

УДК 504.4:54

Юрасов С.М.,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри екології та охорони довкілля
Одеський державний екологічний університет
Кур'янова С.О.,
асистент кафедри екологічного права і контролю
Одеський державний екологічний університет
Алексеєнко О.А.,
асистент кафедри екології та охорони довкілля
Одеський державний екологічний університет

ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ І РОЗПОДІЛ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОД НА ПРИКЛАДІ Р. ДНІСТЕР – М. БІЛЯЇВКА

У процесі написання статті розглянуто сутність законів розподілу показників якості вод, обґрунтовано надану методику прогнозу, яка дає змогу визначити значення показників якості вод у певному розрахунковому році із заданою забезпеченістю для оцінки якості вод і для нормування скидів стічних вод.

Ключові слова: оцінка якості вод, показники якості вод, гранично допустимий скид.

В процессе написания статьи рассмотрена сущность законов распределения показателей качества вод, обоснована предоставленная методика прогноза, позволяющая определить значения показателей качества вод в определенном расчетном году с заданной обеспеченностью для оценки качества вод и для нормирования сбросов сточных вод.

Ключевые слова: оценка качества вод, показатели качества вод, предельно допустимый сброс.

Yurasov S.M., Kurianova S.O., Alekseenko O.A. TEMPORARY VARIABILITY AND DISTRIBUTION OF WATER QUALITY INDICATORS BY THE EXAMPLE OF DNIESTER – BELYAEVKA

In the process of writing the article, the essence of the laws of the distribution of water quality indicators is considered, the method of forecasting is given which allows determining the values of water quality indicators in a given accounting year with a given security for the assessment of water quality and for the valuation of wastewater discharges.

The assessment of water quality and the regulation of discharges of pollutants with sewage into water bodies are important ecological tasks. The assessment of water quality can be considered as an independent task, but the calculation of maximum allowable discharges of pollutants involves an assessment of the quality of water in the control structure of the water object, taking into account its background state (above discharge of sewage in the river).

The assessment of the quality of water in accordance with the norms of the countries of the European Union is carried out by analyzing the frequency of exceeding the norms by quality indicators: the water object of fishery management meets the requirements of the norms, if for each indicator the number of exceedances of the optimal (constant) norm is not more than 5% of the total value of this indicator, used in the assessment of water quality; according to sanitary norms - 10%. This means that for the analyzed period of time for each indicator in only 5 or 10 cases out of 100 permissible exceedances of the permanent norm.

Key words: water quality assessment, water quality indexes, maximum allowable discharges.

Постановка проблеми. Оцінка якості вод (далі – ОЯВ) і нормування скидів забруднювальних речовин зі стічними водами у водні об'єкти є важливими екологічними завданнями. ОЯВ може розглядатись як самостійне завдання, проте розрахунок гранично допустимих скидів забруднювальних речовин (далі – ГДС) [2] передбачає ОЯВ у контроль-

ному створі водного об'єкта з урахуванням його фонового стану (вище скидання стічних вод у річці).

ОЯВ відповідно до норм країн Європейського Союзу виконується шляхом аналізу частоти перевищення нормативів за показниками якості [3]: водний об'єкт рибогосподарського призначення відповідає вимогам норм, якщо



за кожним показником кількість перевищень оптимального (постійного) нормативу становить не більше 5% загальної кількості значень цього показника, використовуваних при ОЯВ; за санітарними нормами – 10%. Це означає, що за аналізований період часу за кожним показником лише в 5 або 10 випадках зі 100 допустиме перевищення постійно діючого нормативу.

Ця умова має поширюватися також на контрольні створи під час розрахунків ГДС. Однак оцінка фону за існуючими методиками [4] не дає змогу визначити, чи буде виконуватися вимога Європейського Союзу щодо частоти перевищення нормативів за розрахованого ГДС, оскільки за фонове значення показника якості вод у певному створі водотоку приймається верхня (або нижня, якщо показник обмежений знизу) межа 95-відсоткового довірчого інтервалу можливих середніх значень ряду гідрохімічних спостережень для найбільш несприятливих (гідрологічних або гідрохімічних) умов [5].

Несприятливими гідрологічними умовами вважається найменша середньомісячна витрата води року із забезпеченістю за водністю 95%, а гідрохімічними – найбільш несприятливий щодо якості води період (сезон) у річному циклі [2]. Встановити зв'язок показників якості та витрат води часто неможливо через відсутність синхронних спостережень. Крім того, деякі показники взагалі не мають зв'язку з водністю річки, а ймовірнісні характеристики несприятливого за якістю вод сезону не відомі. Тому питання забезпеченості верхньої межі 95-відсоткового довірчого інтервалу можливих середніх значень показника залишається відкритим до тих пір, доки не визначений закон його розподілу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням оцінки якості вод присвячені роботи В.Д. Романенко, В.М. Жукинського, С.І. Сніжко [1]. Методики, що дають змогу отримати всю перелічену вище інформацію, не знайдені.

Постановка завдання. Наявність законів розподілу показників якості вод дасть змогу відповісти на такі питання: а) чи відповідав стан водного об'єкта вимогам норм за заданою частотою перевищення нормативів у мину-

лому; б) яким повинен бути ГДС, щоб згадана вимога виконувалася в майбутньому. Для цього досить і під час ОЯВ за будь-який період часу, і під час розрахунку фону визначати значення показників із певною заданою забезпеченістю (з імовірністю перевищення).

