

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства захисту  
довкілля та природних ресурсів  
України

15 квітня 2021 року № 244

## МЕТОДИКА

### визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів

#### I. Загальні положення

1. У цій Методичці, терміни вживаються у такому значенні:

*біогенні елементи* – хімічні елементи, необхідні для життєдіяльності водяних організмів, серед яких найбільшу небезпеку для забруднення та евтрофування водних об'єктів несуть сполуки нітрогену і фосфору;

*біогеохімічна нестійкість* – здатність речовин до трансформації за участі живих організмів з наступним залученням утворених продуктів у геохімічний колообіг;

*вищі водяні рослини* – рослини, які живуть у воді і поділяються на занурених нижньою частиною та повністю або більшою частиною занурених у воду;

*дифузні джерела* – розосереджені джерела надходження забруднюючих речовин до водного об'єкта шляхом їхнього вимивання з водозбірної площі;

*евтрофні водойми* – водні об'єкти з найвищим рівнем біологічної продуктивності екосистеми, що супроводжується порушенням балансу організмів окремих угруповань, а також широким коливанням значення рН води і вмісту розчиненого кисню, виникненням придонної гіпоксії і зменшенням прозорості води;

*зона* – обмежена частина земної поверхні, що має однорідні характеристики щодо забруднення вод нітратними сполуками;

*зони, вразливі до (накопичення) нітратів* – ділянки суші, з яких відбувається стік у водні об'єкти, що потерпають від забруднення нітратними сполуками;

*показники водяної флори* – кількісний склад основних таксономічних одиниць (груп організмів, об'єднаних на основі загальноприйнятих методів класифікації та пов'язаних між собою тим чи іншим ступенем спорідненості) і співвідношення між ними, найважливіші пропорції, видова насиченість водяної флори, тощо;

*притока* – водотік, що впадає у інший водотік;

*пункт спостереження* – точка з постійними географічними

координатами, де проводяться спостереження;

*ранг* – номер складової ряду спостережень, упорядкованого у зростаючому порядку;

*складова ряду спостережень* – значення концентрації досліджуваного інгредієнту, виміряна у пробі води, відібраної у певному пункті спостережень у конкретну дату;

*сполуки нітрогену* – речовини, що містять у своєму складі нітроген, за винятком нітрогену у газоподібному молекулярному стані;

*тренд часового ряду* – основна тенденція зміни часового ряду;

*часові ряди гідрохімічних спостережень* – сукупність даних за окремими показниками хімічного складу води у пункті спостережень за певний період часу;

*фітопланктон* – здатні до фотосинтезу рослинні організми, які населяють товщу води і виробляють первинну продукцію органічної речовини.

Інші терміни, що використовуються у цій Методиці, вживаються у значенні, наведеному у Водному кодексі України.

2. Ця Методика встановлює критерії і порядок визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів сільськогосподарського походження, і спрямовується на зменшення забруднення вод біогенними елементами та попередження виникнення евтрофування згідно з положеннями Додатку I до Директиви Ради 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел, із змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) № 1882/2003 (далі - Нітратна директива).

3. Ця Методика призначена для використання суб'єктами визначеними у Порядку здійснення державного моніторингу вод затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 року № 758, а також іншими заінтересованими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, які беруть участь у розробці та здійснюють заходи з підготовки та реалізації Планів управління річковими басейнами, а також заходів з охорони навколишнього природного середовища.

4. Визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів, здійснюється з метою зменшення забруднення вод нітратними сполуками від дифузних джерел сільськогосподарського походження та з метою попередження й запобігання такому забрудненню у майбутньому.

5. Загальна схема визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів, представлена у додатку 1 до цієї Методики.

6. Зону вважають вразливою до (накопичення) нітратів, якщо:

у поверхневих та/чи підземних водах, що використовуються для питного водопостачання, або ж мають цільове призначення як джерела питного водопостачання:

зафіксовано перевищення вмісту нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ) більше 50 мг/дм<sup>3</sup> (11,3 мг N дм<sup>3</sup>);

у майбутньому за умови невжиття відповідних заходів із запобігання забруднення вод можливе перевищення вмісту нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ) більше 50 мг/дм<sup>3</sup> (11,3 мг N дм<sup>3</sup>).

Зважаючи на біогеохімічну нестійкість сполук нітрогену у воді для виділення зон, вразливих до (накопичення) нітратів, розглядають сумарний вміст сполук неорганічного нітрогену ( $N_{\text{неорг}} = (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-)$ ). Критерій  $N_{\text{неорг}} > 11,3$  мг N/дм<sup>3</sup> застосовують для річок з коефіцієнтом Штрахлера  $< 5$  та підземних вод;

У природних прісноводних озерах, інших прісноводних водоймах, річках, естуаріях, прибережних морських водах присутні наявні ознаки евтрофування вод або існує ймовірність їхнього евтрофування у майбутньому за умови невжиття відповідних заходів із запобігання забруднення вод.

