

УДК 504.45

Безсонний В. Л., Третьяков О. В. (Україна, Харків), Халмурадов Б.Д. (Україна, Київ)

### МОДЕЛЮВАННЯ КИСНЕВОГО РЕЖИМУ ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Питне водопостачання країни майже на 80 % забезпечується за рахунок поверхневих вод. Якість води у поверхневих водних об'єктах є вирішальним чинником санітарного та епідемічного благополуччя населення. Загальнодержавна програма «Питна вода України» на 2006-2020 роки (далі – Програма), що затверджена Законом України від 03.03.2005 р., № 2455-IV, спрямована на реалізацію державної політики щодо забезпечення населення якісною питною водою відповідно до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання». Кисень належить до найважливіших розчинених газів. Він необхідний для існування більшості водних організмів і є одним із найбільш потужних природних окиснювачів, виконуючи санітарно-гігієнічну роль у водоймі. Концентрація розчиненого у воді кисню є інтегральною величиною, що визначається співвідношенням різноспрямованих фізико-хімічних, гідробіологічних і гідродинамічних процесів, які відбуваються у водному середовищі та на межі розділення «вода-атмосфера». Одним з основних способів, які допомагають вирішувати проблеми, пов'язані з якістю річкових вод, є математичне моделювання. Рівняння, що характеризують комплекс процесів, що реально впливають на якість води, очевидно, досить складні, оскільки зміна концентрації однієї складової буде автоматично впливати на інші, що обумовлено законом збереження мас. При використанні класичних рівнянь Стрітера-Фелпса весь комплекс забруднюючих речовин, що скидаються до водного об'єкту, оцінюється споживанням кисню та компенсаторним впливом атмосферної аерації на протязі певного інтервалу часу та описуються системою рівнянь

$$\frac{dC_1}{dt} = -k_1 \cdot C_1; \quad (1)$$

$$\frac{dC_2}{dt} = k_1 \cdot C_1 - k_2 \cdot C_2, \quad (2)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт мінералізації (коефіцієнт біохімічного окислення органічних речовин, 1/добу);  $k_2$  – коефіцієнт реаерації, 1/добу),  $C_1$  = БСК, мг/л; та  $C_2 = DO_S - DO$ . Тут  $C_2$  – дефіцит кисню,  $DO_S$  – гранична концентрація РК у воді (при відсутності відходів), мг/л,  $DO$  – концентрація РК у воді в довільний момент часу, мг/л.

Для водойми, що має постійну швидкість течії  $U$ , величина  $t$  може інтерпретуватися як тривалість ( $t=x/U$ ) протікання процесу на ділянці довжиною  $x$  при швидкості течії  $U$  і тоді система рівнянь (1) та (2) має аналітичне рішення виду:

$$C_1 = C_{1,0} \cdot e^{-k_1 t}; \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{k_1 \cdot C_{1,0}}{k_2 - k_1} \cdot (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + C_{2,0} \cdot e^{-k_2 t}, \quad (4)$$

де  $C_{1,0}$  – БПК в початковий момент часу,  $C_{2,0}$  – дефіцит кисню в початковий момент часу, обумовлений джерелом забруднення.

Множники  $C_{1,0}$  та  $C_{2,0}$  – в рівняннях (3) та (4) визначаються експериментально. Розв'язуючи рівняння (3) та (4), отримуємо коефіцієнти  $k_1$  та  $k_2$ . В роботі виконано ретроспективний аналіз кисневого режиму Червонооскільського водосховища, р. Оскіл (нижній б'єф) і р. Сіверський Дінець (Ізюмський район Харківської області) та розраховано параметри моделі Стрітера-Фелпса. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$  є усереднені середньомісячні багаторічні значення відповідних показників за період 2010 – 2014 рр. Дані 2014 р. використані для перевірки адекватності побудованої моделі. Враховуючи вплив температурного режиму в залежності від пори року на розчинність кисню у воді вбачається доцільним розрахунок параметрів моделі для кожного місяця окремо. Проведений ретроспективний аналіз показує тенденції до покращання кисневого режиму водойм – збільшення концентрації розчиненого кисню та зменшення БСК за середньорічними показниками. Розраховані параметри моделей показують достатню достовірність прогнозу та можуть використовуватися в умовах оперативного моніторингу. Перспективним вбачається включення до рівнянь моделі змінних, що характеризують гідрологічні та температурні показники досліджуваного об'єкту для більш точного визначення параметрів.