Вирішимо це завдання на прикладі Нижнього Дністра, використовуючи результати термінових спостережень за 2001–2015 рр. в районі водозабору станції «Дністер» м. Біляївка.

Виклад основного матеріалу дослідження. Гідрохімічні спостереження на р. Дністер – м. Біляївка велися щомісячно за 53 показниками. Для аналізу обрано 28 показників (див. табл. 1) з довжиною рядів від 120 до 180 вимірювань. Синхронні гідрологічні спостереження не велися. Зв'язок показників якості з витратами води, які вимірювалися на найближчому пункті спостережень, розташованому в с. Оланешть, не встановлено.

Для хронологічної мінливості показників якості вод характерна відсутність або наявність тренду та внутрішньорічної циклічності.

На рисунку 1 показано чотири варіанти хронологічної послідовності значень показників якості вод: за відсутності внутрішньорічної циклічності – наявність тренду (Mo) і відсутність тренду (F^-); за наявності циклічності – наявність тренду (Cl^-) і відсутність тренду (BCK_{20}).

Виразений негативний тренд у часі мають 10 показників: $Na^+ + K^+$, NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Mo , XCK , HP , мікробне число та колі-індекс.

Тренд відсутній у Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Al , лужності, перманганатного окислення, сухого залишку, Fe_{3AT} , F^- , Cu та BCK_{20} . Слабкий тренд, яким можна знехтувати, простежується в мутності, pH , NO_2^- , жорсткості, мінералізації, Mn^{2+} , розчиненому O_2 та груповому показнику Ψ_{C-T} .

Показник Ψ_{C-T} характеризує вміст (у частках від гранично допустимої концентрації) групи речовин: Na^+ , NO_2^- , Al , Mo та F^- . Показники, що входять до цієї групи, нормовані із санітарно-токсикологічною лімітуючою ознакою шкідливості та мають 2 клас небезпеки [6], що відповідно до санітарних норм свідчить про наявність ефекту сумарної дії [7].

Внутрішньорічна циклічність (варто зважати також на наявність зв'язку з водністю річки) простежується в мутності, Ca^{2+} , NO_2^- ,

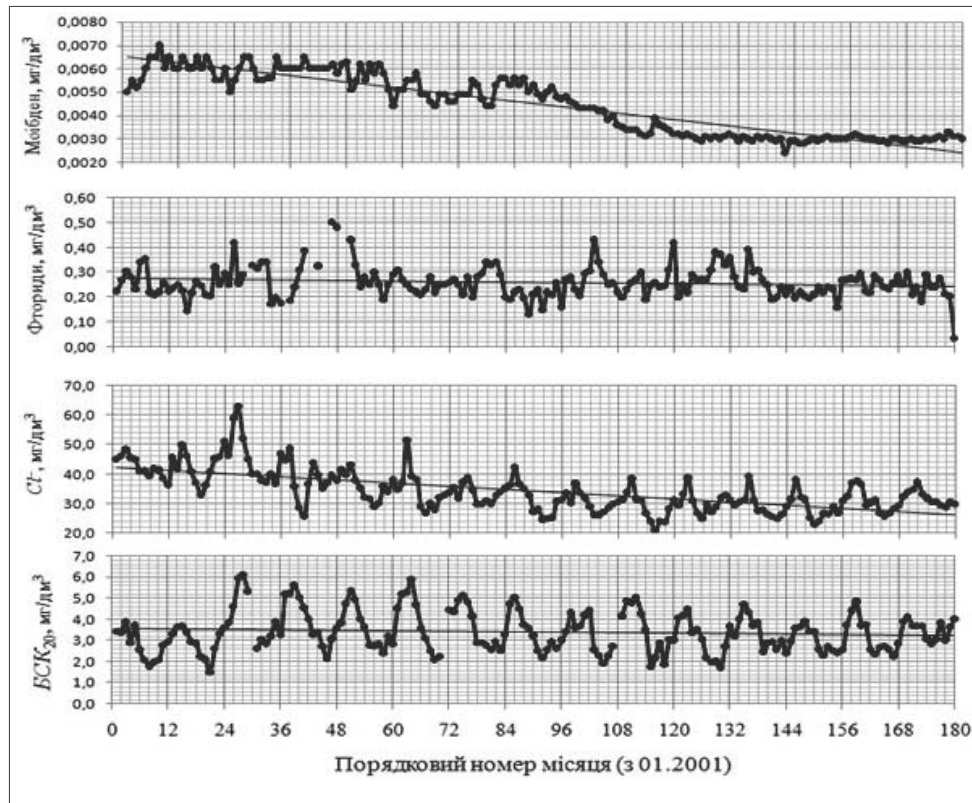


Рис. 1. Варіанти хронологічної послідовності значень показників якості вод



Рис. 2. Хронологічний хід концентрації Mo за усуненого тренду

NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , жорсткості, Al , лужності, сухому залишку, мінералізації, $Fe_{ЗАГ}$, розчиненому O_2 та BCK_{20} . У решті з розглянутих показників внутрішньорічна циклічність відсутня.

У термінах теорії ймовірностей показники якості вод являють собою випадкові величини з безліччю значень. Повною характеристикою випадкових величин є закони їх розподілу. Значення показників – це події, які попарно можуть бути корельованими або некорельованими.

У таблиці 1 представлені коефіцієнти кореляції (r_{XY}) між показниками якості вод.