Наявність евтрофування встановлюється на підставі причинно-наслідкового аналізу шляхом співставлення фактів виявлення підвищеного вмісту біогенних елементів (сполук нітрогену і фосфору) та збільшення продуктивності водної флори, серед якої найбільш чутливим до збільшення вмісту біогенних елементів є фітопланктон, фітобентос, водорості та вищі водяні рослини.

Критерій наявності евтрофування застосовують для прісноводних озер, інших прісноводних водойм, перехідних і прибережних морських вод а також рівнинних річок, коефіцієнт Штрахлера яких  $\geq 5$ .

7. На підставі водного режиму ґрунтів та коефіцієнтів їхньої фільтрації (додаток 2 до цієї Методики) а також балансу нітрогену у ґрунтах, обчисленому для цілей Нітратної директиви та на рівні, не вищому за адміністративний район (додаток 3 до цієї Методики), визначають потенційні умови вимивання сполук нітрогену з водозбірної площі водних об'єктів та виділяють 3 типи вразливих зон:

зони високої ймовірності забруднення вод, де за умов промивного й періодично промивного водного режиму ґрунтів спостерігається позитивний баланс нітрогену в ґрунтах;

зони потенційного забруднення вод, де за умов промивного й періодично промивного водного режиму ґрунтів спостерігається дефіцитний баланс нітрогену в ґрунтах;

зони короткострокового забруднення, де за умов непромивного водного режиму ґрунтів спостерігається позитивний баланс нітрогену в ґрунтах.

8. Визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів, проводиться на підставі даних моніторингу вод, які можуть бути доповнені результатами моделювання.

9. У якості просторових одиниць визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів, використовують масиви поверхневих та підземних вод, визначені за Методикою визначення масивів поверхневих та підземних вод затвердженої наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 14 січня 2019 року № 4, зареєстрованої у Міністерстві юстиції України 05 лютого 2019 року за № 127/33098.

10. Для забезпечення надійності результатів первинне визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів, виконується на підставі даних спостережень, зібраних щонайменше за період 2000-2020 роки.

11. За результатами проведених робіт складається перелік зон, вразливих до (накопичення) нітратів, у межах кожного району річкового басейну.

12. Перегляд зон, вразливих до (накопичення) нітратів, проводять раз на чотири роки на підставі статистичної обробки даних моніторингових спостережень, накопичених за останні 5 років, та результатів моделювання. Для кожного перегляду розраховують баланс нітрогену у ґрунтах на рівні не вищому за адміністративний район.

13. Інформація про зони, вразливі до (накопичення) нітратів, має бути доступною для громадськості.

## **II. Визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів у поверхневих водах**

1. Визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів, проводять на підставі статистичного аналізу наявних даних спостережень усіх суб'єктів державного моніторингу вод. За можливості залучаються дані державних, комунальних та приватних компаній, які у межах своїх зобов'язань здійснюють регулярне вимірювання хімічного складу природної води.

2. Порядок первинної підготовки інформаційної бази для визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів наведено у додатку 4 до цієї Методики.

3. Відповідність критеріям наявності евтрофування встановлюють на підставі значення 95-го перцентилля ( $X_{95}$ ) ранжованого ряду  $N_{неорг}$ . Порядок обчислення 95-го перцентилля наведено у додатку 5 до цієї Методики.

4. Зоною, вразливою до (накопичення) нітратів вважають обмежену територію річкового басейну, що розташована нижче масиву поверхневих/підземних вод, у якому встановлено перевищення граничного допустимого значення критерію  $N_{\text{неорг}} > 11,3 \text{ мг N/дм}^3$ . У разі, коли таке перевищення встановлено на головній річці, до вразливої зони включається масив поверхневих вод, у якому встановлено перевищення, а також усі масиви поверхневих вод, розташовані нижче за течією до впадіння річки у море/озеро/лиман. У разі, коли перевищення граничного значення встановлено на притоці, до вразливої зони включають масив поверхневих вод, у якому встановлено перевищення, а також всі масиви поверхневих вод, розташовані нижче за течією до впадіння притоки у головну річку.

5. Визначення прогнозованих значень 95-го перцентиля концентрацій мінеральних сполук нітрогену ( $N_{\text{неорг}}$ ) проводять на підставі оцінки трендів з використанням непараметричних статистичних тестів (Манна-Кендалла, непараметричної квантильної регресії) з рівнем достовірності не менше 95%. Порядок визначення тренду значень 95-го перцентиля концентрацій мінеральних сполук нітрогену з використанням непараметричних тестів наведено у додатку 6 до цієї Методики.

