

**ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ  
НА ЯКІСНИЙ СТАН ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ ДНІПРО****Р. В. Пономаренко**Національний університет цивільного захисту України  
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна. E-mail: prv@nuczu.edu.ua**Л. Д. Пляцук, М. М. Шерстюк**Сумський державний університет  
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна. E-mail: l.plyacuk@ecolog.sumdu.edu.ua**О. В. Третьяков**Харківська державна академія фізичної культури  
вул. Клочківська, 99, м. Харків, 61058, Україна. E-mail: mega\_ovtr@ukr.net**В. М. Штепа**Київський національний університет технологій та дизайну  
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ, 01011, Україна. E-mail: shns1981@gmail.com

Виконано ретроспективний аналіз даних оперативного контролю показників БСК та розчиненого кисню в воді Дніпра. На підставі ретроспективних даних спостережень 2013-2018 років виявлено тенденції до покращання кисневого режиму водойми – збільшення концентрації розчиненого кисню та зменшення БСК за середньорічними показниками. Це пояснюється зменшенням антропогенного навантаження на басейн водойми через економічний спад у країні. Найбільш доцільним підходом до прогнозування зміни екологічних показників поверхневого вододжерела (на прикладі басейну Дніпра) можна вважати використання двокомпонентної моделі Стритера-Фелпса, а також її модифікації (РК-БСК). Доцільність використання запропонованого методу є простота проведення вимірювань оперативних показників екологічного стану поверхневого вододжерела. Запропоновано підхід та удосконалено математичну модель динаміки кисневих показників екологічного стану поверхневих вод, шляхом введення коригуючих коефіцієнтів, що дозволяє забезпечити високу точність прогнозу екологічного стану водойми. Така модель дозволяє оптимізувати екологічний моніторинг та управління екологічною безпекою водойми. Перевагами проведеного дослідження є можливість оперативної обробки даних моніторингу поверхневих джерел водопостачання.

**Ключові слова:** басейн Дніпра, екологічний стан, антропогенне навантаження, оцінка якості.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
НА КАЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ДНЕПР****Р. В. Пономаренко**Национальный университет гражданской защиты Украины  
ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, 61023, Украина. E-mail: prv@nuczu.edu.ua**Л. Д. Пляцук, Н. Н. Шерстюк**Сумской государственной университет  
ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина. E-mail: l.plyacuk@ecolog.sumdu.edu.ua**О. В. Третьяков**Харьковская государственная академия физической культуры  
ул. Клочковская, 99, г. Харьков, 61058, Украина. E-mail: mega\_ovtr@ukr.net**В. Н. Штепа**Киевский национальный университет технологий и дизайна  
ул. Немировича-Данченко, 2, г. Киев, 01011, Украина. E-mail: shns1981@gmail.com

Выполнен ретроспективный анализ данных оперативного контроля показателей БПК и растворенного кислорода в воде Днепра. На основании ретроспективных данных наблюдений 2013-2018 годов выявлены тенденции к улучшению кислородного режима водоема - увеличение концентрации растворенного кислорода и уменьшения БСК по среднегодовым показателям. Это объясняется уменьшением антропогенной нагрузки на бассейн водоема из-за экономического спада в стране. Наиболее целесообразным подходом к прогнозированию изменения экологических показателей поверхностного водоисточника (на примере бассейна Днепра) можно считать использование двухкомпонентной модели Стритера-Фелпса, а также ее модификации (ЖК-БСК). Целесообразность использования предложенного метода является простота проведения измерений оперативных показателей экологического состояния поверхностного водоисточника. Предложен подход и усовершенствована математическая модель динамики кислородных показателей экологического состояния поверхностных вод, путем введения корректирующих коэффициентов, позволяет обеспечить высокую точность прогноза экологического состояния водоема. Такая модель позволяет оптимизировать экологический мониторинг и управление экологической безопасностью водоема. Преимуществами проведенного исследования является возможность оперативной обработки данных мониторинга поверхностных источников водоснабжения.