Напівжирним шрифтом виділені значення r_{XY} , не менші за 0,30.

Зміст основних іонів у водах Нижнього Дністра (табл. 1) та всі показники, пов'язані з ним (мінералізація, сухий залишок, жорсткість, лужність), є взаємозалежними. Значення коефіцієнта кореляції змінюється від 0,30 до 0,83, за винятком Ca^{2+} та $Na^+ + K^+$ (0,09), Mg^{2+} та $Na^+ + K^+$ (-0,02).

Існування кореляційного зв'язку між деякими парами показників зумовлене наявністю тренду. Усунення тренду в них призводить до зниження значень коефіцієнта кореляції. Якщо



Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції між показниками якості вод

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|--------------|--------------|------------------|------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | <i>Мутн.</i> | <i>pH</i> | Ca^{2+} | Mg^{2+} | $Na^{+}+K^{+}$ | NH_4^{+} | NO_2^{-} | NO_3^{-} | HCO_3^{-} | SO_4^{2-} |
| <i>Мутн.</i> | 1,00 | | | | | | | | | |
| <i>pH</i> | 0,02 | 1,00 | | | | | | | | |
| Ca^{2+} | -0,33 | 0,17 | 1,00 | | | | | | | |
| Mg^{2+} | -0,03 | 0,17 | -0,31 | 1,00 | | | | | | |
| $Na^{+}+K^{+}$ | -0,05 | 0,13 | 0,09 | -0,02 | 1,00 | | | | | |
| NH_4^{+} | 0,00 | 0,09 | 0,18 | 0,13 | 0,31 | 1,00 | | | | |
| NO_2^{-} | 0,40 | -0,11 | -0,25 | -0,18 | 0,02 | 0,01 | 1,00 | | | |
| NO_3^{-} | -0,07 | 0,28 | 0,20 | 0,26 | 0,25 | 0,48 | -0,13 | 1,00 | | |
| HCO_3^{-} | -0,33 | 0,23 | 0,51 | 0,39 | 0,24 | 0,17 | -0,31 | 0,40 | 1,00 | |
| SO_4^{2-} | -0,16 | 0,25 | 0,38 | 0,38 | 0,63 | 0,45 | -0,16 | 0,42 | 0,46 | 1,00 |
| Cl^{-} | -0,06 | 0,43 | 0,29 | 0,30 | 0,41 | 0,63 | -0,06 | 0,44 | 0,31 | 0,60 |
| <i>Жорст.</i> | -0,19 | 0,43 | 0,50 | 0,43 | 0,22 | 0,48 | -0,23 | 0,56 | 0,67 | 0,66 |
| <i>Al</i> | 0,50 | -0,13 | -0,31 | -0,06 | -0,02 | -0,01 | 0,32 | -0,18 | -0,28 | -0,12 |
| <i>Лужн.</i> | -0,30 | 0,33 | 0,54 | 0,34 | 0,15 | 0,26 | -0,29 | 0,45 | 0,82 | 0,48 |
| <i>Перм. ок.</i> | 0,55 | -0,01 | -0,08 | -0,13 | 0,11 | 0,34 | 0,19 | 0,14 | -0,21 | 0,05 |
| <i>Сух. зал.</i> | -0,20 | 0,27 | 0,43 | 0,31 | 0,42 | 0,37 | -0,26 | 0,45 | 0,59 | 0,64 |
| <i>Мінер.</i> | -0,32 | 0,29 | 0,59 | 0,30 | 0,60 | 0,32 | -0,31 | 0,41 | 0,72 | 0,83 |
| $Fe_{заг}$ | 0,82 | -0,15 | -0,37 | -0,09 | -0,16 | -0,13 | 0,39 | -0,18 | -0,39 | -0,30 |
| F^{-} | 0,19 | 0,20 | -0,08 | -0,03 | 0,20 | -0,10 | 0,29 | -0,02 | -0,11 | 0,11 |
| <i>Си</i> | 0,34 | -0,04 | -0,24 | -0,21 | -0,07 | -0,11 | 0,29 | -0,13 | -0,39 | -0,23 |
| Mn^{2+} | 0,14 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,25 | -0,08 | 0,31 | 0,01 | 0,09 |
| <i>Мо</i> | 0,16 | 0,23 | 0,02 | 0,04 | 0,43 | 0,69 | 0,21 | 0,47 | -0,05 | 0,39 |
| O_2 | -0,56 | 0,30 | 0,49 | 0,22 | 0,20 | 0,27 | -0,42 | 0,44 | 0,59 | 0,47 |
| BCK_{20} | -0,10 | 0,34 | 0,32 | 0,26 | 0,15 | 0,35 | -0,11 | 0,41 | 0,40 | 0,45 |
| XCK | 0,15 | 0,22 | 0,00 | 0,04 | 0,14 | 0,38 | 0,11 | 0,20 | -0,08 | 0,22 |
| <i>НП</i> | 0,16 | 0,10 | -0,05 | -0,08 | 0,19 | 0,27 | 0,28 | 0,10 | -0,10 | 0,09 |
| <i>Мікр. ч.</i> | 0,28 | 0,05 | -0,22 | 0,06 | 0,12 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | -0,16 | 0,08 |
| <i>Колі-ін-декс</i> | -0,10 | -0,13 | 0,07 | -0,09 | 0,02 | 0,33 | -0,06 | 0,16 | -0,05 | 0,06 |
| $\Psi_{с-т}$ | 0,34 | 0,11 | -0,14 | -0,10 | 0,51 | 0,06 | 0,46 | -0,09 | -0,18 | 0,25 |
| Cl^{-} | <i>Жорст.</i> | <i>Al</i> | <i>Лужн.</i> | <i>Перм. ок.</i> | <i>Сух. зал.</i> | <i>Мінер.</i> | $Fe_{заг}$ | F^{-} | <i>Си</i> | |
| Cl^{-} | 1,00 | | | | | | | | | |
| <i>Жорст.</i> | 0,67 | 1,00 | | | | | | | | |
| <i>Al</i> | -0,17 | -0,19 | 1,00 | | | | | | | |
| <i>Лужн.</i> | 0,46 | 0,77 | -0,31 | 1,00 | | | | | | |
| <i>Перм. ок.</i> | 0,13 | -0,01 | 0,28 | -0,11 | 1,00 | | | | | |
| <i>Сух. зал.</i> | 0,55 | 0,62 | -0,26 | 0,57 | 0,01 | 1,00 | | | | |
| <i>Мінер.</i> | 0,53 | 0,68 | -0,27 | 0,68 | -0,09 | 0,72 | 1,00 | | | |
| $Fe_{заг}$ | -0,28 | -0,32 | 0,54 | -0,41 | 0,40 | -0,31 | -0,42 | 1,00 | | |
| F^{-} | 0,17 | -0,01 | 0,00 | -0,06 | 0,09 | 0,02 | 0,01 | 0,12 | 1,00 | |
| <i>Си</i> | -0,20 | -0,34 | 0,28 | -0,36 | 0,11 | -0,32 | -0,32 | 0,39 | 0,00 | 1,00 |
| Mn^{2+} | 0,40 | 0,15 | 0,06 | 0,02 | 0,20 | 0,14 | -0,02 | 0,12 | 0,00 | 0,14 |
| <i>Мо</i> | 0,63 | 0,33 | 0,10 | 0,00 | 0,35 | 0,27 | 0,17 | 0,00 | 0,20 | 0,11 |
| O_2 | 0,41 | 0,59 | -0,38 | 0,67 | -0,23 | 0,51 | 0,64 | -0,64 | -0,03 | -0,31 |
| BCK_{20} | 0,42 | 0,64 | -0,17 | 0,57 | 0,08 | 0,41 | 0,48 | -0,22 | 0,05 | -0,25 |
| XCK | 0,30 | 0,20 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,09 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,12 |
| <i>НП</i> | 0,26 | 0,00 | -0,05 | -0,01 | 0,30 | 0,09 | -0,01 | -0,05 | 0,16 | -0,02 |
| <i>Мікр. ч.</i> | 0,16 | 0,01 | 0,02 | -0,08 | 0,22 | 0,02 | -0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,02 |
| <i>Колі-ін-декс</i> | 0,15 | 0,01 | -0,07 | -0,04 | 0,13 | 0,09 | -0,01 | -0,12 | -0,13 | -0,04 |
| $\Psi_{с-т}$ | 0,20 | -0,04 | 0,50 | -0,16 | 0,24 | 0,00 | 0,08 | 0,25 | 0,76 | 0,10 |