6. Якщо поточне або прогнозоване значення 95-го перцентиля у пункті спостереження перевищує граничне значення встановленого критерію, виконують перевірку джерела надходження біогенних елементів.

7. Для оціночного судження щодо джерела підвищеного вмісту біогенних елементів у розрахунковому створі використовують наступні співвідношення:

$\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$  - домінують точкові джерела,

$\text{NH}_4^+ < \text{NO}_3^-$  - домінують дифузні джерела,

$\text{NH}_4^+ \sim \text{NO}_3^-$  - рівномірний вплив різних джерел.

Розрахунок проводять щонайменше для 12 значень одного року або за максимально багаторічний період. Для врахування сезонної мінливості розрахунок проводять для 95-го, 50-го та 25-го перцентиля.

8. Для точної оцінки ймовірності впливу точкового джерела перевіряють розташування створу повного змішування стічних вод найближчого точкового джерела шляхом аналізу розрахункових норм гранично допустимих скидів (ГДС) або проводять самостійний розрахунок створу повного змішування за методом, наведеним у додатку 7 до цієї Методики. У разі встановлення домінуючого впливу точкового джерела пункт спостережень виключається з розгляду.

9. Проводять оцінку параметрів природокористування у межах масиву поверхневих вод, де встановлено перевищення гранично допустимого

значення критерію. За частки сільськогосподарських угідь > 30% сільське господарство набуває домінуючого впливу серед дифузних джерел надходження біогенних елементів.

10. В результаті проведених робіт встановлюється наявність чутливої до (накопичення) нітратів зони, яка включається до відповідного реєстру.

### **III. Визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів у підземних водах**

1. Визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів у підземних водах проводять на підставі статистичного аналізу наявних даних спостережень усіх суб'єктів державного моніторингу вод. За можливості залучаються дані державних, комунальних та приватних компаній з водопідготовки та проведення режимних спостережень, які у межах своїх зобов'язань здійснюють регулярне вимірювання хімічного складу води.

2. Порядок первинної підготовки інформаційної бази для визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів бази наведено у додатку 4 до цієї Методики.

3. Відповідність встановленим критеріям визначають на підставі значення 95-го перцентиля ранжованого ряду  $N_{\text{неорг}}$ . Порядок обчислення 95-го перцентиля наведено у додатку 5 до цієї Методики.

4. З метою точнішого визначення меж чутливої зони у підземних водах застосовують інтерполяцію концентрацій  $N_{\text{неорг}}$  між окремими точками водоносного горизонту. Порядок інтерполяції концентрацій  $N_{\text{неорг}}$  наведено у додатку 8 до цієї Методики.

5. Визначення майбутніх значень 95-го перцентиля концентрацій мінеральних сполук нітрогену ( $N_{\text{неорг}}$ ) проводять аналогічно до поверхневих вод.

### **IV. Встановлення наявності евтрофування**

1. На підставі типоспецифічної класифікації встановлюють наявність/відсутність у досліджуваному типі водного масиву поверхневих вод відхилення від «доброго» екологічного стану за показниками біогенних елементів, які слугують рушійною силою евтрофування, а саме сполук нітрогену і фосфору відповідно до Методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого

масиву поверхневих вод, затвердженої наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 14 січня 2019 року № 5, зареєстрованої у Міністерстві юстиції України 05 лютого 2019 року за № 127/33098.

2. На підставі типоспецифічної класифікації встановлюють наявність/відсутність у досліджуваному типі водного масиву поверхневих вод відхилення від «доброго» екологічного стану за показниками фітопланктон, фітобентос, макроводорості та вищі водяні рослини як найбільш чутливих до підвищеного вмісту біогенних елементів, відповідно до Методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, затвердженої наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 14 січня 2019 року № 5, зареєстрованої у Міністерстві юстиції України 05 лютого 2019 року за № 127/33098.

3. Про наявність евтрофування свідчить «поганий» і «дуже поганий» екологічний стан досліджуваного типу масиву поверхневих вод, встановлений за типоспецифічною класифікацією водяної флори та біогенних елементів. Масиви поверхневих вод, які мають «задовільний» екологічний стан, можуть досягти евтрофного стану у майбутньому.

4. На початковому етапі визначення евтрофування за відсутності типоспецифічних класифікацій біогенних елементів, фітопланктону, фітобентосу, макроводоростей та вищих водяних рослин можуть бути використані узагальнені характеристики для озер, річок і прибережних вод, наведені у додатку 9 до цієї Методики.

5. Виконати аналіз наявності вторинних симптомів відгуку екосистеми: зростання біомаси та зміна видового складу фітопланктону, наявність «цвітіння» води, зменшення вмісту кисню та показника Eh води, виникнення гіпоксії, збільшення каламутності, кольоровості та величини рН води.

