

**SCI-CONF.COM.UA**

**SCIENCE AND EDUCATION:  
PROBLEMS, PROSPECTS  
AND INNOVATIONS**



**PROCEEDINGS OF VIII INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE  
APRIL 28-30, 2021**

**KYOTO  
2021**

# **SCIENCE AND EDUCATION: PROBLEMS, PROSPECTS AND INNOVATIONS**

Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference

Kyoto, Japan

28-30 April 2021

**Kyoto, Japan**

**2021**

**ПРОГНОЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ БАСЕЙНУ РІЧКИ ОСКІЛ В  
ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ МЕТОДОМ ХОЛЬТА-УІНТЕРСА**

**Рибалова Ольга Володимирівна**

канд. техн. наук, доцент, доцент,

**Ступка Таїсія Павлівна**

студентка

Національний університет цивільного захисту України

м. Харків, Україна

**Анотація:** На основі офіційних даних моніторингу навколишнього природного середовища в статті дана оцінка екологічного стану річки Оскіл. На основі даних спостереження за якісним станом річки Оскіл за період з 1965 по 2019 роки зроблено прогноз екологічного стану басейну річки Оскіл за значенням середнього і максимального екологічного індексу до 2034 року шляхом побудови прогнозних моделей методом Хольта-Уінтерса. Результати дослідження можуть бути використані при визначенні пріоритетних проблем і науковому обґрунтуванні водоохоронних заходів, що представляє практичну значимість роботи.

**Ключові слова:** екологічний стан, водні об'єкти, прогноз, метод Хольта-Уінтерса, басейн річки Оскіл, Харківська область

Басейн р. Оскіл є має транскордонне значення, бо протікає в межах двох країн – Росії та України. Загальна довжина річки – 472 км, з них 290 км протікає територією Харківської області. Загальна площа водозбору – 14800 км<sup>2</sup>, з них 3830 км<sup>2</sup> знаходяться в Харківській області.

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба передбачати зіставлення одержаних результатів із значеннями

екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, котрі встановлені у результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта.

Згідно методиці [1] за даними аналітичного контролю якості поверхневих вод Харківської області за середньорічними показниками було обчислено екологічний індекс (табл.1).

**Таблиця 1**

**Екологічна оцінка якості води басейну річки Оскіл**

Річка	Пункт спостереження	Індекси, категорії							
		I <sub>1</sub>	K	I <sub>2</sub>	K	I <sub>3</sub>	K	I <sub>E</sub>	K
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
р. Оскіл	с. Червоний Оскіл	$\frac{4,5}{6}$	$\frac{4-5}{6}$	$\frac{3,5}{7}$	$\frac{3-4}{7}$	$\frac{2,4}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3,5}{5,7}$	$\frac{3-4}{6(5)}$
р. Оскіл	Червонооскольське вдсх, нижній б'єф	$\frac{4,5}{6}$	$\frac{4-5}{6}$	$\frac{3,5}{7}$	$\frac{3-4}{7}$	$\frac{2,4}{4}$	$\frac{2(3)}{4}$	$\frac{3,5}{5,7}$	$\frac{3-4}{6(5)}$

Оцінка екологічного стану водотоків басейну р. Оскіл, показала, що вони знаходяться в дуже поганому стані (3-4 клас якості), особливо малі річки, які є найбільш чутливими до антропогенного навантаження [2].

Адаптивні методи прогнозування тимчасових рядів представляють із себе методи, ціль яким укладається в побудові самонастроювальних економіко-математичних моделей, які здатні відображати умови, що змінюються в часі, ураховувати інформаційну цінність різних членів тимчасової послідовності й давати досить точні оцінки майбутніх членів даного ряду. Такі моделі призначаються насамперед для короткострокового прогнозування.

Послідовність процесу адаптації в основному виглядає в такий спосіб. Нехай модель перебуває в деякому вихідному стані (тобто визначені поточні значення її параметрів) і по ній робиться прогноз. Вичікуємо, поки мине одна одиниця часу (крок моделювання), і аналізуємо, наскільки далекий результат, отриманий по моделі, від фактичного значення ряду. Помилка прогнозування через зворотний зв'язок надходить на вхід системи й використовується

моделлю відповідно до її логіки для переходу з одного стану в інше з метою більшого узгодження свого поведіння з динамікою ряду. На зміни ряду модель повинна відповідати змінами, що компенсують. Потім робиться прогноз на наступний момент часу, і весь процес повторюється.

