефект.

Для першого блоку комплексний показник розраховується за формулою:

$$КПЕС = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ПЕС_i, \quad (2)$$

де n – кількість показників у першому блоці; $ПЕС_i$ – показник екологічного стану, розрахований для i -го показника якості.

Значення $\check{A}\check{N}_i$ для 3 -го показника розраховуються за формулами:

$$ПЕС_i = a_i(H_i - П_i) / H_i, \quad (3)$$

$$ПЕС_i = a_i(П_i - H_i) / H_i, \quad (4)$$

де a_i – коефіцієнт вагомості i -го показника; $П_i$, H_i – значення показника (концентрація речовини) і його норматив.

Формула (3) використовується при обмеженні значень показника зверху. Для показників, обмежених знизу (O_2), використовується формула (4). При нормуванні показника (pH) у вигляді допустимого

інтервалу $[H_{\min} < P_i < H_{\max}]$ значення $ПЕС_i$ розраховується за формулою (3), якщо значення показника перевищує H_{\max} ; якщо значення показника нижче за H_{\min} , то $ПЕС_i$ розраховується за формулою (4). Якщо показник знаходиться в середині інтервалу, то розрахунок виконується за формулами (3) і (4), а в якості $ПЕС_i$ береться мінімальне з отриманих значень.

Коефіцієнт вагомості a_i -го показника пов'язаний з класом небезпеки. Якщо ступінь небезпеки зростає зі збільшенням номера класу ($кл$), то $a_i = кл$; якщо ступінь небезпеки зменшується зі збільшенням номера класу, то $a_i = 1 / кл$. Якщо клас небезпеки не вказано, то береться клас на один розряд нижче від мінімально небезпечного класу.

Для блоків з показниками якості, які мають ефект спільної дії (ефект сумачії), $КПЕС$ розраховується за формулою:

$$КПЕС = 1 - \sum (P_i / H_i). \quad (5)$$

За санітарними нормами ефект сумарної дії мають показники 1 і 2 класів небезпеки з однаковими лімітуючими показниками шкідливості ($ЛПШ$), за рибогосподарськими – з однаковими $ЛПШ$ без урахування класу небезпеки.

Екологічний стан водного об'єкта класифікується таким чином:

- при $КПЕС_{\min} < 0$ і $КПЕС_{\text{сеп}} < 0$ – стан нестійкий;
- при $КПЕС_{\min} > 0$ і $КПЕС_{\text{сеп}} > 0$ – стан стійкий;
- при $КПЕС_{\min} < 0$ і $КПЕС_{\text{сеп}} > 0$ – стан стійкий з ознаками нестійкості.

При кваліфікації екологічного стану за двома першими пунктами необхідно проведення природозахисних заходів в екосистемі.

Екологічна надійність ($ЕН$) – здатність стану екосистеми відносно повно самовідновлюватися і саморегулюватися. При наявності сукупності вимірювань в різних місцях річки або в різні моменти часу, і при можливості розгляду цієї сукупності як випадкового статистичного ряду, отримані значення $КПЕС_{\text{сеп}}$ можна використовувати для аналізу ймовірності сталого стану річки, тобто ймовірності перевищення $КПЕС_{\text{сеп}}$ нульового значення, відповідного межі стійкості. Ймовірність стійкого стану річки називається екологічною надійністю ($ЕН$), яку визначають за формулою:

$$ЕН = 1 - \chi^2 / (2N - M + 0,5\chi^2), \quad (6)$$

де χ^2 – значення функції “хі-квадрат” при довірчій ймовірності, яка приймається рівною 0,9 [9, р. 370]; N – загальне число значень $КПЕС_{\text{сеп}}$; M – число значень $КПЕС_{\text{сеп}}$ менших критичного, нульового значення.

Розподіл ймовірностей “хі-квадрат” прийнято у зв’язку з тим, що звичай кількість ділянок річки, що досліджуються, невелика. При великому значенні N розподіл “хі-квадрат” зводиться до нормального розподілу. Якщо розрахунок за формулою (6) дає від’ємне значення, то екологічна надійність приймається рівною нулю. З огляду на те, що складні технічні системи вважаються доволі надійними при рівні надійності 0,90–0,95, використовується наступна кваліфікація рівнів надійності при довірчій ймовірності 0,9: рівень високий ($EH \geq 0,9$), рівень задовільний ($0,9 > EH \geq 0,8$), рівень низький ($EH < 0,8$) [8, с. 30].