**Начальник відділу охорони  
тваринного світу Управління  
охорони біорізноманіття  
та земельних ресурсів**

**Володимир Домашлінець**

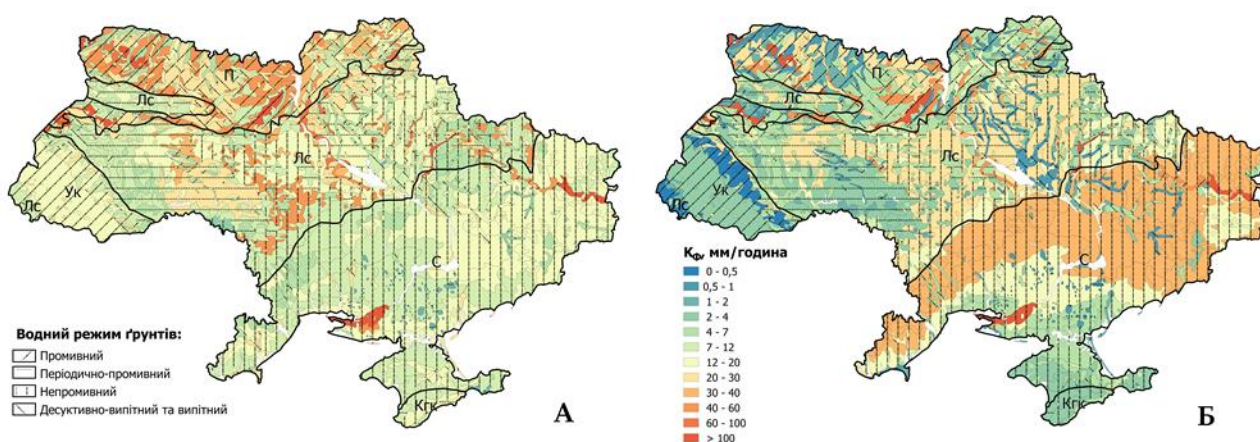
### Загальна схема визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів





Додаток 2  
до Методики визначення зон, вразливих  
до (накопичення) нітратів  
(пункт 7 розділу I)

**Водний режим ґрунтів (штриховка) та коефіцієнти фільтрації А – верхнього шару (А0, А1) та Б – нижнього шару (А2, В, С) ґрунтів України відповідно до зон агроґрунтового районування України (П – Південно-західна частина зони мішаних лісів, Українське Полісся (П), Лс- зона лісостепу, С – зона степу, УК – Українські Карпати, Кгк – Кримська гірська країна**



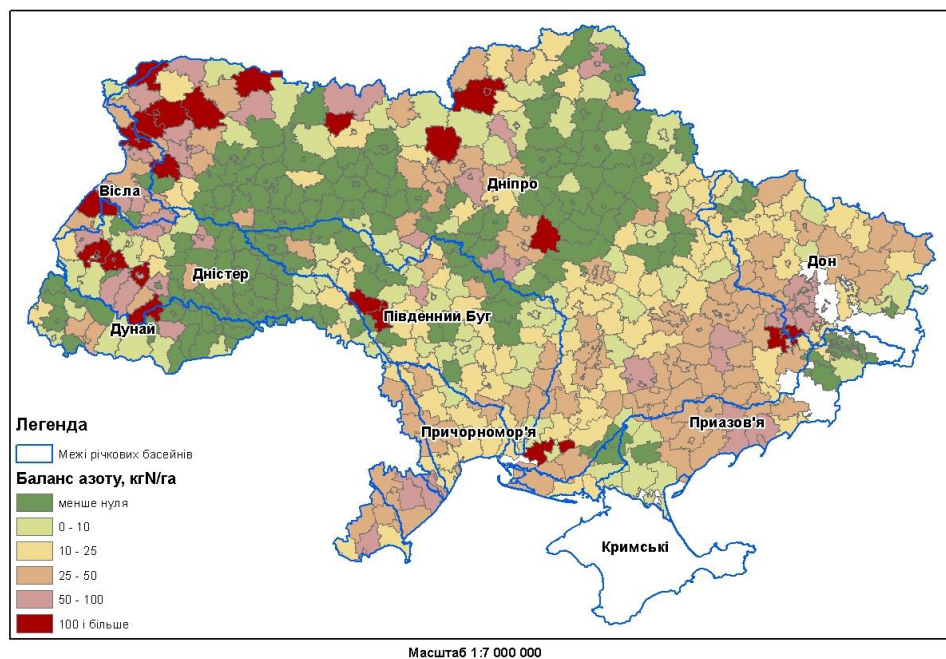
Додаток 3  
до Методики визначення зон, вразливих  
до (накопичення) нітратів  
(пункт 7 розділу I)