Нехай заданий ряд значень:  $y_1 \cdot \dots \cdot y_t$ ,  $y_i \in \mathbb{R}$ .

Необхідно вирішити завдання прогнозування тимчасового ряду. Щоб урахувати вплив лінійного тренду, використовують модель Хольта (Holt) [3]:

$$\hat{y}_{t+d} = a_t + db_t, \quad (1)$$

де

$a_t$ - прогноз, очищений від тренда,

$b_t$ - параметр лінійного тренду.

$$a_t = \alpha_1 y_t + (1 - \alpha_1)(a_{t-1} - b_{t-1}); \quad (2)$$

$$b_t = \alpha_2(a_t - a_{t-1}) + (1 - \alpha_2)b_{t-1}; \quad (3)$$

Важливою проблемою є вибір коефіцієнтів  $\alpha_1, \alpha_2 \in (0,1)$ , які визначають чутливість моделі. Чутлива модель швидко реагує на реальні зміни, а нечутлива не реагує на шум і випадкові відхилення.

Експонентне згладжування було вперше запропоноване в 1957 році Хольтом (С.С.Holt) і призначалося для неперіодичних (відсутня сезонність) рядів динаміки, що не показує наявності якої-небудь тенденції. В 1958 році він же запропонував модифікацію цього методу, що враховує тенденції – подвійне експонентне згладжування. А Уінтерс (Winters) в 1965 році узагальнив цей метод з урахуванням сезонності коливань. Тому потрійне експонентне згладжування називають ще методом Хольта-Уінтерса (Holt-Winters method).

Методом Хольта-Уінтерса вирішується завдання прогнозування тимчасового ряду з урахуванням сезонності [4].

$$\begin{aligned} \hat{y}_{t+d} &= a_t (r_t)^d \otimes_{t+(d \bmod s)-s}, \\ a_t &= \alpha_1 \frac{y_t}{\otimes_{t-s}} + (1 - \alpha_1) a_{t-1} r_{t-1}, \\ r_t &= \alpha_3 \frac{a_t}{a_{t-1}} + (1 - \alpha_3) r_{t-1}, \\ \otimes_t &= \alpha_2 \frac{y_t}{a_t} + (1 - \alpha_2) \otimes_{t-s}, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $s$  — період сезонності,

$\theta_i, i \in 0, \dots, s-1$  — профіль сезонності,

$r_t$  — параметр тренда,

$\alpha_t$  — параметр прогнозу, очищений від впливу тренда й сезонності.

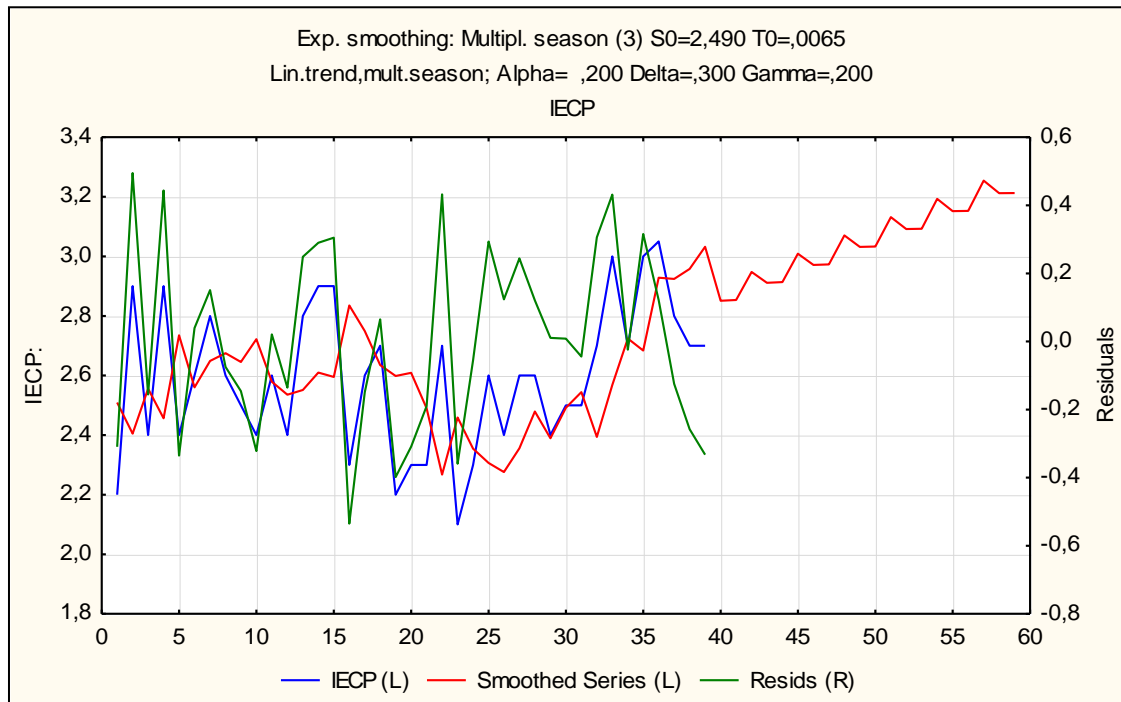
Оптимальні параметри  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \in (0,1)$  пропонується знаходити експериментальним шляхом.

