

ПРОГНОЗ РИЗИКУ ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ВОД ЗА ОКРЕМИМИ ПОКАЗНИКАМИ

С. М. Юрасов, к.т.н., доц.

Кафедра екології та охорони довкілля

urasen54@gmail.com

Питання прогнозу ризику погіршення якості вод різного призначення розглядається на прикладі іригаційних вод.

У вітчизняній практиці можливість майбутніх поливів оцінюють за середніми значеннями показників за деякий попередній період часу і не враховують їхню мінливість у часі. Такий підхід може призвести до того, що протягом зрошувального періоду року (ЗПР) досить часто поливи будуть проводитися водою з порушенням нормативів із двох причин: по-перше, коли середнє значення показника наблизатиметься до його нормативу; по-друге, за наявності позитивного часового тренду показника. В обох випадках необхідна оцінка ризику погіршення якості вод. Тут з'являється необхідність обмеження цього ризику. У вітчизняних нормах таких обмежень немає.

Згадане вище обмеження зроблено в країнах ЄС при оцінці якості вод за санітарними або рибогосподарськими нормами. У директивах ЄС [1, 2] надається не тільки норматив показника, а також і допустима частота його перевищення. Наприклад, за деяким показником якість вод відповідає вимогам санітарних норм, якщо кількість перевищень нормативу за минулий період не перевищувала 10% від загальної кількості спостережень за розглянутий період. Це обмеження можна трактувати таким чином: у країнах ЄС ризик забруднення (погіршення якості) вод за окремим показником встановлено на рівні 10%.

Ризик погіршення якості вод за окремим іригаційним показником можна розглядати як імовірність перевищення (забезпеченість) нормативу цього показника:

$$R_{Hi} = 1 - P_i(H_i), \quad (1)$$

де R_{Hi} – ризик погіршення якості вод за i -им показником; $P_i(H_i)$ – імовірність того, що значення показника буде не більш за норматив, визначається за законом розподілу показника; H_i – норматив i -го показника.

За наявності часового тренду ризику погіршення якості вод при поливах доцільно розраховувати для різних моментів часу j :

$$R_{Hij} = 1 - P_{ij}(H_i). \quad (2)$$

Використовуючи закон розподілу нормованого по лінії тренду показника

ризик погіршення якості іригаційних вод у момент часу j розраховується за наступною формулою:

$$R_{Hij} = 1 - P_{ij}(H_i/k_{TPij}), \quad (3)$$

де $k_{TPij} = a_i * \exp(j * b_i)$ – значення функції часового тренду i -го показника у момент часу j ; a_i – значення функції тренду i -го показника на початку періоду спостережень; j – момент часу, що відраховується з моменту початку періоду спостережень; b_i – параметр лінії тренду i -го показника.

Розрахунок $P_{ij}(H_i/k_{TPij})$ можна виконати за допомогою табличного редактору *Excel*, тоді формула розрахунку ризику погіршення якості вод буде мати вигляд:

$$R_{Hij} = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(H_i/(a_i * \exp(j * b_i)); 0; \check{G}_{HTi}), \quad (4)$$

де $\text{ЛОГНОРМРАСП}()$ – оператор у табличному редакторі *Excel*; 0 і \check{G}_{HTi} – параметри логнормального закону розподілу нормованого по лінії експоненціального тренду i -го показника [3, 4].

За відсутності часового тренду R_{Hi} можна розрахувати за формулою (5):

$$R_{Hi} = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(H_i; \check{C}; \check{G}), \quad (5)$$

де \check{C} і \check{G} – параметри логнормального розподілу показника.

За формулою (4) можна прогнозувати ризик погіршення якості вод за окремим показником.

У роботі використано вибірккові результати спостережень БУВР на річках Дністер (м. Біляївка) і Кучурган (с. Степанівка) з 2009 по 2019 роки за ЗПР. Розглядаються показники магнієвого осолонцювання ґрунту ($k_{Mg} = rMg^{2+}/(rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq 0,5$, де rCa^{2+} і rMg^{2+} – концентрація катіонів, мекв/дм³) і показник небезпеки іригаційного засолення ґрунту $e(rCl)$ [5].

У воді р. Дністер показник k_{Mg} має позитивний тренд у часі (рис. 1), який апроксимований експоненціальною залежністю з параметрами $a=0,3055$ і $b=0,00008583$. Параметри закону розподілу нормованого за лінією тренда ряду (рис. 2) дорівнюють $\check{C}_{HTi} = 0$ і $\check{G}_{HT} = 0,2936$. За минулий період середнє значення показника k_{Mg} дорівнює 0,37 з забезпеченістю нормативу 20%.

Прогнозне значення ризику погіршення якості вод р. Дністер на 01.07.2020 р. (середня дата ЗПР) за формулою (9) становить:

$$\begin{aligned} R_H &= 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(H_i/(a_i * \exp(j * b_i)); 0; \check{G}_{HTi}) = \\ &= 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(0,5/(0,3055 * \exp((01.07.2020) - [01.01.2009])) * \\ &\quad * 0,00008583)); 0; 0,2936) = 0,33 = 33\%, \end{aligned}$$

де [01.01.2009] і [01.07.2020] – осередки на листі табличного редактора *Excel* з датами початку відліку часу і прогнозною.