Продовження таблиці 1

| | Mn^{2+} | Mo | O_2 | BCK_{20} | XCK | HP | Мікр. ч. | Колі-ін-декс | Ψ_{c-T} |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|--------------|--------------|
| Mn^{2+} | 1,00 | | | | | | | | |
| Mo | 0,50 | 1,00 | | | | | | | |
| O_2 | -0,07 | 0,07 | 1,00 | | | | | | |
| BCK_{20} | -0,23 | 0,16 | 0,63 | 1,00 | | | | | |
| XCK | 0,20 | 0,47 | 0,06 | 0,18 | 1,00 | | | | |
| HP | 0,03 | 0,40 | -0,18 | -0,02 | 0,02 | 1,00 | | | |
| Мікр. ч. | 0,01 | 0,24 | -0,13 | 0,10 | 0,27 | 0,19 | 1,00 | | |
| Колі-ін-декс | 0,28 | 0,20 | 0,14 | -0,07 | 0,26 | 0,12 | 0,20 | 1,00 | |
| Ψ_{c-T} | 0,01 | 0,39 | -0,13 | 0,03 | 0,13 | 0,25 | 0,10 | -0,11 | 1,00 |

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції за усуненого тренду

| | pH | $Na^+ + K^+$ | NH_4^+ | SO_4^{2-} | Cl^- | Mo | XCK | Мікр. ч. | Колі-індекс |
|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|----------|-------------|
| pH | 1,00 | | | | | | | | |
| $Na^+ + K^+$ | 0,05 | 1,00 | | | | | | | |
| NH_4^+ | 0,04 | 0,03 | 1,00 | | | | | | |
| SO_4^{2-} | 0,06 | 0,60 | 0,23 | 1,00 | | | | | |
| Cl^- | 0,07 | 0,29 | 0,32 | 0,56 | 1,00 | | | | |
| Mo | 0,17 | 0,16 | 0,19 | 0,13 | 0,15 | 1,00 | | | |
| XCK | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | -0,08 | 0,16 | 1,00 | | |
| Мікр. ч. | 0,01 | 0,06 | -0,11 | -0,10 | -0,19 | 0,09 | 0,10 | 1,00 | |
| Колі-індекс | 0,01 | 0,01 | 0,24 | -0,03 | -0,09 | -0,01 | 0,13 | 0,23 | 1,00 |