Результати досліджень. Була виконана оцінка екологічного стану пониззя річки Інгулець за комплексним показником екологічного стану відповідно до рибогосподарських норм, які найбільш чутливі до зміння якості води поверхневих вод і екологічного стану водного об’єкту, за період спостережень 2013–2016 роки. Приклад оцінки екологічного стану водного об’єкту з використанням комплексного показника *КПЕС* в створі р. Інгулець – с. Дар’ївка для 2016 року спостережень за рибогосподарськими нормами наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Оцінка якості води р. Інгулець – с. Дар’ївка за 2016 р.

ЛПШ	Показники	C_i мг/дм ³	$ГДК_{i,3}$ мг/дм ³	$ГДК_i - C_i$	ПЕС	КПЕС
Загально-санітарний	Завислі речовини	16,4	20,0	3,6	0,18	
	БСК ₅	3,9	3,0	-0,9	-0,30	
	pH	8,05	6,5–8,5	0,45	0,053	
	Розчинений кисень	9,8	6,0	3,8	0,63	
Σ					0,56	0,14
Токсикологічний	Амоній	0,14	0,50	–	0,28	
	Нітрити	0,04	0,08	–	0,50	
	АПАР	0,04	0,50	–	0,08	
	Залізо	0,19	0,10	–	1,87	
	Мідь	0,01	0,001	–	10,0	
Нікель	0,07	0,01	–	7,00		
Σ					19,73	-18,73
Санітарно-токсикологічний	Хлориди	613,7	300	–	2,05	
	Сульфати	336,7	100	–	3,37	
	Кальцій	103,7	180	–	0,58	
	Нітрати	2,15	40,0	–	0,05	
	Хром	0,001	0,001	–	1,00	
	Магній	613,7	300	–	2,05	
Σ					7,05	-6,05
Рибогосподарський	Нафто-продукти	0,03	0,05	–	0,60	0,40
$KПЕС_{сер} = 0,14 - 18,73 - 6,05 + 0,40 / 4 = -6,06$; $KПЕС_{мин} = -18,73$; (екологічний стан об’єкта нестійкий)						

Зведені результати оцінки екологічного стану пониззя річки Інгулець в часі та в просторі (за довжиною річки) для періоду спостережень 2013–2016 рр. наведені в таблиці 2.

За період досліджень екологічний стан пониззя р. Інгулець в часі та просторі (за довжиною річки) оцінюється як нестійкий. Незначне покращення (за середніми показниками) стану якості води вниз за течією здійснюється за рахунок щорічної промивки русла річки Інгулець дніпровською водою, але негативно впливає на нерестовища риб, і в окремі періоди концентрації забруднюючих речовин все одно перевищують чинні нормативи.

Таблиця 2. Оцінка екологічного стану пониззя р. Інгулець в часі і в просторі за період спостережень 2013–2016 рр.

Створ	Комплексний показник екологічного стану (КПЕС)							
	мін.		сер.		мін.		сер.	
	екологічний стан водного об'єкту							
	2013		2014		2015		2016	
1	-11,2	-4,7	-7,5	-3,6	-19,6	-6,9	-17,4	-6,6
	нестійкий		нестійкий		нестійкий		нестійкий	
2	-7,8	-3,5	-7,9	-3,5	-19,7	-6,8	-18,3	-6,7
	нестійкий		нестійкий		нестійкий		нестійкий	
3	-10,2	-3,7	-8,6	-3,2	-18,9	-6,2	-18,7	-6,1
	нестійкий		нестійкий		нестійкий		нестійкий	

Відповідно до Регламенту промивки русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець, поліпшення якості води у Карачунівському водосховищі та на водозборі Інгулецької зрошувальної системи у 2018 році протягом квітня-серпня 2018 року Державне водне агентство здійснювало скид води з Карачунівського водосховища загальним об'ємом біля 120,0 млн. м³. Витіснення високомінералізованої води з русла р. Інгулець (завершення промивки) виконано з 5 по 25 серпня. В період з 20 квітня по 30 червня забезпечувалася робота Каховської ГЕС в базисному режимі з мінімально можливими витратами, величина яких визначалася в робочому порядку відповідно до гідрологічної ситуації в нижній течії р. Дніпро на період виштовхування солоної призми високомінералізованих шахтних вод з пониззя р. Інгулець.