Цей метод, названий іменами його авторів, є витонченим удосконаленням методу експонентного згладжування тимчасового ряду. Метод Хольта-Уінтерса успішно справляється й із середньостроковими, і з довгостроковими прогнозами, оскільки він здатний виявляти мікротренди (тренди, що ставляться до коротких періодів) у моменти часу, безпосередньо попередні прогнозом, і екстраполювати ці тренди на майбутнє. І хоча можливо тільки лінійну екстраполяцію в майбутнє, у більшості реальних ситуацій її виявляється досить.

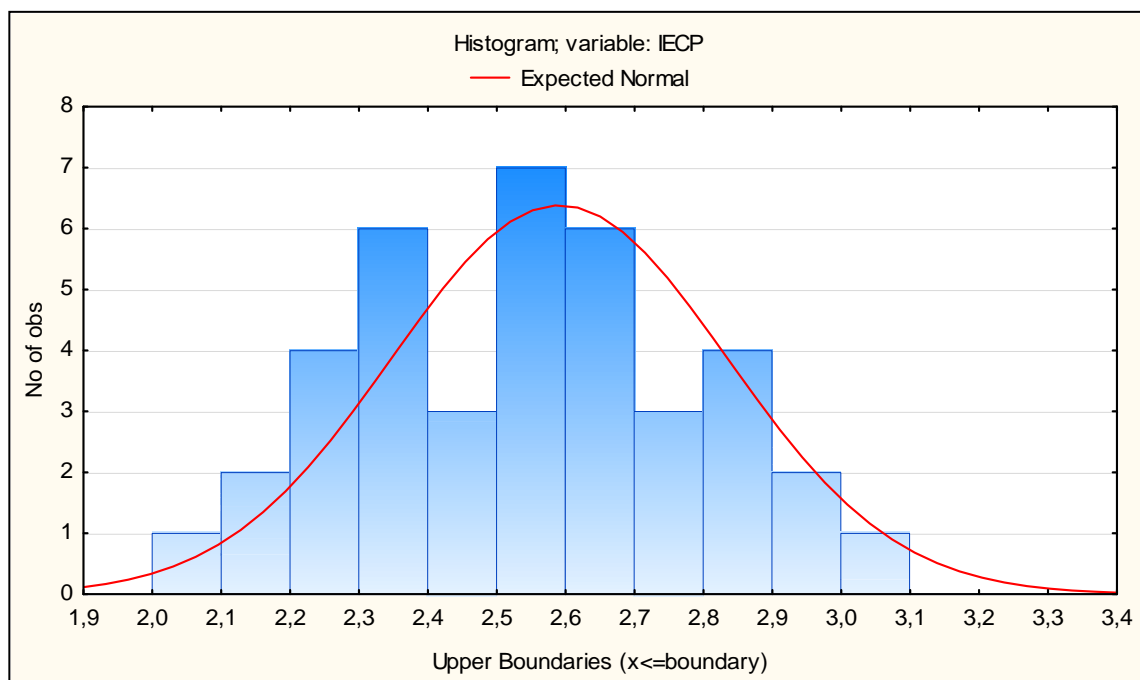
При розрахунку прогнозу в методі Хольта-Уінтерса передбачається, що згладжене значення в останній крапці є опорним, а певний для неї мікротренд збереже своє значення й у майбутньому; функція прогнозу виявляється лінійної.