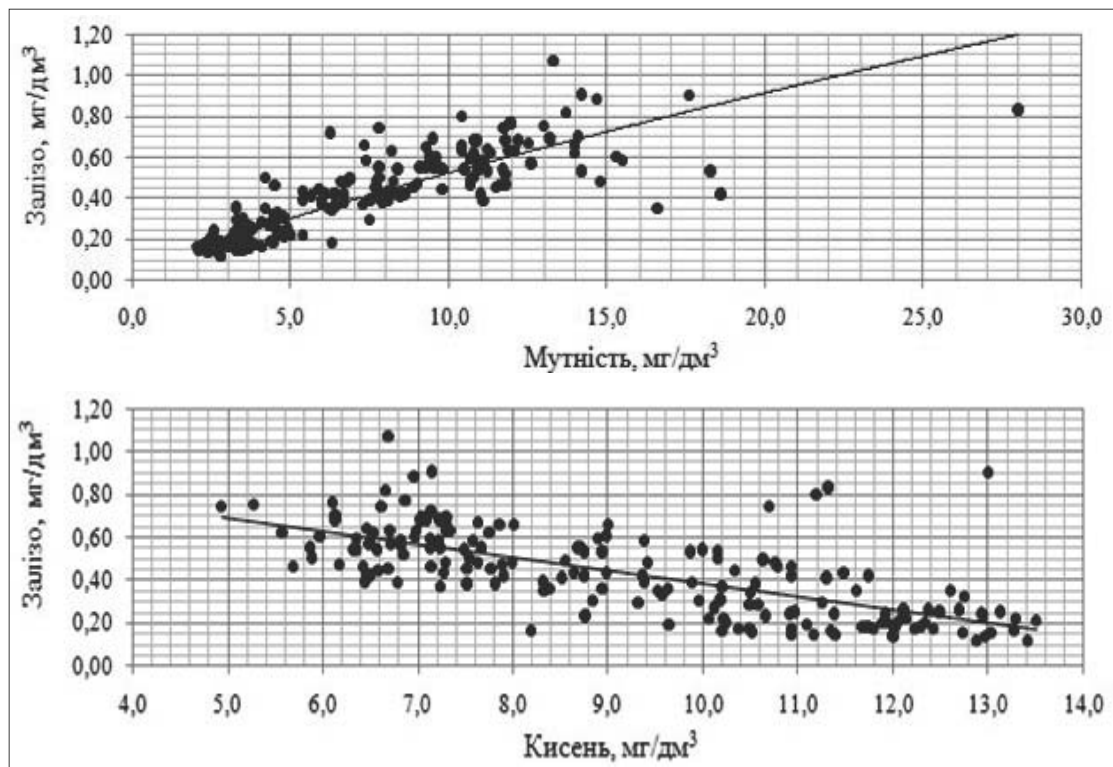


Рис. 3. Зв'язок показників заліза та мутності, заліза й розчиненого кисню



Таблиця 3

Параметри багаторічного розподілу показників якості вод

| <i>n</i> | Показник | $C_{БР}$ | $\check{C}_{БР}$ | $\check{G}_{БР}$ | \check{C}_T | \check{G}_T |
|----------|--------------------|----------|------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1 | Мутність* | 7,90 | -0,156 | 0,577 | -0,146 | 0,567 |
| 2 | pH* | 8,06 | -0,000154 | 0,0176 | -0,000120 | 0,0156 |
| 3 | Кальцій | 56,6 | -0,0215 | 0,219 | | |
| 4 | Магній | 21,1 | -0,0522 | 0,347 | | |
| 5 | Натрій і калій** | 28,2 | | | -0,0584 | 0,362 |
| 6 | Аміак** | 0,215 | | | -0,0403 | 0,281 |
| 7 | Нітрити* | 0,0539 | -0,236 | 0,726 | -0,182 | 0,659 |
| 8 | Нітрати** | 7,27 | | | -0,0282 | 0,243 |
| 9 | Бікарбонати | 200 | -0,00727 | 0,120 | | |
| 10 | Сульфати** | 70,1 | | | -0,0205 | 0,200 |
| 11 | Хлориди** | 34,2 | | | -0,00901 | 0,134 |
| 12 | Жорсткість* | 4,54 | -0,00856 | 0,131 | -0,00670 | 0,116 |
| 13 | Алюміній | 0,0542 | -0,154 | 0,561 | | |
| 14 | Лужність | 3,23 | -0,00524 | 0,102 | | |
| 15 | Перманг. окисність | 3,72 | -0,0164 | 0,178 | | |
| 16 | Сухий залишок | 379 | -0,00997 | 0,141 | | |
| 17 | Мінералізація* | 302 | -0,00956 | 0,138 | -0,00873 | 0,131 |
| 18 | Залізо | 0,429 | -0,126 | 0,528 | | |
| 19 | Фториди | 0,260 | -0,0250 | 0,222 | | |
| 20 | Мідь | 0,261 | -0,158 | 0,613 | | |
| 21 | Марганець* | 0,0428 | -0,122 | 0,510 | -0,0660 | 0,376 |
| 22 | Молибден** | 0,00446 | | | -0,00225 | 0,0675 |
| 23 | Розчинений кисень* | 9,24 | -0,0306 | 0,250 | -0,0298 | 0,247 |
| 24 | БСК ₂₀ | 3,42 | -0,0435 | 0,296 | | |
| 25 | ХСК** | 22,8 | | | -0,0169 | 0,185 |
| 26 | НП** | 0,0115 | | | -0,0327 | 0,144 |
| 27 | Мікробне число** | 1738 | | | -0,476 | 0,980 |
| 28 | Колі-індекс** | 12069 | | | -0,322 | 0,833 |
| 29 | Ψ_{C-T} * | 0,530 | -0,0282 | 0,236 | -0,0182 | 0,193 |

результати спостережень цих показників за кожен рік розділити на середньорічні значення, то в отриманій послідовності багаторічний тренд буде нульовим (рис. 2), оскільки середнє значення для кожного року дорівнюватиме 1.

