

РЕГРЕСІЯ МАКСИМУМІВ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕННЯХ

REGRESSION MAXIMUM AND ITS USE TO HYDROECOLOGICAL RESEARCH



Артеменко Владислав Андрійович, UT5UDJ, магістр екології, Український гідрометеорологічний інститут Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України, науковий співробітник відділу гідрохімії, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, тел. 380936011250, Україна, 03028, м. Київ, просп. Науки 37, к.34.

<https://orcid.org/0000-0003-0536-5415>



Петрович Володимир Васильович, кандидат технічних наук, професор, старший науковий співробітник, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. e-mail: petrovichvv60@ukr.net, тел. +380442807338, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138.

<https://orcid.org/0000-0003-0422-2535>

Анотація. Однією із актуальних задач гідрохімії є вплив сонячної активності на стан речовин у водному середовищі.

Мета роботи – можлива оцінка зв'язку деяких гідрохімічних показників та сонячної активності (числами Вольфа).

З цією метою був виконаний аналіз середньодобових даних на наявність іонів амонію, нітрит – та нітрат – іонів *мг/л*, у поверхневих водах крупної рівнинної річки України за період із 1991 по 2010 роки включно (всього 7300 точок), а також дані по числам Вольфа за цей період.

У зв'язку із тим, що при аналізі природних процесів відповідні залежності краще всього проявляються на рівні екстремальних (аномальних) значень, для кожного значення числа Вольфа вибирали тільки одне значення концентрації речовини – його максимальне значення.

Зважаючи на це, побудову регресії виконували не для всіх вихідних даних, а тільки для максимумів концентрації.

Регресію проводили у два етапи:

- виділяли тільки одне (максимальне) значення *Y* для кожного унікального значення *X*;
- згідно вибраних попередньо значень *X* та *Y* застосовували певного виду регресію.

Спочатку була спроба побудови лінійної регресії.

Однак лінія регресії у цьому випадку йшла майже горизонтально.

Тому для аналізу та побудови графіка був використаний один із видів нелінійної регресії – поліноміальна квантильна регресія (поліном ступеня 3).

Тип квантильної регресії – медіанна регресія, *Q=0,5*.

В процесі дослідження було виявлено суттєве зменшення концентрації неорганічних сполук азоту при поступовому збільшенні значень чисел Вольфа.

Запропонована “регресія максимумів” має також практичну цінність при вирішенні багатьох інших задач гідроекології, зокрема прогнозуванні.

На основі даних про сонячні цикли зменшення або збільшення значень *W* можуть бути спрогнозовані на тривалу перспективу.

У цьому зв'язку достатньо реальна також наявність певної циклічності у ступені чистоти природних вод.

Природні води (іони NH_4^+ , NO_2^- та NO_3^-) будуть найбільш чистими у періоди, коли відмічаються високі значення чисел Вольфа.

Ключові слова: сонячна активність, числа Вольфа, гідрохімічний часовий ряд, регресія “максимумів”, можливість довгострокових прогнозів забрудненості природних вод.

*Набагато важче побачити проблему, ніж знайти її вирішення.
Для першого вимагається уява, а для другого – тільки уміння.
Д. Бернал.*

*Логіка приведе Вас з пункту “А” до пункту “Б”.
Уява приведе Вас куди завгодно...*

А. Ейнштейн.

Вступ

Однією із актуальних наукових проблем є дослідження впливу сонячної активності на земні процеси [1].

Сонячна активність впливає на температуру приземного повітря, випадання атмосферних опадів, приземний тиск та інше. Дослідження впливу сонячної активності на річковий стік наведені, зокрема, у роботах [2-6].

У гідрохімії особливо важливою складовою проблеми є аналіз впливу сонячної активності на стан речовин у водному середовищі.

У 30-х роках минулого сторіччя Дж. Піккарді (Giorgio Piccardi) досліджував вплив сонячної активності на фізико-хімічні властивості водних розчинів. Він вивчав залежність швидкості осідання у воді найдрібніших часточок оксихлорида вісмута (утворюється при гідролізі трихлорида вісмута) в залежності від величини сонячної активності. Піккарді вважав, що під дією сонячної активності змінюється геомагнітне поле, що і обумовлює магнетохімічні ефекти, які спостерігаються.

Свої дослідження Дж. Піккарді узагальнив у монографії “The Chemical Basis of Medical Climatology”, що була видана у США 1962 року [7].