Аналіз методів математичного моделювання показав, що саме методами Хольта і Хольта – Уінтерса виконується адекватний прогноз якості поверхневих вод з метою встановлення цільових показників [5].

Прогнозування екологічного стану басейну річки Оскіл за значенням середнього екологічного індексу ( $Ie^{ср}$ ) показало незначне погіршення якісного стану: значення середнього екологічного індексу збільшилось з 2,20 у 1965 році до 3,21 у 2034 році (рис. 1). Гістограма нормального розподілу значень середнього екологічного індексу ( $Ie^{ср}$ ) за період з 1965 року по 2019 рік підтверджує достовірність прогнозування екологічного стану басейну річки Оскіл до 2034 року (рис.2).

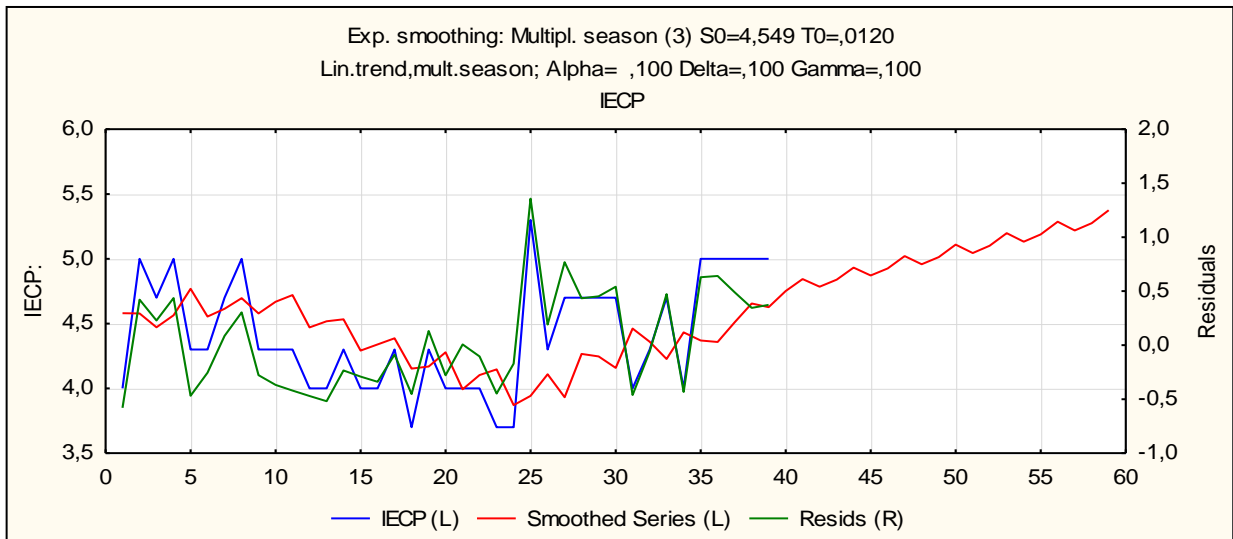


**Рис.1. Прогнозування екологічного стану басейну річки Оскіл за значенням середнього екологічного індексу ( $Ie^{cep}$ ) до 2034 року**