**Ключевые слова:** бассейн Днепра, экологическое состояние, антропогенная нагрузка, оценка качества.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Безперервна діяльність людини постійно призводить до погіршення

якості води і екологічного режиму річкового стоку. Питання охорони водних басейнів річок, а особливо їх

раціонального використання – це найбільш актуальне питання сьогодення, що безпосередньо пов'язане з здоров'ям нації в цілому.

Проблема, пов'язана з оцінкою якості води в реальному часі має першочергове значення. Системний аналіз сучасного екологічного стану басейну Дніпра та організації управління охороною і використанням його водних ресурсів дає змогу окреслити коло найбільш актуальних проблем, які потребують розв'язання.

Значення вод басейну Дніпра в забезпеченні водними ресурсами України важко переоцінити, оскільки майже 80% ресурсів господарського водопостачання в Україні, а це дві третини території країни, на якій проживає близько 30 мільйонів людей, припадає саме на води Дніпра. На його берегах розташовані понад півсотні великих міст та промислових центрів, зокрема столиця України – Київ, що визначає його загальнонаціональне значення для країни [1, 2, 3, 4].

В [2] розглянуто основні характеристики басейну Дніпра, що визначають його екологічний стан, проведено ретроспективний аналіз якості води річки Дніпро за даними моніторингу водних ресурсів України за останні 10 років (різниця сумарного вмісту аніонів, фосфат іонів  $PO_4^{3-}$ , амонію  $NH_4^+$ , відношення  $BCK_5$  до концентрації розчиненого кисню), а також встановлено можливі причини зміни якості води поверхневого джерела.

Виходячи з проведеного аналізу [2, 5], водна екосистема річки Дніпро, як головної водної артерії України, знаходячись під постійним техногенним впливом, має тенденцію до постійного та стійкого погіршення її екологічного стану.

В подальшому зміна екологічного стану поверхневих вод басейну Дніпра в напрямку його покращення не може відбуватися без розробки та запровадження в дію надійної та ефективної моделі прогнозування його екологічного стану.

Розв'язання комплексної проблеми екологічного оздоровлення басейну Дніпра необхідно здійснювати на якісно новому рівні відповідно до радикальних змін характеру природокористування та стратегії розвитку економіки країни і лише шляхом розробки загальнодержавної програми відродження його екологічного стану.

Метою статті є визначення адекватності прогнозної математичної моделі для прогнозування показників кисневого режиму (БСК та РК) в умовах басейну Дніпра на основі класичної моделі Стрітера-Фелпса.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проведення ретроспективного аналізу даних кисневих показників Дніпра;
- перевірка адекватності моделі Стрітера-Фелпса для умов басейну Дніпра.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Проведення ретроспективного аналізу якісного стану води було проведено за даними проб контрольного забору води р. Дніпро в межах Басейнового управління водними ресурсами по 14 постам [2] (рис. 1).

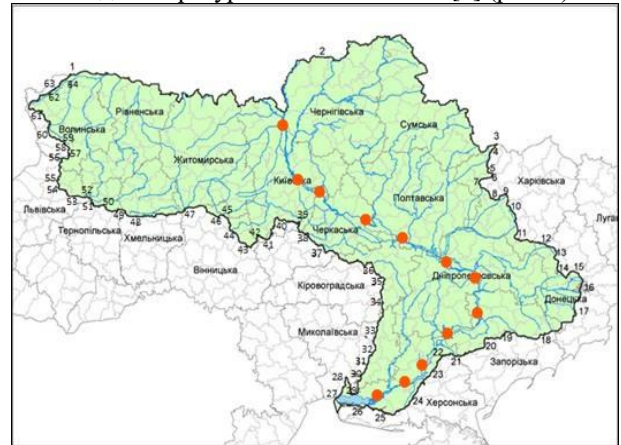


Рисунок – 1 Схематичне розміщення 14 постів контрольного забору води, за даними яких було проведено ретроспективний аналіз даних кисневих показників Дніпра