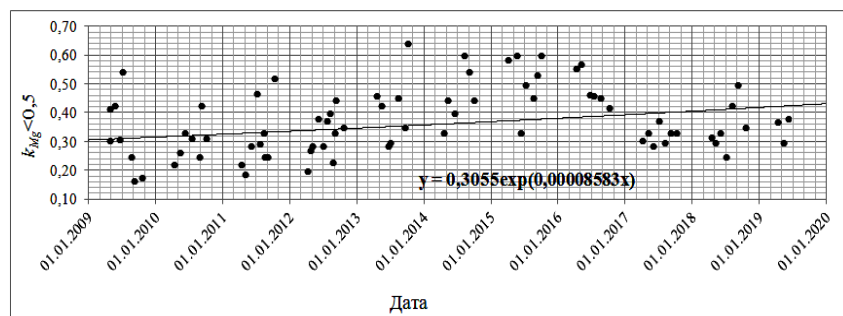


Рисунок 1 – Часовий тренд показника магнієвого осолонцювання k_{Mg}

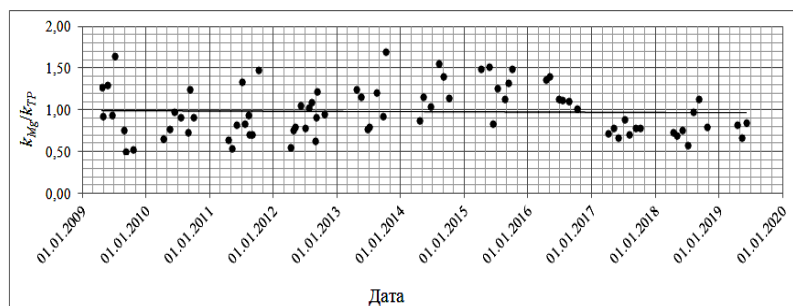


Рисунок 2 – Хронологічна послідовність нормованих значень k_{Mg}

При збереженні часового тренду показника k_{Mg} у майбутньому ризик погіршення якості вод $R_{k_{Mg}}$ у наступний ЗПР (2020 р.) збільшиться з 20% до 33% при середньому значенні (k_{TP}) показника 0,44. А у 2021 році $R_{k_{Mg}}=37\%$, $k_{TP}=0,45$. Нажаль отримати дані спостережень після 2019 року для перевірки прогнозу не було можливим. Показник $e(rCI)$ був розрахований за вдосконаленою методикою з використанням детальної типізації іригаційних вод [6, 7]. Задля розрахунку погіршення класу якості вод для різних типів ґрунтів використані нормативи якості в табл. 1 у ДСТУ 2730:2015 із застосуванням формули (4) або (5).

Хорошим прикладом використання удосконаленої методики визначення небезпеки іригаційного засолення ґрунту [6, 7] з урахуванням вимог норм країн ЄС являється оцінки якості вод р. Кучурган (табл. 2).

Води р. Кучурган відносяться до класу 1 (придатні для зрошення) для піщаних і супіщаних ґрунтів. Для них ризик погіршення класу якості води становить 1 і 4% (у табл. 2 виділено напівжирним шрифтом), що не перевищує 10% відповідно норм ЄС. Для інших ґрунтів ризик погіршення класу I більше 10%. Для легкосуглинкових, середньосуглинкових і важкосуглинкових ґрунтів води річки відносяться до класу II (обмежено придатні), для них ризик погіршення класу менше 10%. За ДСТУ 2730:2015 такі води потребують набуття відповідних заходів для можливості поливу. Для глинистих ґрунтів води відносяться до класу III (непридатні для зрошення без попереднього поліпшення їх складу).

Таблиця 1 – Ризик погіршення класу якості іригаційних вод для різних типів ґрунтів

Водний об'єкт (параметри закону розподілу $e(rCI)$: \check{C} ; \check{G})						
Ризик (%) погіршення класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
1– $P(30)$	1– $P(26)$	1– $P(22)$	1– $P(18)$	1– $P(14)$	1– $P(10)$	I
1– $P(40)$	1– $P(36)$	1– $P(32)$	1– $P(28)$	1– $P(24)$	1– $P(20)$	II

Таблиця 2 – Ризик погіршення класу якості вод р. Кучурган – с. Степанівка при поливі різних ґрунтів ($e(rCI)$) немає тренду використана формула (5))

р. Кучурган, с. Степанівка (параметри закону розподілу $e(rCI)$: $\check{C}=2,764$, $\check{G}=0,2754$)						
Ризик (%) погіршення класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
1	4	12	32	67	95	I
0	0	1	2	7	20	II

Подальші дослідження необхідно спрямувати на техніко-економічне обґрунтування межі ризику погіршення, оскільки 10% прийнято умовно.

Перелік посилань

1. Council Directive 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31975L0440&from=en> (дата звернення: 10.10.2024).
2. Council Directive 76/160/EEC of 8 December 1975 concerning the quality of bathing water. URL: <http://river.bio.auth.gr/wp-content/uploads/2016/09/Directive-76-160-EEC-Bathing-Water.pdf> (дата звернення: 09.10.2023).
3. Yurasov S.M., Kurianova S.O. *Water Quality: Assessment, Variability, Forecast, Regulation*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2022.
4. Yurasov S., Safranov T., Chugai A., Kuryanova S., Artvykh Ju. Adapting the Methods for Assessing a Water Quality when Normalizing the Pollutant Discharges in Ukraine to the Regulatory Requirements of the European Union. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. № 23 (3). P. 167–176.
5. ДСТУ 2730:2015. *Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії*. Київ: «УкрНДНЦ», 2016.
6. Yurasov S.M., Kuzmina V.A., Karaulov V.D. Irrigative Assessment of Sasyk Water Quality. *Environmental problems*. 2021. № 6 (2). P. 69 – 77.
7. Караулов В.Д., Житкевич М.Я., Юрасов С.М. Удосконалення методики оцінки якості іригаційних вод у ДСТУ 2730:2015. *Грааль науки*. 2023. № 25. С. 190–197.