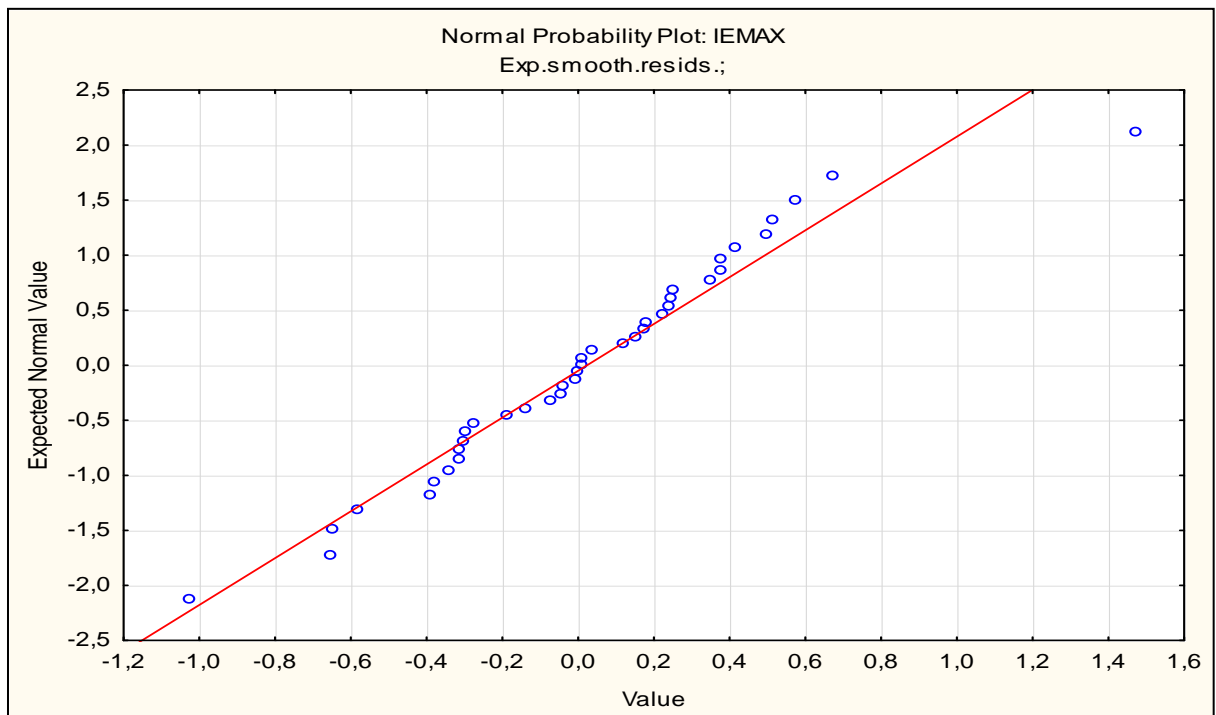
**Рис. 2. Гістограма нормального розподілу значень середнього екологічного індексу ( $Ie^{cep}$ ) за період з 1965 року по 2019**

Прогнозування екологічного стану басейну річки Оскіл за значенням максимального екологічного індексу ( $Ie^{max}$ ) показало значне погіршення якісного стану: значення максимального екологічного індексу збільшилось з 4,0 у 1965 році до 5,37 у 2028 році (рис. 3).



**Рис.3. Прогнозування екологічного стану басейну річки Оскіл за значенням максимального екологічного індексу ( $Ie^{max}$ ) до 2034 року**

Гістограма нормального розподілу значень максимального екологічного індексу ( $Ie^{max}$ ) підтверджує достовірність прогнозування екологічного стану басейну річки Оскіл до 2028 року (рис.4).



**Рис. 4. Гістограма нормального розподілу значень максимального екологічного індексу ( $Ie^{max}$ ) за період з 1965 року по 2019**

В роботі пропонується прогнозування екологічного стану річки Оскіл методом Хольта - Уінтерса. Аналіз багаторічних спостережень за якісним станом поверхневих вод показав, що їх показники можуть різко змінюватися на протязі років, тому саме метод потрійного експонентного згладжування



тимчасового ряду дозволяє робити як середньострокові, так і довгострокові прогнози, оскільки він здатний виявляти мікротренди у моменти часу, безпосередньо попередні прогнозним, і екстраполювати ці тренди на майбутнє.

Басейн р. Оскіл є має транскордонне значення, бо протікає в межах двох країн – Росії та України, тому оцінка екологічного стану водотоків басейну та розробка заходів щодо його покращення є дуже актуальною задачею. При плануванні водоохоронної діяльності і встановленні пріоритетних проблем важливим є визначення не тільки фактичного екологічного стану обраного водного об'єкту, але й обов'язковим є врахування особливостей басейну і факторів, що мають найбільший вплив на формування водної екосистеми.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України – К., 2001. – 48с.

2 Васенко О.Г., Рибалова О.В., Козловська О.В. Аналіз значимих факторів впливу на якісний стан вод річки Оскіл (Україна) / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2016. — № 3/10 (81). — С. 48-55

3 Holt C.C. Forecasting trends and seasonals by exponentially weighted moving averages // O.N.R. Memorandum, Carnegie Inst. of Technology. 1957. - № 2

4 Winters P.R. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages // Management Science. - 1960. - Vol. 6. - №3

5 Рибалова О.В., Коробкова Г.В. Застосування методу Хольта-Уінтерса для прогнозування якісного стану поверхневих вод / Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – С.201-202