У таблиці 2 наведені значення r_{XY} для показників з усуненим трендом. Усі значення r_{XY} суттєво знизилися. Напівжирним шрифтом позначені показники, у яких r_{XY} став не більше 0,20. Наприклад, у Mo та NH_4^+ за наявності тренду r_{XY} становить 0,63 (табл. 1), за відсутності – 0,19 (табл. 2).

Як видно з рисунку 3, лінійний зв'язок простежується між мутністю та Fe_{3AG} ($r_{XY} = 0,82$); між O_2 та Fe_{3AG} ($r_{XY} = -0,64$); між лужністю й жорсткістю ($r_{XY} = 0,77$); між O_2 та лужністю ($r_{XY} = 0,67$); між O_2 та мінералізацією ($r_{XY} = 0,64$).

Загалом із таблиці 1 видно, що приблизно половина пар показників (200 з 406) є корельованими ($|r_{XY}| \geq 0,20$).

Для апроксимації розподілу показників якості вод було обрано логнормальний закон [7]. У таблицях 3 та 4 наведено параметри законів розподілу всіх показників, які розглядалися. При цьому в них показники, що підкреслені, мають внутрішньорічну циклічність; позначені зірочкою показники мають слабкий тренд, яким можна знехтувати; позначені двома зірочками показники мають виражений тренд. Символом C_{Op} позначено середнє значення показника за останні роки.

Символами \check{C} та \check{G} позначені середнє й середньоквадратичне відхилення логарифмів нормованих рядів показників якості вод:

Таблиця 4

**Параметри розподілу середньорічних значень
і внутрішньорічного розподілу показників якості вод**

| <i>n</i> | Показник | C_{OP} | \check{C}_{CP} | \check{G}_{CP} | \check{C}_{BP} | \check{G}_{BP} |
|----------|--------------------|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | Мутність* | 7,46 | -0,0102 | 0,146 | -0,134 | 0,560 |
| 2 | pH* | 8,01 | -0,0000341 | 0,00855 | -0,0000831 | 0,0135 |
| 3 | Кальцій | 56,6 | -0,00234 | 0,0719 | -0,0148 | 0,182 |
| 4 | Магній | 21,5 | -0,00681 | 0,123 | -0,0363 | 0,286 |
| 5 | Натрій і калій** | 22,7 | -0,0167 | 0,192 | -0,0465 | 0,325 |
| 6 | Аміак** | 0,110 | -0,120 | 0,518 | -0,0310 | 0,233 |
| 7 | Нітриги* | 0,0483 | -0,0536 | 0,345 | -0,159 | 0,627 |
| 8 | Нітрати** | 5,71 | -0,0134 | 0,175 | -0,0233 | 0,226 |
| 9 | Бікарбонати | 201 | -0,000847 | 0,0423 | -0,00602 | 0,114 |
| 10 | Сульфати** | 62,9 | -0,00553 | 0,109 | -0,0188 | 0,200 |
| 11 | Хлориди** | 30,1 | -0,0112 | 0,152 | -0,00803 | 0,132 |
| 12 | Жорсткість* | 4,27 | -0,00187 | 0,0630 | -0,00606 | 0,115 |
| 13 | Алюміній | 0,0511 | -0,0111 | 0,156 | -0,106 | 0,488 |
| 14 | Лужність | 3,20 | -0,000500 | 0,0327 | -0,00433 | 0,0971 |
| 15 | Перманг. окисність | 3,39 | -0,00577 | 0,111 | -0,00885 | 0,139 |
| 16 | Сухий залишок | 362 | -0,00119 | 0,0504 | -0,00793 | 0,131 |
| 17 | Мінералізація* | 292 | -0,000834 | 0,0424 | -0,00803 | 0,131 |
| 18 | Залізо | 0,420 | -0,00381 | 0,0910 | -0,111 | 0,515 |
| 19 | Фториди | 0,244 | -0,00777 | 0,129 | -0,0156 | 0,185 |
| 20 | Мідь | 0,220 | -0,0403 | 0,286 | -0,0822 | 0,435 |
| 21 | Марганець* | 0,0306 | -0,0551 | 0,366 | -0,0535 | 0,347 |
| 22 | Молибден** | 0,00298 | -0,0420 | 0,304 | -0,00172 | 0,0614 |
| 23 | Розчинений кисень* | 8,823 | -0,000773 | 0,0410 | -0,0285 | 0,252 |
| 24 | БСК ₂₀ | 3,26 | -0,00727 | 0,124 | -0,0311 | 0,262 |
| 25 | ХСК** | 19,9 | -0,00836 | 0,132 | -0,0139 | 0,175 |
| 26 | НП** | 0,0113 | -0,00283 | 0,0792 | -0,00617 | 0,116 |
| 27 | Мікробне число** | 907 | -0,422 | 1,01 | -0,307 | 0,811 |
| 28 | Колі-індекс** | 5450 | -0,148 | 0,631 | -0,234 | 0,736 |
| 29 | Ψ_{CT} * | 0,452 | -0,00987 | 0,143 | -0,0137 | 0,173 |