Дослідження кисневого режиму поверхневих вод басейну Дніпра проводили шляхом ретроспективного аналізу даних моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів України [6, 7] за період з січня 2013 року по січень 2018 року (для  $BCK_5$ ) та з січня 2015 року по січень 2018 року (для РК). Вихідні дані для дослідження наведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1 – Середньорічні значення розчиненого кисню ( $mg/dm^3$ ) на постах заборів води басейну Дніпра

Роки	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	9,68	7,80	7,80	9,20	8,85	9,95	10,19	8,34	8,25	8,00	10,46	8,00
2016	9,53	7,45	9,53	7,57	9,01	9,47	9,46	8,30	7,87	9,20	10,63	9,20
2017	8,68	6,75	8,25	7,58	7,79	9,10	8,74	8,64	8,00	9,23	10,35	9,23
2018	8,83	8,82	9,05	8,79	8,96	8,78	8,48	8,50	7,40	8,53	9,53	8,53

Таблиця 2 – Середньорічні значення  $BCK_5(mg/dm^3)$  на постах заборів води басейну Дніпра

Роки	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12
2013	2,0	2,7	4,2	2,6	2,6	2,0	2,3	2,6	2,8	1,3	1,4	1,3
2014	2,9	3,6	2,4	2,4	3,6	2,1	2,4	2,9	2,8	1,4	1,3	1,4
2015	4,0	3,6	3,1	2,1	4,5	1,8	2,0	2,9	2,8	1,5	1,2	1,5
2016	4,3	4,2	3,3	2,1	3,9	2,4	2,4	2,6	2,9	1,6	1,3	1,6
2017	3,0	5,9	2,9	2,4	4,0	2,4	2,5	3,1	3,0	1,3	1,2	1,3
2018	2,4	6,0	2,4	2,0	3,5	2,2	2,4	3,1	3,5	2,0	1,5	2,0

Внутрішня структура моделі взаємодії РК і БСК визначається множиною  $\{S_1\}$  функцій споживання РК і множиною  $\{S_2\}$  функцій виробництва / споживання БСК. Аргументами кожної функції, що входять до  $\{S_1\}$  і  $\{S_2\}$  є РК і БСК (що, в свою чергу, є функціями координат і часу), а також їх похідні та фактори зовнішнього середовища – функції сторонніх джерел і стоків РК і БСК [8].

Виходячи з [8] очевидно, що вирішального впливу на всю еволюцію моделей РК і БСК завдало класичне дослідження Стритера і Фелпса. В роботі наведено припущення, що баланс між концентраціями РК і БСК залежить тільки від двох процесів: реаерації потоку та споживання РК при окисненні (або розпаді) БСК, тобто

$$\begin{aligned} \{S_1\} &= \{-k_1 x_1\}, \\ \{S_2\} &= \{k_2(C_s - x_2) - k_1 x_1\}, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $x_1$  – концентрація БСК<sub>5</sub>, мг/дм<sup>3</sup>;  $x_2$  – концентрація РК, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_s$  – концентрація насичення РК, мг/дм<sup>3</sup>;  $k_1$  – константа швидкості розпаду БСК<sub>5</sub> (коефіцієнт мінералізації), 1/с;  $k_2$  – константа швидкості реаерації для РК, 1/с.

Після врахування умов для спрощення (стаціонарність водного потоку, функцій  $S_1$  і  $S_2$  для всіх точок річки та рівномірність розподілу  $x_1$ ,  $x_2$  по перерізу потоку), тобто  $x_1 = x_1(z, t)$ ,  $x_2 = x_2(z, t)$ , де  $z$  – відстань від джерела скиду вздовж русла річки,  $t$  – час, а незалежні змінні  $z$  і  $t$  зв'язані одне з одним простим співвідношенням:  $z = ut$  (тут  $u$  – швидкість течії), модель Стритера-Фелпса зводиться до системи звичайних диференціальних рівнянь і набирає наступного вигляду:

$$\begin{cases} u \frac{dx_1}{dz} = -k_1 x_1; \\ \frac{dx_2}{dt} = u \frac{dx_2}{dz} = k_2(C_s - x_2) - k_1 x_2. \end{cases} \quad (2)$$