## Методика розрахунку балансу нітрогену у ґрунтах відповідно до цілей Нітратної директиви

### Методика розрахунку балансу нітрогену



## Баланс нітрогену у ґрунтах на рівні окремих адміністративних районів України станом на 2018 рік



## **Порядок підготовки інформаційної бази для визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів**

1. Дані спостережень за вмістом окремих форм неорганічного нітрогену ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) систематизуються за басейновим принципом відповідно до гідрографічного районування України.
2. У межах кожного району річкового басейну дані систематизуються за пунктами спостережень.
3. У межах кожного пункту спостережень дані упорядковують у хронологічному порядку.
4. Для статистичної обробки даних застосовують ряд спостережень, що містить не менше 20 складових. Всі пункти спостережень, що мають менше 19 відборів проб за 5 років, не беруть до розрахунку.
5. За наявності подвійних записів у пункті спостережень на одну дату, залишають ті, що мають більші значення концентрацій.
6. Видаляють всі члени ряду з нульовими значеннями.
7. Видаляють всі члени ряду з від'ємними значеннями.
8. Проводять перевірку рядів даних на наявність грубих помилок та видаляють помилкові значення. Порядок визначення грубих помилок наведено у додатку 8 до цієї Методики.
9. Якщо дані спостережень містяться у вигляді масової частки іонів  $\text{NH}_4^+$ , (мг  $\text{NH}_4^+/\text{дм}^3$ ),  $\text{NO}_2^-$ , (мг  $\text{NO}_2^-/\text{дм}^3$ ),  $\text{NO}_3^-$ , (мг  $\text{NO}_3^-/\text{дм}^3$ ), то проводять перерахунок на концентрацію нітрогену (мг  $\text{N}/\text{дм}^3$ ). Для перерахунку використовують наступні коефіцієнти:  
$$\text{мг } \text{NH}_4^+/\text{дм}^3 = 0,777 \text{ мгN}/\text{дм}^3$$
$$\text{мг } \text{NO}_2^-/\text{дм}^3 = 0,304 \text{ мгN}/\text{дм}^3$$
$$\text{мг } \text{NO}_3^-/\text{дм}^3 = 0,226 \text{ мгN}/\text{дм}^3.$$
10. Для кожного члену ряду пункту спостережень розраховують значення сумарного  $N_{\text{неорг}}$  ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ), мгN/дм<sup>3</sup>.
11. Ранжують отримані ряди для значень сумарного  $N_{\text{неорг}}$  у порядку їхнього зростання.

### Порядок обчислення 95-го перцентиля ранжованого ряду

Визначення 95-го перцентиля ранжованого ряду проводиться з використанням формули Вейбула:

$r = 0,95 (n+1)$ , де

$r$  – ранг ряду, який відповідає 95-му перцентилю;

$n$  – кількість членів ряду.

Концентрація  $N_{\text{неорг}}$   $r$ -го рангу ( $X_r$ ) відповідає концентрації 95-го перцентиля ( $X_{95}$ ) досліджуваного ряду.

У випадку, коли розрахована величина  $r$  не набуває цілочисельного значення, отриману величину  $X_{95}$  округляють до меншого цілого числа, а відповідні значення концентрацій цих рангів інтерполюють до значення  $X_{95}$ .

Для обчислення 95-го перцентиля застосовується формула Вейбула.

Якщо у підземних водах недостатньо даних для розрахунку 95-го перцентиля за формулою Вейбула, розраховують середню концентрацію ряду. Співвідношення між середньою концентрацією і 90% довірчим інтервалом завжди становить 1,16. Беручи до уваги граничне значення  $N_{\text{неорг}} = 11,3 \text{ мгN/дм}^3$ , середня концентрація  $N_{\text{неорг}}$  не має перевищувати  $9,7 \text{ мгN/дм}^3$  (у формі  $\text{NO}_3^- - 43 \text{ мг/дм}^3$ ).

---

## **Встановлення тенденції часового ряду вмісту у воді нітрогену мінерального з використанням непараметричного статистичного тесту Манна -Кендалла**

Тест є непараметричним і не вимагає наявності нормального розподілу ряду даних.

У зв'язку з тим, що у процесі оброблення порівнюються не абсолютні значення членів вибірки, а їхні відносні величини, тест виявляє низьку чутливість до наявності пропусків у ряду даних. Пропуски числового ряду даних заповнюється величиною, меншою за найменше виміряне значення досліджуваного ряду.

Нульова гіпотеза ( $H_0$ ) тесту полягає у відсутності монотонного тренду ряду. Альтернативною гіпотезою тесту є наявність тренду, який може бути як позитивним, так і негативним. Коефіцієнт нахилу лінії тренду оцінюють за допомогою рівняння Сена.