Зазначимо, що природні води містять помітну кількість різних сполук заліза, які також активні і з точки зору магнетохімії.

Тобто, цілком допустимим є вплив сонячної активності також на стан природних вод.

Однак конкретний вплив сонячної активності на стан природних вод у відомих нам дослідженнях не розглядався.

Мета роботи – виявлення та оцінка зв'язку деяких гідрохімічних даних та показника сонячної активності.

Задачі:

Розглянути вплив сонячної активності на гідрохімічні показники природних вод.

Розробити математичну модель для визначення можливого зв'язку гідрохімічних показників та значень чисел Вольфа.

Методика дослідження

Попередньо були проаналізовані середньодобові гідрохімічні дані для крупної рівнинної річки України за період із 1991 по 2010 роки включно (всього 7300 точок), а також відповідні дані по числам Вольфа W за цей період.

У якості вихідних були використані дані по неорганічним сполукам азота у поверхневих водах, (іони амонія NH_4^+ , нітрит-іони NO_2^- та нітрат іони NO_3^-) мг/л.

Дослідження почали із побудови “точкових” графіків залежності “величина чисел Вольфа – концентрація речовини”.

Із рис. 1 ... рис.3 видно, що для кожного значення числа Вольфа можлива велика кількість значень концентрацій речовини.

Як показує досвід авторів, при аналізі природних процесів подібні залежності краще всього проявляються на рівні екстремальних (аномальних) значень.

Зважаючи на це, для кожного значення числа Вольфа W надалі вибирали тільки одне (!) значення концентрації речовини – максимальне значення концентрації.

На графіках такі максимальні значення позначали хрестиками.

Таким чином, однозначно одержували конкретні залежності, оскільки одному унікальному значенню W відповідало тільки одне значення – максимум концентрації певної речовини.

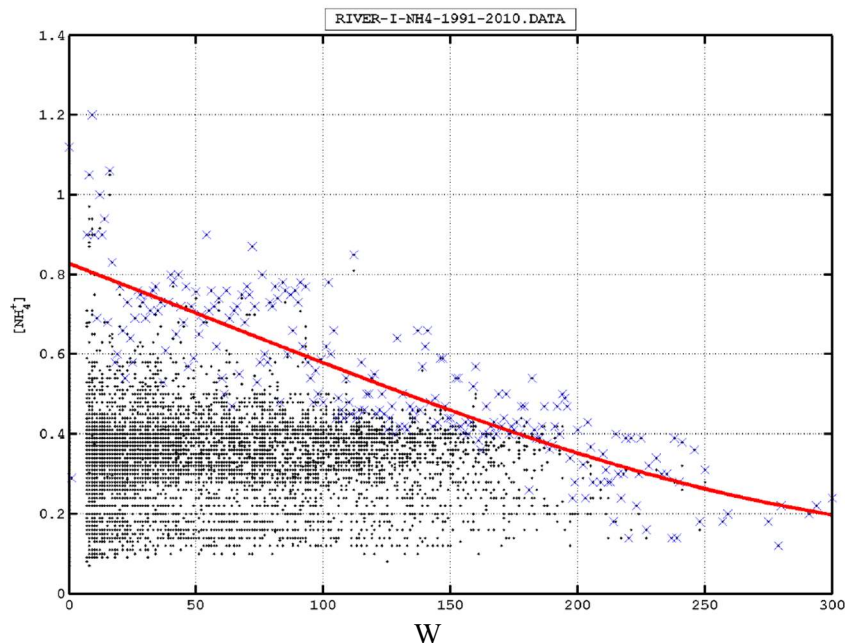


Рисунок 1 – Графік залежності концентрації амонійних іонів у річковій воді від величини чисел Вольфа W .

Figure 1 – Graph to dependencies to concentration NH_4^+ ions in river water from values of Wolf's numbers W .