Розв'язок цієї системи рівнянь має такий вигляд:

$$\begin{cases} x_1 = x_{1,0} e^{-k_1 z/u} + C_1; \\ x_2 = x_{2,0} e^{-k_2 z/u} + C_s (1 - e^{-k_2 z/u}) + \frac{k_1}{k_2 - k_1} x_{1,0} (e^{-k_2 z/u} - e^{-k_1 z/u}) + C_2; \end{cases} \quad (3)$$

де  $x_{1,0}$ ,  $x_{2,0}$  – концентрації, відповідно, БСК<sub>5</sub> і РК у початковій точці, мг/м<sup>3</sup>;  $C_1$ ,  $C_2$  – коригувальні коефіцієнти, введені для підвищення точності прогнозу.

$$C_1 = f(GM), \quad (4)$$

$$C_2 = f(COD/BOD), \quad (5)$$

де  $f(GM)$  – функція загального солемісту;  $f(COD/BOD)$  – функція, що визначає відношення ХСК до БСК<sub>5</sub>.

Видно, вдалині від точки скиду  $\lim_{t \rightarrow \infty} x_1 = 0$ , тобто вода самоочищується від активних домішок, а  $\lim_{t \rightarrow \infty} x_2 = C_s$ , тобто вода насичується киснем.

Множники  $x_{1,0}$  та  $x_{2,0}$  – в рівняннях (3) визначаються експериментально, коефіцієнти  $k_1$  та  $k_2$  невідомі.

Коефіцієнти мінералізації  $k_1$  та реаерації  $k_2$  можуть бути знайдені експериментально за формулами:

$$k_1 = t^{-1} \cdot \ln \frac{x_{1,0}}{x_1}, \quad (6)$$

$$k_2 = \frac{x_{1,0} \cdot k_1 \cdot e^{-k_1 t}}{x_2}. \quad (7)$$

Зміна вмісту розчиненого кисню в воді Дніпра за середньорічними показниками наведена на рис. 2.

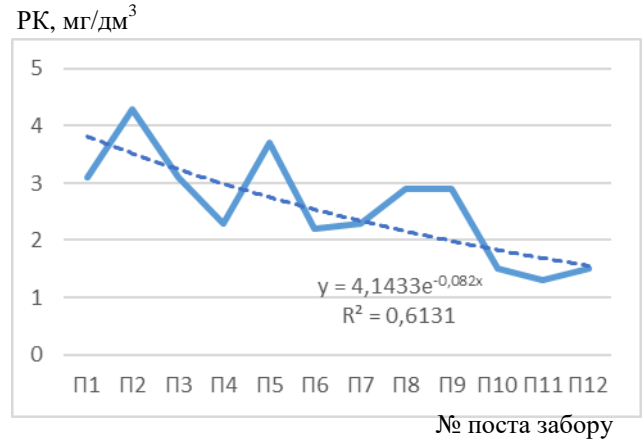


Рисунок 2 – Зміни вмісту розчиненого кисню (мг/дм<sup>3</sup>) у воді Дніпра за середньорічними показниками 2015–2018 років

На графіку (рис. 2) простежується нечітка тенденція до збільшення розчиненого кисню у воді Дніпра, що може пояснюватися зменшенням антропогенного навантаження на басейн водойми через економічний спад, який спонукала несприятлива економічна ситуація у країні.

Тенденції зміни вмісту БСК<sub>5</sub> у воді Дніпра за середньорічними показниками наведені на рис. 3.