Для обчислювальної процедури тесту Манна-Кендалла ряди  $n$  точок даних мають мати однакову дискретність (щоденні, середньомісячні, середньорічні) і бути впорядковані у хронологічному порядку. Для обчислення ймовірності виникнення зони, чутливої до забруднення нітратами, рекомендується використовувати хронологічні ряди максимальних концентрацій сполук мінерального нітрогену.

### **1. Розрахунок статистики тесту $S$**

Розрахункова процедура тесту Манна-Кендалла полягає у встановленні різниці знаків між попереднім і наступним записом впорядкованого ряду даних. За наявності тренду знакові значення статистики тесту  $S$  будуть постійно збільшуватися (тренд позитивний) або зменшуватися (тренд негативний).

Мінімальна кількість спостережень у наборі даних  $n$  має становити не менше 8–10. У процесі обробки ряду аналізується  $n(n-1)/2$  пар даних.

Статистика Манна-Кендалла ( $S$ ) ряду з  $n$  точок, де  $j$ x представляє точку даних в момент часу  $j$ , розраховується наступним чином:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign} (x_j - x_k),$$

(1)

де

$$S=1, \text{ якщо } x_j - x_k > 0$$

$$\text{Sign} (x_j - x_k) = S=0, \text{ якщо } x_j - x_k = 0$$

$$S=(-1), \text{ якщо } x_j - x_k < 0$$

Початкове значення статистики  $S$  приймається рівним нулю.

Якщо  $S > 0$  – існує позитивний тренд ряду,  $S < 0$  існує негативний тренд ряду.

### 1.1. Приклад

Маємо впорядкований за часом ряд даних  $n=4$ .

Рік	Значення
1990	1,50
1991	2,00
1992	1,75
1993	3,00

Покроковий аналіз виконується наступним чином:

Попарний аналіз параметрів починають з найпізнішої дати  $n$  – 1993 року.

а) Значення параметра 1993 року послідовно порівнюється зі значеннями параметрів усіх попередніх років.

Для пари 1993–1992 роки  $3,00 > 1,75$ , приймаємо  $S = 1$ , для пари 1993–1991 роки  $3,00 > 2,00$ , приймаємо  $S = 1$ , для пари 1993–1990 роки  $3,00 > 1,50$ , приймаємо  $S = 1$ .

Сумарно, для першої ітерації порівнянь отримали  $S = 1+1+1 = 3$ .

б) Виконується попарний аналіз параметрів, починаючи з попередньої дати  $(n-1)$  – 1992 року.

Для пари 1992 – 1991 роки, значення  $1,75 < 2,00$ , приймаємо  $S = -1$ , для пари 1992–1990 роки, значення  $1,75 > 1,5$ , приймаємо  $S = 1$ .

Сумарно для другої ітерації порівнянь отримали  $S = (-1) + 1 = 0$ .

в) Виконується попарний аналіз параметрів, починаючи з дати  $(n-2)$  – 1991 року.

Для пари 1991–1990 роки,  $2,00 > 1,5$ , приймаємо  $S = 1$ .

Сумарно для третьої ітерації порівнянь отримали  $S = 1$ .

Загальна оцінка статистики Манна-Кендалла:  $S = 3 + 0 + 1 = 4$ .

## 2. Розрахунок ймовірності статистики S

За умови  $n \geq 10$  статистика S має розподіл близький до нормального.

Розрахункова процедура полягає у наступному:

Розрахувати статистику S (підрозділ 1.1);

Розрахувати дисперсію тесту VAR (S) за формулою:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right],$$

(2)

де  $n$  – число членів ряду;

$g$  – кількість зв'язаних груп (зв'язана група – це набір даних вибірки з однаковим значенням);

$t_p$  – кількість членів ряду  $p$ -ої групи.

Приклад. У ряду  $\{2, 3, \text{«пропуск»}, 3, \text{«пропуск»}, 3\}$  маємо  $n = 6$ ,  $g = 2$ ,  $t_1 = 2$  для групи «пропуск»,  $t_2 = 3$  для зв'язаного значення 3.

Розрахувати нормалізовану статистику тесту Z:

$$S > 0, \quad Z = \frac{S - 1}{\text{VAR}(S)^{1/2}}$$

(3)

$$S = 0, \quad Z = 0;$$

$$S < 0, \quad Z = \frac{S + 1}{\text{VAR}(S)^{1/2}}$$

Розрахувати ймовірність нормалізованої статистики  $Z$  за рівнянням:

$$f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

(4)

Для розрахунку ймовірності нормалізованої статистики  $Z$  може бути використана функція Microsoft Excel, NORMSDIST.