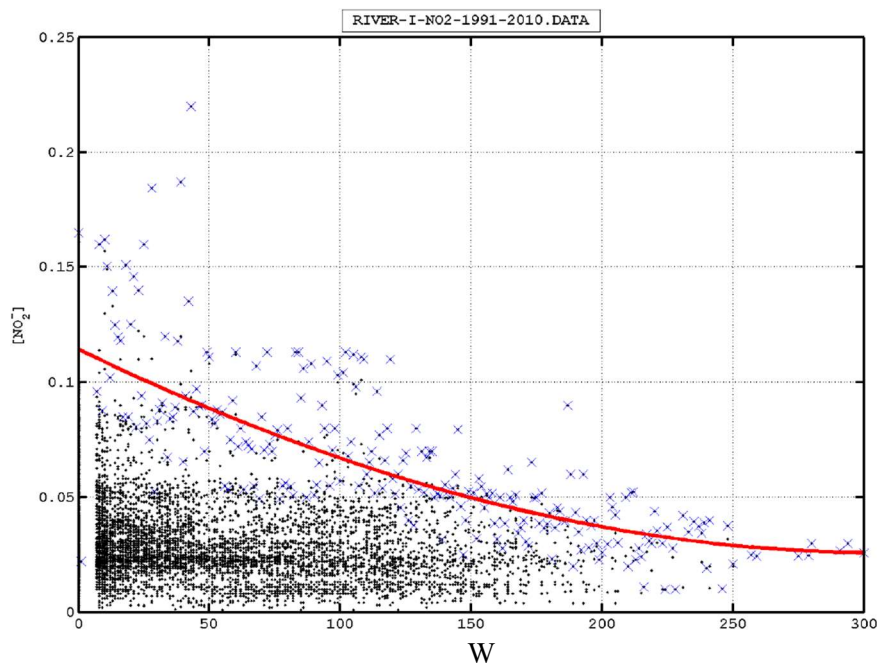


Рисунок 2 – Графік залежності концентрації нітрит-іонів у річковій воді від величини чисел Вольфа W .

Figure 2 – Graph to dependencies to concentration NO_2^- ions in river water from values of Wolf's numbers W .

Застосування квантильної регресії

Головна ідея дослідження полягала в тому, щоб будувати регресію не для всіх вихідних даних, а тільки для максимумів концентрації.

З цією метою регресію проводили у два етапи:

- 1) виділення тільки одного (максимального) значення Y для кожного унікального значення X ,
- 2) застосування до вибраних значень X та Y (згідно п.1) певного виду регресії.

Як відомо, на сучасному етапі проблема вибору відповідних методів регресії, по-суті, не існує [8].

Задача полягає тільки в оцінці надійності методів, що реалізуються, та адаптації цих методів для вирішення різних практичних задач екології.

На початку дослідження була зроблена спроба побудови лінійної регресії.

Однак лінія регресії у цьому випадку із зростанням значень чисел Вольфа йшла майже горизонтально. Тому для аналізу вихідних даних був використаний один із видів нелінійної регресії – поліноміальна квантильна регресія (поліном ступеня 3).

Тип квантильної регресії – медіанна регресія, $Q=0,5$ [9].

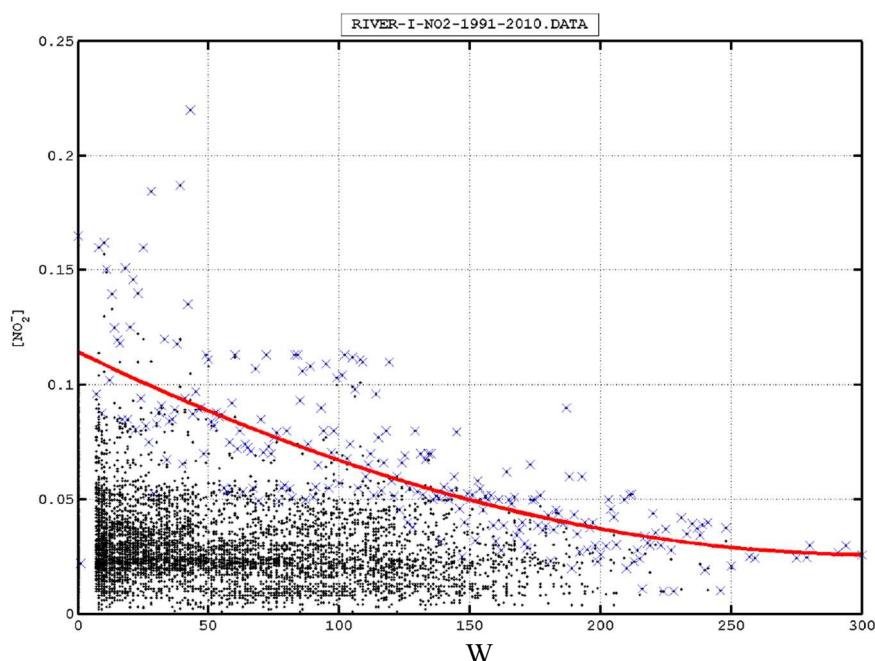


Рисунок 3 – Графік залежності концентрації нітрат-іонів у річковій воді від величини чисел Вольфа W .