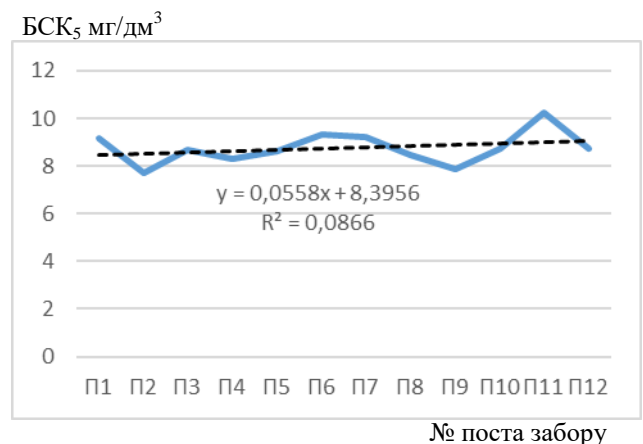


Рисунок 3 – Зміни вмісту БСК (мг/дм<sup>3</sup>) у воді Дніпра за середньорічними показниками 2013–2018 років

Так само, як у випадку з розчиненим киснем, на графіку спостерігається тенденція до зменшення показника БСК<sub>5</sub> у воді Дніпра, що може пояснюватися зменшенням антропогенного навантаження на

басейн водойми через економічний спад, який є наслідком несприятливої економічної ситуації у країні, а також про здатність Дніпра до не значного самоочищення.

Аналіз багаторічних результатів спостереження за екологічним станом Дніпра дозволив встановити, що коригуючий коефіцієнт  $C_1$  (4) залежить від загального вмісту аніонів у воді за законом:

$$C_1 = -0,0002c_1^2 + 0,2719c_1 - 81,922, \quad (8)$$

де  $C_1$  –  $\Delta BCK_5$  (різниця  $BCK_5$  вище та нижче місця скиду стічних вод),  $mg/m^3$ ;  $c_1$  – загальний солевміст,  $mg/m^3$ .

Аналіз багаторічних результатів спостереження за екологічним станом Дніпра дозволив встановити, що коригуючий коефіцієнт  $C_2$  (5) залежить від  $BCK_5/PK$  у вигляді

$$C_2 = -0,5542c_2^2 - 0,561c_2 + 2,871, \quad (9)$$

де  $C_2$  –  $\Delta PK$  (різниця  $PK$  вище та нижче місця скиду стічних вод),  $mg/m^3$ ;  $c_2$  – відношення  $BCK_5/PK$ .

Таким чином, маючи фактичні дані спостережень за екологічним станом водного об'єкту, виникає можливість обрахувати параметри моделі індикаторних (сигнальних) показників ( $PK - BCK$ ) у залежності від значень показників вмісту аніонів та відношення  $BCK_5/PK$ .

Введення коригуючих коефіцієнтів  $C_1$  і  $C_2$  дозволяють суттєво підвищити надійність прогнозу екологічного стану води поверхневого джерела водопостачання за допомогою запропонованої математичної моделі, що гарантує високу адекватність оперативних рішень управління водними ресурсами.

Для визначення параметрів моделі динаміки кисневого режиму Дніпра, тобто значення коефіцієнтів  $k_1$  (коефіцієнт біохімічного окислення органічних речовин) та  $k_2$  (коефіцієнт реаерації), використовуємо дані табл. 1–2 та розраховуємо за формулами (6) та (7). В табл. 3 наведені значення коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$ .

Таблиця 3 – Розраховані значення коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$

Пост	$k_1$	$k_2$
П1	-0,001667	0,00350
П2	0,001725	0,00783
П3	0,001525	-0,01254
П4	-0,002432	-0,01493
П5	0,002658	0,01451
П6	-0,000369	0,00740
П7	-0,001034	0,00311
П8	-0,000150	0,00076
П9	0,003318	0,01135
П10	0,000740	0,00075
П11	-0,000740	0,00064
П12	0,001061	0,0053

Таким чином, вихідними даними для розрахунку коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$  є усереднені середньорічні значення відповідних показників кисневого режиму за період 2013–2018 рр.

На підставі розрахованих коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$  розраховано модельні значення  $BCK_5$  та дефіциту розчиненого кисню. Перевірка адекватності моделі зміни  $BCK_5$  та  $PK$  приведена на відповідних графіках (рис. 4 та 5), де зображені криві середньорічних значень показників  $BCK_5$  та дефіциту розчиненого кисню за 2018 рік, значення, змодельовані за класичною моделлю Стритера-Фелпса, при цьому значення, отримані з врахуванням коригуючих коефіцієнтів.