Встановити прийнятний рівень значущості ( $\alpha$ ) ймовірності нормалізованої статистики  $Z$  (для природних процесів, зазвичай, приймається  $\alpha = 0,05$ ). Знаходимо:  $Z(1-\alpha/2) = Z(1-0,05/2) = Z_{0,975} = 1,96$ .

### 3. Загальний висновок

Для перевірки нульової гіпотези ( $H_0$ ) про відсутність тренду використовується нормалізована статистика тесту  $Z$ .

Якщо значення  $Z > 0$  і розрахована ймовірність більше прийнятого рівня значущості – роблять висновок про наявність позитивного тренду.

Якщо значення  $Z < 0$  і розрахована ймовірність більше прийнятого рівня значущості – роблять висновок про наявність негативного тренду.

Якщо розрахована ймовірність  $Z$  менше прийнятого рівня значущості – тренд відсутній.

### 4. Визначення рівняння тренду

Для оцінки лінійного тренду часового ряду використовують непараметричний метод Сена, який нечутливий до значних відхилень даних.

Суть методу полягає у розрахунку медіани коефіцієнтів нахилу серед усіх пар точок вибірки.

Розрахунок проводять за формулою:

$$Q = \frac{X_{i'} - X_i}{i' - i}, \text{ де}$$

(5)



$Q$  – коефіцієнт нахилу через одну пару точок вибірки;

$x_i$  – значення параметру у час  $i$ ;

$x_i$  – значення параметру у час  $i$ ;

$i, i'$  – показники часу.

Загальний алгоритм розрахунку коефіцієнту нахилу серед усіх пар точок вибірки за проміжок часу  $T$  наведено у таблиці

Час Значення параметру	1 $X_1$	2 $X_2$	3 $X_3$	...	5 $X_5$	T $X_T$
		$\frac{X_2 - X_1}{2-1}$	$\frac{X_3 - X_1}{3-1}$ $\frac{X_3 - X_2}{3-2}$	...	$\frac{X_{T-1} - X_1}{T-1}$ $\frac{X_{T-1} - X_2}{T-2}$ $\frac{X_{T-1} - X_3}{T-3}$ : $\frac{X_{T-1} - X_{T-2}}{1}$	$\frac{X_T - X_1}{T-1}$ $\frac{X_T - X_2}{T-2}$ $\frac{X_T - X_3}{T-3}$ : $\frac{X_T - X_{T-2}}{2}$ $\frac{X_T - X_{T-1}}{1}$

Середній коефіцієнт нахилу серед усіх пар точок вибірки  $Q'$  є медіаною із усіх коефіцієнтів нахилу через пару точок вибірки  $N'$  і розраховується за формулами:

якщо  $N'$  – непарне число  $Q' = Q[(N'+1)/2]$

якщо  $N'$  – парне число  $Q' = (Q[N'/2] + Q[(N'+2)/2])/2$ , де

$N'$  – кількість усіх ліній через пару двомірних опірних точок.

4.1 Приклад (див. 1.1):

Часовий проміжок 1990–1991	$Q_1 = (2-1,5) / (2-1) = 0,5$
Часовий проміжок 1990–1992	$Q_1 = (1,75-2,0) / (3-2) = -0,25$ $Q_2 = (1,75-1,5) / (3-1) = 0,125$
Часовий проміжок 1990–1993	$Q_1 = (3-1,75) / (4-3) = 1,25$ $Q_2 = (3-2) / (4-2) = 0,5$ $Q_3 = (3-1,5) / (4-1) = 0,5$

$$Q' = 0,938$$

### 5. Розрахунок довірчого інтервалу коефіцієнту нахилу тренду

Довірчий інтервал коефіцієнту нахилу тренду  $Q'$  розраховують на підставі рівняння дисперсії статистики Манна-Кендалла ( $VAR(S)$ ) за формулою (2).

Довірчий інтервал коефіцієнту похилу тренду знаходять за рівнянням:

$$C_{\alpha} = Z_{1-\alpha/2} * \sqrt{VAR(S)}$$

(6)

Для наведеного прикладу (див. 1.1) за прийнятого рівня значущості  $\alpha = 0,05$

$$C_{\alpha} = 1,96 * 2,25 = 4,41$$

Нижню ( $M1$ ) і верхню ( $M2$ ) межу довірчого інтервалу коефіцієнту нахилу тренду  $Q'$  встановлюють за формулами:

$$M1 = \frac{N' - C_{\alpha}}{2}$$

$$M2 = \frac{N' + C_{\alpha}}{2}$$

(7)

Нижня і верхня межа довірчого інтервалу коефіцієнту нахилу тренду  $Q'$  є відповідно  $M1$ -ю та  $M2+1$ -ю величинами упорядкованого ряду коефіцієнтів нахилу  $Q'$ . Якщо  $M1$  та  $M2$  не цілі числа, застосовують інтерполяцію.

---

### **Порядок визначення створу повного змішування стічних вод**

У вітчизняній практиці для розрахунку створу повного змішування стічних вод для точкового джерела найбільшого застосування набув метод В.О.Фролова з доповненнями І.Д.Родзіллера.

Розрахунок створу повного змішування стічних вод виконують за формулою:

$$L_{\text{повне}} = \left[ \frac{[2,3]}{\gamma} \lg \frac{\gamma Q + q}{(1-\gamma)q} \right]^3, \text{ де}$$

Q – витрата води у річці, м<sup>3</sup>/с;

q – витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с;

γ – коефіцієнт змішування, для розрахунку приймається 0,8; 0,9 або 0,95.

---

### **Порядок інтерполяції концентрацій неорганічних сполук нітрогену у підземних водах**

Інтерполяція може виконуватись ручним способом або з використанням точніших детерміністичних методів.

Ручний спосіб інтерполяції методом трикутників є найпростішим методом. Для проведення інтерполяції точки заміру концентрацій з'єднують лініями, що утворюють трикутники. Довга сторона трикутника має бути перпендикулярною до напрямку зміни концентрації. Наносять масштабну сітку з ліній, закладених на відстані 1,2 мм одна від одної. За допомогою масштабної сітки проводять пропорційний поділ відтинків, що з'єднують точки, між якими проводиться інтерполяція.

Детерміністичні методи характеризуються високою точністю, а їхня ефективність залежить від наявності достатньої кількості даних.

Для інтерполяції гідрогеологічних даних найбільш прийнятними вважаються методи зворотніх зважених відстаней та кригінгу. Застосування вказаних методів потребує спеціалізованої підготовки.

---

Додаток 9  
до Методики визначення зон, вразливих  
до (накопичення) нітратів  
(пункт 4 розділу IV)

**Середні характеристики озер, річок та прибережних морських територій за рівнем трофічного стану [за 8]**

Тип водного об'єкту	Трофічний стан	Вміст загального нітрогену, мг N/дм <sup>3</sup>	Вміст загального фосфору, мг. P/дм <sup>3</sup>	Вміст хлорофілу а, мг/дм <sup>3</sup>	Прозорість (за диском Секкі), м
Озера	Оліготрофні	<0,35	<0,010	<0,0035	>4
	Мезотрофні	0,35-0,65	0,01-0,03	0,0035-0,009	2-4
	Евтрофні	0,65-1,20	0,03-0,10	0,009-0,025	1-2
	Гіпертрофні	>1,20	>0,10	>0,025	<1
Прибережні води	Оліготрофні	<0,26	<0,010	<0,001	>6
	Мезотрофні	0,26-0,35	0,010-0,030	0,001-0,003	3-6
	Евтрофні	0,35-0,40	0,03-0,04	0,003-0,005	1,5-3
	Гіпертрофні	>0,40	>0,04	>0,005	<1,5
Річки	Оліготрофні	<0,7	<0,025	<0,010	<0,020
	Мезотрофні	0,7-1,5	0,025-0,075	0,010-0,030	0,020-0,070
	Евтрофні	>1,5	>0,075	>0,030	>0,070

### Порядок визначення грубих помилок варіаційного ряду

1. Для нормально розподіленого варіаційного ряду довжиною  $n > 20$  записів може бути використаний критерій  $3\sigma$ .

$$|\bar{X} - X_i| > 3\sigma,$$

$\bar{X}$  – середнє значення ряду,

$X_i$  –  $i$ -й член ряду,

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення.

2. Для ряду довжиною  $n < 20$  застосовують критерій Романовського  $\beta$ .

$$\beta = \frac{|\bar{X} - X_i|}{\sigma}$$

Отриману величину  $\beta$  порівнюють з теоретичним значенням критерію  $\beta_{\text{теор}}$  за обраного рівня значимості,  $\beta_{\text{теор}}$  наведено у Таблиці 1. За нерівності  $\beta \geq \beta_{\text{теор}}$  результат видаляється.

Таблиця 1

Теоретичне значення критерію Романовського

Рівень значимості	Довжина ряду						
	n=4	n=6	n=8	n=10	n=12	n=15	n=20
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

3. Для ряду довжиною  $n > 20$  застосовують критерій Шарл'є.

Грубою помилкою вважається значення варіаційного ряду, для якого виконується наступна нерівність,

$$|\bar{X} - X_i| > K_{ш} \sigma_x, \text{ де}$$

$K_{ш}$  – критерій Шарл'є,

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення.

Значення критерію Шарл'є наведено у Таблиці 2.

Таблиця 2

Значення критерію Шарл'є

	Довжина ряду, n						
n	5	10	20	30	40	50	100
$K_{ш}$	1,3	1,65	1,96	2,13	2,24	2,32	2,58

---