Figure 3 – Graph to dependencies to concentration NO_3^- ions in river water from values of Wolf's numbers W .

Результати дослідження

В процесі дослідження було виявлено суттєве зменшення концентрації неорганічних сполук азота при поступовому збільшенні значень чисел Вольфа. При цьому, якщо зміна величини чисел Вольфа впливала на поведінку показників NH_4^+ та NO_2^- у значній мірі, вплив сонячної активності на величину NO_3^- був переважно меншим.

Зрозуміло, що одержані попередні результати дослідження на інші об'єкти розповсюджувати некоректно. Однак цілком можливо знаходити деяку подібність у поведінці інших гідроекологічних часових рядів та застосовувати її у практиці розрахунків. Так, запропонована “регресія максимумів” може бути корисною при вирішенні практично важливих задач прогнозування.

Багаторічними дослідженнями багатьох авторів встановлена наявність циклічності сонячної активності, у якій звичайно виділяють одинадцятирічні та вікові цикли.

На основі даних про сонячні цикли зменшення або збільшення значень W можуть бути спрогнозовані на більш-менш тривалу перспективу.

У цьому зв'язку цілком реальним є наявність циклічності також у ступені чистоти природних вод: природні води (іони NH_4^+ , NO_2^- та NO_3^-) будуть значно чистішими у періоди, коли відмічаються високі значення чисел Вольфа.

Слід зазначити, що сучасні методи прогнозування (дивись, наприклад, [10]) дозволяють також відносно точно аналізувати зміну значень чисел Вольфа на кривій W та визначати наявність в ній різноманітних фазових переходів.

Висновки

1. Розроблено спеціальний вид регресії – “регресію максимумів”.
2. Показано, що “регресія максимумів” може бути особливо корисною при вирішенні задач гідроекології, де предметом вивчення є саме максимальні (екстремальні, аномальні) значення показників.
3. За допомогою “регресії максимумів” проаналізовано вплив значень чисел Вольфа на деякі (пов'язані із азотом) гідрохімічні показники.
4. Із розглянутих вище позицій природні води мають бути чистішими у періоди, коли відмічаються високі значення чисел Вольфа.
5. Зважаючи, що якість природних вод певним чином пов'язана із сонячною активністю, така якість може бути спрогнозована на багато років вперед.

Напрямок подальших досліджень

Провести оцінку впливу сонячної активності на стан інших іонів в природних водах (а не тільки NH_4^+ , NO_2^- та NO_3^-).

Розробити реальні процедури, що засновані на сонячно-земних зв'язках, з метою довготривалого прогнозування поведінки іонів в природних водах.

Перелік посилань

1. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: 1973. 327 с.
2. Шве́ц Г.И. Многовековая изменчивость стока Днепра. Л.: Гидрометеиздат. 1978. 88 с.
3. Журавлёв М.М. Солнечная активность и условия эксплуатации транспортных сетей. Автомобильные дороги, 1980. №3. С.25-26.
4. Круцик М.Д. Паводки на Закарпатті і сонячна активність. Автошляховик України, Київ, 1993, №3. С. 49-50.
5. Кутовий С.С. Вплив сонячної активності на водність річки Прип'ять. Наук. праці УкрНДГМІ, Київ, 2007. Вип. 256. С.259-264.
6. Леонов Е.А. Космос и сверхдолгосрочный гидрологический прогноз. СПб.: Алетейя; Наука. 2010. 252 с.
7. Piccardi G. The Chemical Basis of Medical Climatology. Publ USA. 962.
8. Шитиков В.К., Мاستицкий С.Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. (2017) 351 с. – Электронная книга, адрес доступа: <https://github.com/ranalytics/data-mining/>.
9. Артеменко В.А., Петрович В.В. Особенности застосування метода квантильної регресії в задачах гідроекології. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2021. Вип. 110. С. 90-98.
10. Петрович В.В., Артеменко В.А. Прогнозування часових природних рядів на основі методу SVD-розкладення. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2012. Вип. 84. С. 13-29.

REGRESSION MAXIMUM AND ITS USE TO HYDROECOLOGICAL RESEARCH

Artemenko Vladislav A., UT5UDJ, Master of Ecology, Ukrainian Hydrometeorological Institute, State Service on Emergencies of Ukraine and National Academy of Science of Ukraine, Hydrochemical Research, Scientific Employee, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, tel. 380936011250, Nauki avenue, 37, Kyiv, Ukraine, 03028, room 34, <https://orcid.org/0000-0003-0536-5415>

Petrovych Volodymyr V., Candidate of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, Professor of the Transportation Construction and Property Management Department, National Transport University. e-mail: petrovichvv60@ukr.net, tel. +380442807338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138, <https://orcid.org/0000-0003-0422-2535>

Abstract. One of the actual problems of hydrochemistry there is influence to solar activity on condition chemical substance in water environment.

The goal of the work it is possible estimation relationship some hydrochemical factors and solar activity (Wolf's Numbers W).

To this effect the research was given for concentration NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- in water large flat river of Ukraine (1991 ... 2010 years).

The ion concentrations denominated in mg on litre.

Were they also analysed given over Wolf's numbers for this period (1991 ... 2010 years).

Since these dependencies for the best reveals itself at a rate of extreme values that for each value of the Wolf's number selected only maximum to concentrations of the ion.

Accordingly building to regressions executed not on all raw data's but for maximum values concentration only.

For this regression execute in two steps:

STEP 1: Selected only one (maximum) value concentration of the ion for each unique value of Wolf's number.

STEP 2: To prepared by specified way data is used for regression.

Experiment has shown that linear regression in this instance to use it is impossible (got the horizontal line).

Experiment has also shown adequacy of the use polynomial quantile regression (so it was used this type of regression).

It was used median egression (quantile regression for $Q=0,5$).

Median regression demonstrates the observable reduction a concentration of NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- when increasing of values Wolf's Numbers.

Offered in article "regression for maximus" important for decision of the practical problems of hydroecology.

The general trend in behavioyr of Wolf's Numbers can be forecasting on times of the ten years onward.

This means as the general trend in behavioyr of NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- also can be forecasting on times of ten of years onward (the factor of the purity of natural water). The natural water more pure (the minimum concentration of NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) under high solar activity (high values of Wolf's Numbers).

Key words: solar activity, Wolf numbers, hydrochemical time series, regression of "maxima", the possibility of long-term forecasts of natural water pollution.

References

1. Chizhevskiy A.L. Zemnoye ekho solnechnykh bur'. M.: 1973. 327 s. [in Russian].
2. Shvets G.I. Mnogovekovaya izmenchivost' stoka Dnepra. L.: Gidrometeoizdat. 1978. 88 s. [in Russian].
3. Zhuravlov M.M. Solnechnaya aktivnost' i usloviya ekspluatatsii transportnykh setey. Avtomobilnyye dorogi, 1980, №3. S.25-26. [in Russian].
4. Krutsyk M.D. Pavodky na Zakarpatti i sonyachna aktyvnist. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny, Kyiv, 1993. №3. S. 49-50. [in Ukrainian].
5. Kutovyy S.S. Vplyv sonyachnoyi aktyvnosti na vodnist richky Prypyat. Nauk. pratsi UkrNDHMI, Kyiv, 2007. Vyp. 256. S.259-264. [in Ukrainian].
6. Leonov Ye.A. Kosmos i sverkhdolgosrochnyy gidrologicheskiy prognoz. SPb.: Aleteyya; Nauka. 2010. 252 s. [in Russian].
7. Piccardi G. The Chemical Basis of Medical Climatology. USA. -1962. [in English].
8. Shitikov V.K., Mastitskiy S.E. (2017) Klassifikatsiya, regressiya i drugiye algoritmy Data Mining s ispol'zovaniyem R. 351 s. – Elektronnaya kniga, adres dostupa: <https://github.com/ranalytics/data-mining/>. [in Russian].
9. Artemenko V.A., Petrovych V.V. Osoblyvosti zastosuvannya metoda kvantylnoyi rehresiyi v zadachakh hidroekolohiyi. Avtomobilni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Kyiv, 2021. Vyp. 110. S. 90-98. [in Ukrainian].
10. Petrovych V.V., Artemenko V.A. Prohnozuvannya chasovykh pryrodnykh ryadiv na osnovi metodu SVD-rozkladennya. Avtomobilni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Kyiv, 2012. Vyp. 84. S. 13-29. [in Ukrainian].