За період спостереження 2013–2016 рр. оцінена екологічна надійність (ЕН) водного об'єкту в часі та в просторі (за довжиною річки). Отримані значення екологічної надійності нижче 0,8 (ЕН = 0,74), що відповідає низькому рівню саморегуляції та самовідновлення водних ресурсів.

Висновки. Внаслідок багаторічної господарської діяльності людини порушено природний гідрологічний, гідрохімічний та гідробіологічний режими р. Інгулець. Басейн річки характеризується потужним антропогенним навантаженням, і як наслідок, значним техногенним забрудненням та виснаженням водних ресурсів. Дослідження якості води р. Інгулець за комплексними показниками екологічного стану дозволяє з належною вірогідністю стверджувати, що віднесення р. Інгулець до водного об'єкту рибогосподарського призначення на сьогодні пов'язано з певними екологічними ризиками.

Екологічний стан водного об'єкту в пониззі р. Інгулець, оцінений за комплексним показником КПЕС за період спостережень 2013–2016 рр. для умов риборозведення, характеризується як нестійкий. Кількісні показники екологічної надійності в часі та просторі (за довжиною річки) нижче 0,8, що відповідає низькому рівню саморегуляції та самовідновлення водних ресурсів. Щорічні промивки р. Інгулець, які здійснюються шляхом перекидання дніпровської води через канал Дніпро-Інгулець, не призводить до саморегулювання хімічного складу води і можливості використання річки в рибогосподарських цілях. Виникає необхідність подальшого впровадження природоохоронних заходів, направлених, перш за все, на зменшення об'ємів стічних вод в самому джерелі їх утворення, а також застосування замкнених водних систем випуску продукції, що позитивно вплине на відновлення здатності водної екосистеми до саморегуляції та самовідновлення, і призведе до покращення умов існування біоресурсів в річці.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Шахман И.А. – к. геогр. н., доцент

*ГВУЗ «Херсонский государственный аграрный университет»,
shakhman.i.a@gmail.com*

Представлен опыт применения методики оценки водных объектов рыбохозяйственного назначения по комплексному показателю экологического состояния на примере низовья реки Ингулец в пределах Херсонской области. Выполнена оценка экологического состояния вод низовья реки Ингулец по методике расчета комплексных показателей экологического состояния в соответствии с рыбохозяйственных нормативов за период наблюдений 2013-2016 годов. Проведенный анализ способности водной экосистемы низовья реки Ингулец к саморегуляции и самовосстановления (экологическая надежность) во времени и пространстве (по длине реки). Установлено, что за период исследования экологическое состояние низовья реки Ингулец во времени и пространстве (по длине реки) оценивается как неустойчивое. Незначительное улучшение состояния качества воды осуществляется за счет ежегодной промывки русла реки Ингулец днепровской водой, но негативно влияет на нерестилища рыб, и в отдельные периоды концентрации загрязняющих веществ все равно превышают действующие нормативы. Низкая способность к самоочищению поверхностных вод низовья реки Ингулец, бассейн которой является техногенно нагруженной территории, свидетельствует о том, что антропогенная нагрузка на водный объект достигло критического уровня, и позволяет с должным вероятностью утверждать о невозможности использования низовья реки Ингулец для рыбного хозяйства. Динамика количественных показателей

средних и минимальных коэффициентов демонстрирует ухудшение качества воды реки во времени и пространстве, что указывает на усиление негативных последствий антропогенной нагрузки и необходимости внедрения природоохранных мероприятий, направленных на возвращение способности водной экосистемы к саморегуляции и самовосстановления, и улучшение условий существования биоресурсов в реке.

Ключевые слова: методика, экологическое состояние, водные объекты, рыбохозяйственные нормативы, комплексный показатель экологического состояния, экологическая надежность.

APPLICATION OF THE ASSESSMENT METHODS FOR WATER BODIES OF FISHERY VALUE BY THE COMPLEX INDICATOR OF THE ECOLOGICAL STATE

*Shakhman I.A. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Kherson State Agrarian University, shakhman.i.a@gmail.com*