Коефіцієнт кореляції між модельним значенням  $BCK_5$  та фактичним становить (рис. 4) 0,76, а між фактичним значенням та модельним з використанням коригуючого коефіцієнту – 0,94, що можна вважати прийнятним враховуючи досвід попередніх дослідників [9, 10], які вказують на те, що на всі моделі, запропоновані для опису взаємодії  $PK$  та  $BCK_5$  впливає факт неточності задання усіх параметрів цієї моделі, отриманих із експерименту (величина похибки може досягати 40 %).

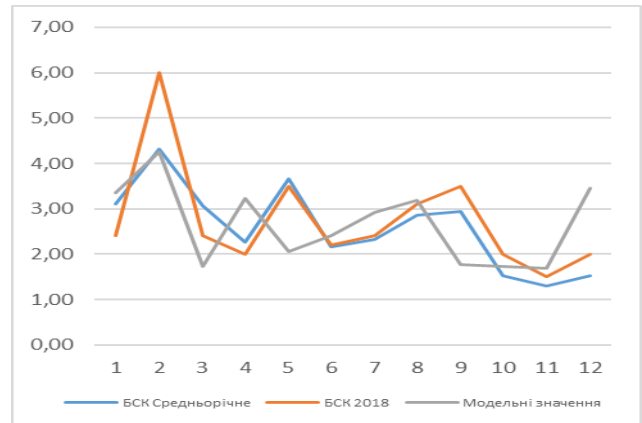


Рисунок 4 – Динаміка змодельованих, середньорічних та фактичних (2018 р.) значень  $BCK_5$  ( $mg/dm^3$ )

Результат моделювання значень розчиненого кисню (рис. 5) показує високий коефіцієнт кореляції – 0,85; за класичною моделлю – 0,71.

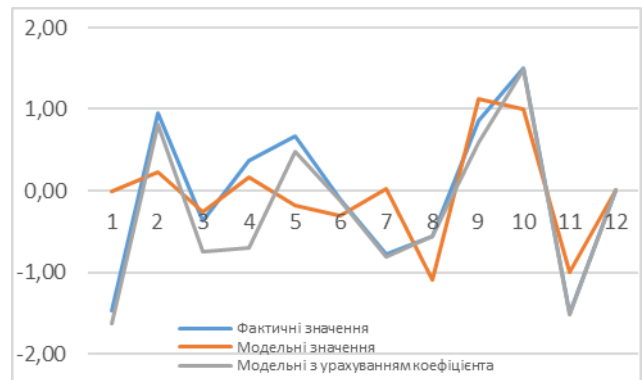


Рисунок 5 – Динаміка змодельованих та фактичних (2018 р.) значень розчиненого кисню ( $mg/dm^3$ )

Перевагами запропонованого підходу є можливість простої та оперативної обробки наявних даних моніторингу поверхневого джерела водопостачання. Використання запропонованої моделі дає змогу проводити розрахунки без застосування спеціальних комп'ютерних програм та профільних навиків.

Як недовіком все ж справедливо буде вказати на обмеженість складових моделі, що можливо може стати предметом подальших досліджень в напрямку визначення оперативних методів контролю зміни екологічного стану поверхневого джерела. Для випадку досягнення мети наших досліджень застосування запропонованої моделі є оправданим.

Основне призначення отриманої моделі – прогноз показників БСК та дефіциту розчиненого кисню за результатами оперативного моніторингу.

**ВИСНОВКИ.** На основі даних ретроспективного аналізу за 2013–2018 роки проведено аналіз зміни показників БСК та розчиненого кисню Дніпра по 12 постах забору проб. Виявлено тенденції до покращання кисневого режиму річки – збільшення концентрації розчиненого кисню та зменшення БСК за середньорічними показниками. Це можна пояснити зменшенням антропогенного навантаження на басейн водойми через економічний спад у країні. Удосконалено математичну модель динаміки інтегральних показників екологічного стану водойми (модель Стрітера-Фелпса) шляхом доповнення корегуючими коефіцієнтами, що дозволяє з достатньо високою точністю прогнозувати зміну екологічного стану Дніпра. Розраховано параметри  $k_1$  (коефіцієнт біохімічного окислення органічних речовин) та  $k_2$  (коефіцієнт реаерації) моделі Стрітера-Фелпса для умов вод басейну Дніпра.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України: Підручник. К.: Знання, 2005. С. 128.
2. Визначення якісного стану водної екосистеми річки Дніпро. Р. В. Пономаренко, Є. Д. Слепужніков, Л. Д. Пляцук, І. Ю. Аблесва, О. В. Третяков. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2019. Вып. 2(28). С. 52–62.
3. Савчук Д. Екологічні та економічні аспекти функціонування Дніпровських водосховищ. *Екологічний вісник*. 2003. № 5–6. С. 24–26.
4. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка-Центр, 2001. 264 с.
5. Bezsonnyi V., Tretyakov O., Khalmuradov B., Ponomarenko R. Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir (Дослідження динаміки та моделювання кисневого режиму Червонооскільського водосховища). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 5/10 (89). Pp. 32–38. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5546>
6. Підвищення ефективності прогнозування впливу техногенного забруднення на поверхневі водойми О. В. Третяков, В. Л. Безсонний, Р. В. Пономаренко, П. Ю. Бородич. *Проблеми надзвичайних ситуацій: Науковий журнал*. Харків: НУЦЗУ, 2019. Вип. 29. С. 61–78. [http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/8881/1/%D0%9F%D0%9D%D0%A1%201\\_2019.pdf](http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/8881/1/%D0%9F%D0%9D%D0%A1%201_2019.pdf)
7. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання : на дано чинності наказом Держспоживстандарту України від 05.07.07 р. №144. Офіц. вид. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 39 с. : іл. + додатки. (Національний стандарт України).
8. Третяков О. В., Безсонний В. Л. Основні методи математичного моделювання для методичного забезпечення басейнового підходу в управлінні якістю водних ресурсів. *Системи обробки інформації*. 2016. № 8(145). С. 194–199.
9. Цхай А. А. Математическое моделирование качества воды в проектируемом водохранилище на основе РК-БПК. *Известия Алтайского государственного университета*. Вып. № 1(73). Т. 2/2012. С. 123–126.
10. Михайлов М. Д. Об одной модификации модели Стритера-Фелпса и ее численной реализации с помощью многопроцессорных вычислительных систем. *Вестник Томского государственного университета*. Серия: Математика и механика, 2010, №1(9). С. 39–46.

### PREDICTING THE IMPACT OF MAN-MADE POLLUTION ON THE QUALITATIVE CONDITION OF THE AQUATIC ECOSYSTEM OF THE DNIPRO RIVER

**R. Ponomarenko**

National University of Civil Defence of Ukraine

vul. Chernyshevskaya, 94, Kharkiv, 61023, Ukraine. E-mail: prv@nuczu.edu.ua

**L. Plyatsuk, N. Sherstyuk**

Sumy State University

vul Rymyskoho-Korsakova, 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: l.plyacuk@ecolog.sumdu.edu.ua

**O. Tretyakov**

Kharkiv State Academy of Physical Culture

vul. Klochkivska, 99, Kharkiv, 61058, Ukraine. E-mail: mega\_ovtr@ukr.net

**V. Shtepa**

Kyiv National University of Technologies and Design

vul. Nemirovich-Danchenko, 2, Kyiv, 01011, Ukraine. E-mail: shns1981@gmail.com

**Purpose.** The adequacy of the predictive mathematical model for predicting the oxygen regime in the Dnipro basin conditions was determined on the basis of the classical Striter-Phelps model, by conducting a retrospective analysis of the data of the Dnipro oxygen indices with further verification of the adequacy of the Striter-Phelps model for the Dnipro basin conditions. **Methodology.** A retrospective analysis was conducted according to the data on the control of water intake on the Dnipro within the framework of the Basin Water Management at 12 posts. The analysis was carried out taking into account the requirements of State Standard of Ukraine 4808: 2007. The studies were carried out using a

two-component model of Stritner-Phelps, as well as its modification (dissolved oxygen - biological oxygen consumption). Mathematical modeling was also used for the dynamics of oxygen indicators of the ecological condition of surface waters, by introducing correction coefficients. **Results.** The analysis of changes in biological oxygen and dissolved oxygen consumption of the Dnipro by 12 sampling posts was carried out. Trends in the improvement of the oxygen regime of the river and a decrease in biological oxygen consumption by annual average were revealed. The mathematical model of the dynamics of the integral indices of the ecological condition of the reservoir (the Stritner-Phelps model) has been improved by supplementing the correction coefficients, which allows predicting with sufficient accuracy the change of the Dnipro ecological state. The parameters  $k_1$  (coefficient of biochemical oxidation of organic substances) and  $k_2$  (coefficient of reaction) of the Stritner-Phelps model for the water conditions of the Dnipro basin were calculated. **Originality.** The study is based on an integrated approach, which includes a retrospective analysis of available data from the State Agency for Water Resources of Ukraine, which takes into account the principles of biodiversity conservation, sustainable use of water resources, management and basins of rivers, monitoring and evaluation of information on their status. **Practical value.** Further consideration of a larger number of components of the model may be the subject of research towards determining operational methods for controlling the change in the ecological condition of the surface source. The main purpose of the obtained model is to predict the biological oxygen consumption and dissolved oxygen deficiency as a result of the operational monitoring of surface water quality. The results of the study can be used in the development and implementation of a reliable and effective model for predicting the ecological condition of surface waters, including the Dnipro basin. References 5, tables 3, figures 5.

**Key words:** Dnipro basin, ecological status, anthropogenic load, quality assessment.

#### REFERENCES

1. Marinich, O. M., Shishchenko, P. G. (2005), Physical Geography of Ukraine, Knowledge, 128 p.
2. Ponomarenko, R. V. (2019), Determination of the qualitative state of the aquatic ecosystem of the Dnieper River, *Ecological safety*, Kremenchuk: KrNU, № 2 (28), pp. 52–62.
3. Savchuk, D. (2003), Ecological and economic aspects of the functioning of the Dnieper reservoirs, *Ecological Bulletin*, № 5-6, pp. 24–26.
4. Snizhko, S. I. (2001), Estimation and prediction of natural water quality, Nika-Center, 2001, 264 p.
5. Bezsonnyi, V., Tretyakov, O., Khalmuradov, B., Ponomarenko, R. (2017), Examining the dynamics and modeling of the oxygen regime of the Chervonooskil water reservoir, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, № 5/10 (89), pp. 32–38.  
<http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5546>
6. Tretyakov, O. V. (2019), Increasing the efficiency of predicting the impact of technogenic pollution on surface water bodies, *Problems of Emergency Situations*, Kharkiv: NUCA, Iss. 29, pp. 61–78.
7. The state standard of Ukraine 4808: 2007. Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and selection rules: issued by the Order of the State Consumer Standard of Ukraine dated 05.07.07 №144. Offic. kind. K.: State Consumer Standard of Ukraine, 2007. 39 p. : il. + apps. (National Standard of Ukraine).
8. Tretyakov, O., Bezsonnyi, V. (2016), Basic methods of mathematical modeling for methodical provision of basin approach in water quality management, *Information processing systems*, № 8 (145), pp. 194–199.
9. Tshai, A. A. (2012), Mathematical modeling of water quality in a projected reservoir based on PK-BOD. *News of the Altai State University*, Iss. 1 (73), Vol. 2/2012, pp. 123–126.
10. Mikhailov, M. D. (2010), On a single modification of the Stritner-Phelps model and its numerical implementation using multiprocessor computing systems, *Bulletin of the Tomsk State University*, №1 (9), pp. 39–46.

Стаття надійшла 02.04.2020.