\check{C}_{BP} і \check{G}_{BP} – параметри багаторічного розподілу (результати спостережень представлені в частках від середнього багаторічного значення показника C_{BP}); \check{C}_T і \check{G}_T – параметри багаторічного розподілу з усуненим трендом (значення показників представлені в частках від середньорічних значень); \check{C}_{CP} і \check{G}_{CP} – параметри розподілу середньорічних значень показників (середньорічні значення представлені в частках від C_{BP}); \check{C}_{BP} і \check{G}_{BP} – параметри узагальненого внутрішньорічного розподілу (значення показників представлені в частках від середньорічних значень).

Прогноз значень показників, що мають внутрішньорічну циклічність, у певному розрахунковому році виконується в такій послідовності:

– задають забезпеченість розрахункового року F_{CP} у частках від одиниці;

– за даними таблиці 4 для розглядуваного показника обираються параметри закону розподілу \check{C}_{CP} та \check{G}_{CP} ;

– визначається нормоване середньорічне значення показника k_{FCP} :

$$k_{FCP} = \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F_{CP}; \check{C}_{CP}; \check{G}_{CP}), \quad (1)$$

де $\text{ЛОГНОРМОБР}(1-F_{CP}; \check{C}_{CP}; \check{G}_{CP})$ – статистична функція в табличному редакторі EXCEL;

– за таблицею 3 визначається середнє багаторічне значення показника C_{BP} та розраховується абсолютне значення показника із забезпеченістю F_{CP} :

$$C_{FCP} = k_{FCP} \cdot C_{BP}; \quad (2)$$

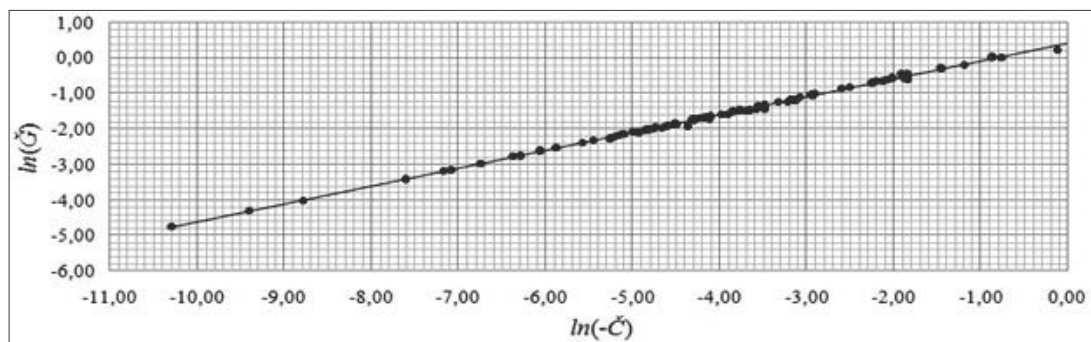


Рис. 4. Зв'язок параметрів логнормального закону розподілу: \check{C} та \check{G} – середнє й середньоквадратичне відхилення рядка логарифмів нормованих значень показника якості вод відповідно

– розраховуються нормовані значення показника із забезпеченістю F_{BP} у внутрішньорічному розподілі:

$$k_{F_{BP}} = \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F_{BP}; \check{C}_{BP}; \check{G}_{BP}), \quad (3)$$

де параметри \check{C}_{BP} та \check{G}_{BP} визначаються за таблицею 4 для відповідного показника;

– визначається абсолютне значення показника із забезпеченістю F_{BP} :

$$C_{F_{BP}} = k_{F_{BP}} C_{F_{CP}}. \quad (4)$$

Прогноз значень показників, що не мають внутрішньорічної циклічності та тренду, виконується таким чином:

– задають забезпеченість показника F_{BP} у частках від одиниці;

– за даними таблиці 3 для розглядуваного показника обираються параметри закону розподілу \check{C}_{BP} та \check{G}_{BP} ;

– визначається нормоване значення показника $k_{F_{BP}}$:

$$k_{F_{BP}} = \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F_{BP}; \check{C}_{BP}; \check{G}_{BP}), \quad (5)$$

за таблицею 3 визначається середнє багаторічне значення показника C_{BP} та розраховується абсолютне значення показника із забезпеченістю F_{BP} :

$$C_{F_{BP}} = k_{F_{BP}} C_{BP}. \quad (6)$$

Прогноз значень показників, які не мають внутрішньорічної циклічності та мають тренд, виконується аналогічно до процесу розрахунку показників із внутрішньорічною циклічністю, тільки замість \check{C}_{BP} та \check{G}_{BP} використовуються параметри \check{C}_T та \check{G}_T з таблиці 3.

Відповідно до вимог норм якості вод країн Європейського Союзу забезпеченість F_{BP} та F_{BP} задається на рівні 10%, якщо виконується

оцінка якості вод за санітарними нормами, і 5% – за рибогосподарськими нормами.

Між параметрами \check{C} та \check{G} можна встановити зв'язок (рис. 4):

$$\ln(-\check{C}) = 1,98\ln(\check{G}) - 0,770, \quad (7)$$

або

$$\ln(\check{G}) = 0,502\ln(-\check{C}) + 0,375. \quad (8)$$

Розрахунок проводимо в три етапи.

По-перше, визначаємо концентрацію заліза із забезпеченістю 10% для розрахункового року із забезпеченістю 5%:

– для показника заліза в таблицях 3 й 4 знаходимо: $\check{C}_{CP} = -0,00381$, $\check{G}_{CP} = 0,0910$ та $C_{BP} = 0,429$ мг/дм³;

– розраховуємо нормоване середньорічне значення концентрації $k_{F_{BP}}$: $k_{BP5} = \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; -0,00412; 0,0948) = 1,157$;

– абсолютне значення середньорічної концентрації заліза року із забезпеченістю 5% дорівнює: $C_{BP5} = 1,157 * 0,429 = 0,4958$ (мг/дм³) $\approx 0,50$ (мг/дм³);

– параметри внутрішньорічного розподілу заліза (табл. 4) становлять $\check{C}_{BP} = -0,111$ та $\check{G}_{BP} = 0,515$, тоді нормоване значення концентрації заліза із забезпеченістю 10% у розрахунковому році k_{10} буде дорівнювати: $k_{BP10} = \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,10; -0,111; 0,515) = 1,732$;

– абсолютне значення концентрації заліза з 10% забезпеченістю становитиме: $C_{BP10} = 1,732 * 0,4958 = 0,8585$ (мг/дм³) $\approx 0,86$ (мг/дм³).

По-друге, визначаємо концентрацію магнію із забезпеченістю 10% для розрахункового року із забезпеченістю 5%:

– магній не має циклічності й тренду, тоді параметри його розподілу знаходимо за таблицею 3: $\check{C}_{BP} = -0,0522$; $\check{G}_{BP} = 0,347$ та $C_{BP} = 21,1$;

– розраховуємо нормоване значення концентрації k_{10} : $k_{10} = \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,10; -0,0522; 0,347) = 1,480$;

– абсолютне значення буде дорівнювати: $C_{10} = 1,480 * 21,1 = 31,30$ (мг/дм³) $\approx 31,3$ (мг/дм³).

По-третє, визначаємо концентрацію марганцю із забезпеченістю 10% для розрахункового року із забезпеченістю 5%:

– марганець не має циклічності, проте має слабкий тренд, параметри його розподілу визначаємо за таблицями 3 й 4: $C_{BP} = 0,0428$ мг/дм³; $\check{C}_{CP} = -0,551$; $\check{G}_{CP} = 0,366$; $\check{C}_T = -0,0660$; $\check{G}_T = 0,376$;

– середньорічне значення марганцю із забезпеченістю 5% дорівнює: $C_5 = 0,0428 * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; -0,0551; 0,366) = 0,07398$;

– розраховуємо значення марганцю із забезпеченістю 10% у розрахунковому році: $C_{10} = 0,07398 * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,10; -0,0660; 0,376) = 0,112$ (мг/дм³).

Висновки з проведеного дослідження.

За результатами досліджень можна зробити такі висновки:

1) якість вод Нижнього Дністра за останні 15 років стабільно поліпшується: середньорічні значення показників $Na^+ + K^+$, NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Mo , XCK , HP , мікробного числа та колі-індексу мають тенденцію до зниження. Загальний хід середньорічних значень останніх розглядуваних показників можна вважати таким, що не має тренду;

2) вміст у воді завислих речовин, Ca^{2+} , NO_2^- , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , жорсткості, Al , лужності, сухого залишку, мінералізації, Fe_{3AG} , розчиненого O_2 та BCK_{20} зумовлений переважно природними факторами (ці показники мають зв'язок із водністю річки);

3) переважно антропогенними факторами зумовлені останні показники якості вод, вони не пов'язані з водністю річки;

4) розподіл показників якості вод є можливим;

5) для оцінки якості вод і для розрахунку ГДС за санітарними нормами прогнозна забезпеченість значень показників повинна бути на рівні 10% (у такому разі оцінка якості вод буде відповідати вимогам норм країн Європейського Союзу), а для оцінки за рибогосподарськими нормами – 5%;

6) запропонована методика прогнозу дає змогу визначити значення показників якості вод у певному розрахунковому році із заданою забезпеченістю для оцінки якості вод та для нормування скидів стічних вод.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на обґрунтування забезпеченості розрахункового року.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: навч. посібник. О.: Екологія, 2012. 168 с.

2. Про затвердження Інструкції про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами: Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 15 грудня 1994 р. № 116 / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94>.

3. Основи природоохоронного законодавства України та Європейського співтовариства: водні ресурси: матеріали семінару. К.: Державний інститут підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Мінекобезпеки України, 1997. 71 с.

4. РД 52.24.622-2001 «Методические указания. Проведение расчётов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков». СПб., 2001. 64 с.

5. Правила охраны поверхностных вод (типовые положения). М.: Госкомприрода СССР, 1991. 34 с.

6. СанПиН – 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. М.: Министерство здравоохранения СССР, 1988. 30 с.

7. Юрасов С.Н., Алексеенко О.А. Апроксимация законов розподілу показників якості вод на прикладі річки Дністер – місто Біляївка. Людина та довкілля. Проблеми неоекології: науковий журнал Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Х., 2014. № 3–4. С. 46–51.