The experience of applying the assessment methods for water bodies of fishery value by the complex indicator of the ecological state on the example of the lower section of the Ingulets River within the Kherson region is presented. An assessment of the ecological state of the waters of the lower section of the Ingulets River using the methods for calculating complex indicators of the ecological state in accordance with the fishery standards for the observation period 2013-2016. The analysis of the ability of the aquatic ecosystem of the lower section of the Ingulets River to self-regulation and self-purification (ecological reliability) in time and space (along the length of the river) was performed. It was established that over the observation period of the study, the ecological state of the lower part of the Ingulets River in time and space (along the length of the river) is estimated as unsteady. A slight improvement in the quality of water is due to the annual washing of the Ingulets River bed with Dnieper water, but it negatively affects the spawning grounds of fish, and in certain periods the concentration of pollutants is still higher than the current standards. The low ability to self-purification the surface waters of the lower section of the Ingulets River, the basin of which is a technologically loaded territory, indicates that the anthropogenic load on the water body has reached a critical level. This allows us to claim the impossibility of using the lower section of the Ingulets River for fishery. Dynamics of quantitative indicators of average and minimum coefficients shows the deterioration of the water quality of the river in time and space. This indicates an increase in the negative consequences of the anthropogenic load and the need for environmental protection measures aimed at restoring the ability of the aquatic ecosystem to self-regulation and self-purification, and improving the living conditions of bioresources in the river.

Keywords: methods, ecological state, water bodies, fisheries standards, integrated index of the ecological state, ecological reliability.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тімченко В.М. Екологічна гідрологія водойм України. Київ: ДНВП “Видавництво ”Наукова думка” НАН України”, 2006. 383 с.

2. Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. Assessment of Ecological State and Ecological Reliability of the Lower Section of the Ingulets River. *Hydrobiological Journal*, 2017. Vol. 53, issue 5, pp. 103–109.
3. Directive 2000/60/ES of the European Parliament of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official journal the European Communities*, 2000. L. 327. 72.
4. Хільчевський, В. К., Кравчинський Р. Л., Чунарьов О. В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. Київ: Ніка-Центр, 2012. 180 с.
5. Шерстюк Н. П. Вплив промивки р. Інгулець на перебіг гідрохімічних процесів та встановлення рівноваг. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014, Т. 2 (33) 36. С. 28–37.
6. Шахман І.О., Лобода Н.С. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016, № 17. С. 123–136.
7. Lykhovyd P. V., Kozlenko Ye. V. Assessment and forecast of water quality in the River Ingulets irrigation system. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018, 8.1: pp. 350–355.
8. Тимченко З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь: Доля, 2002. 152 с.
9. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистике. Москва: Высшая школа, 1979. 400 с.

REFERENCES

1. Timchenko V.M. (2006) *Ekolohichna hidrolohiia vodoim Ukrainy* [Ecological hydrology of water bodies of Ukraine]. Kyiv: Scientific Publishing House Scientific Publishing House of NAS of Ukraine. [in Ukrainian].
2. Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. (2017). Assessment of Ecological State and Ecological Reliability of the Lower Section of the Ingulets River. *Hydrobiological Journal*, vol. 53, issue 5, pp. 103–109.
3. Directive 2000/60/ES of the European Parliament of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official journal the European Communities*, 2000. L. 327. 72 p.
4. Khilchevskiy, V.K., Kravchynskiy R.L., Chunarov O.V. (2012) *Hidrokhimichniy rezhym ta yakist vody Inhultsia v umovakh tekhnogenezu* [Hydrochemical regime and water quality of Ingulets in the conditions of technogenesis Kyiv: Nika-Center. [in Ukrainian].
5. Sherstiuk N.P. (2014) *Vplyv promyvkyr. Inhulets na perebih hidrokhimichnykh protsesiv ta vstanovlennia rivnovah* [Influence of washing of Ingulets River

- on the course of hydrochemical processes and equilibrium establishment]. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, vol. 2 (33) 36, pp. 28–37. [in Ukrainian].
6. Shakhman I. O., Loboda N. S. (2016) *Otsinka yakosti vody u stvori r. Inhulets – m. Snihurivka za hidrokhimichnymi pokaznykamy* [Water quality estimation at the gauge station of the Ingulets River, town of Snigurivka, by hydrochemical parameters]. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, no. 17, pp. 123–136. [in Ukrainian].
 7. Lykhovyd P. V., Kozlenko Ye. V. (2018). Assessment and forecast of water quality in the River Ingulets irrigation system. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8.1: pp. 350–355.
 8. Timchenko Z. V. (2002) *Vodnye resursy i ekologicheskoe sostoyanie malykh rek Kryma* [Water resources and ecological states of small rivers of Crimea]. Simferopol: Dolya. [in Russian].
 9. Gmurman V. E. (1979) *Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnosti i matematicheskoy statistike* [Guide to solving problems in probability theory and mathematical statistics]. Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian].