

Христюк Б.Ф.

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ

МЕТОДИКА КЛАСИФІКАЦІЇ ГІДРОГРАФІВ РІЧОК ЗА КРИТЕРІЯМИ АНАЛОГІЧНОСТІ

Ключові слова: *гідрографи, критерії аналогічності, класифікація*

Вступ. Існують різноманітні класифікації річок за різними ознаками: за площею басейну, за основним джерелом живлення і розміщенням періоду високих вод в межах року (О. І. Восійков), за джерелами живлення та внутрішньорічним розподілом стоку (М. І. Львович), за внутрішньорічним розподілом стоку та просторовим розповсюдженням на території колишнього СРСР (Б. Д. Зайков), за основним типом водного режиму та переважаючим джерелом живлення (П. С. Кузін) та ін. [1]. На відміну від добре розвинених загальних класифікацій річок, класифікація гідрографів однієї, окремо взятої річки, в сучасній гідрологічній практиці обмежується поділом її стоку за увесь період спостереження на групи за водністю: дуже багатоводні, багатоводні, середні, маловодні та дуже маловодні роки з відповідними ймовірностями перевищення [2]. Такий підхід базується на статистичних розрахунках та передбачає часткове врахування особливостей формування водного стоку в межах груп водності. В той же час, відомості про внутрішньорічний розподіл стоку річок є особливо важливими як для гідрологічного обґрунтування будівництва та експлуатації водосховищ, промислового та комунального водокористування, безперебійного функціонування водного транспорту, протипаводкових заходів та ін., так і для гідрологічного прогнозування [3, 4]. Тому актуальною задачею є розробка методичних засад класифікації гідрографів окремо взятої річки, яка надавала б більш поглиблену інформацію про особливості формування внутрішньорічного розподілу її стоку на протязі всього періоду спостережень. Отже, **метою роботи** є розробка методики класифікації гідрографів однієї річки за подібністю їхніх форм, а відповідно й умов формування водного стоку.

Виклад основного матеріалу досліджень. Класифікація гідрографів однієї річки та за увесь період спостережень може бути виконана за двома незалежними критеріями аналогічності: критерієм геометричної подібності (ρ) та середньою Евклідовою відстанню між значеннями двох гідрографів (η).

Критерії ρ та η використовуються в метеорологічних дослідженнях для класифікації синоптичних процесів [5, 6]. Правомірність застосування критеріїв ρ та η для класифікації гідрографів не підлягає сумніву, оскільки різниця між даними спостережень за станом атмосфери за певний проміжок часу на відповідній території та даними спостережень за водним стоком річки на гідропосту полягає лише в тому, що у першому випадку ми маємо справу з багатовимірними полями, а в другому – з одновимірними. Таким чином, адаптація критеріїв ρ та η для їхнього використання з метою класифікації гідрографів не потребує особливих зусиль.

Вибірка гідрографів будь-якої річки за увесь період спостережень може бути представлена у вигляді матриці Q з елементами Q_{ij} , які відповідають значенням витрат води в i дату j року:

$$Q = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1j} & \dots & Q_{1N} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2j} & \dots & Q_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{K1} & Q_{K2} & \dots & Q_{Kj} & \dots & Q_{KN} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $i=1, 2, \dots, K$ - дати; $j=1, 2, \dots, N$ - роки.

Критерій ρ дозволяє оцінити геометричну подібність двох гідрографів по знаку відхилень відносно осереднього гідрографу за багаторічний період:

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{n_+ + n_-} \quad (2)$$

де n_+ – кількість дат, в які знаки відхилень співпадають; n_- – кількість дат, в які знаки відхилень протилежні. Значення критерію перебуває в межах $-1 \leq \rho \leq 1$.

Критерій η є середньою Евклідовою відстанню між значеннями двох гідрографів:

$$\eta = \frac{1}{K} * \sqrt{\sum_{i=1}^K (Q_{ij} - Q_{il})^2} \quad (3)$$

де Q_{ij} та Q_{il} – значення витрат води в i дату гідрографів j та l років. Значення критерію більше або дорівнює 0.

Критерії ρ та η для кожної пари гідрографів розраховуються у вигляді квадратних матриць розміром $N \times N$. Елементи головної діагоналі матриці критерію ρ дорівнюють 1, а критерію η – 0.

При зачисленні гідрографів j та l років до одного класу мають місце наступні три випадки:

- значення критеріїв ρ та η є одночасно максимальними як для гідрографу j року по відношенню до гідрографу l року так і навпаки. У даному випадку гідрографи мають добру подібність.

- значення критеріїв ρ та η є одночасно максимальними для гідрографу j року по відношенню до гідрографу l року, а навпаки - ні. У більшості таких випадків гідрографи мають добру або задовільну подібність. При незадовільній подібності необхідно виконувати пошук років, для яких критерії ρ та η є одночасно найбільше наближеними до їхніх максимальних значень.

- значення критерію ρ для гідрографу j року є максимальним по відношенню до одного року, а значення критерію η - до іншого. У даному випадку також необхідно виконувати пошук років, для яких критерії ρ та η є одночасно максимально наближеними до їхніх максимальних значень.

Методика класифікації гідрографів за подібною формою була апробована на прикладі даних спостережень гідрологічного поста р. Дунай – м. Рені за період 1921-2010 рр. Незважаючи на складність умов формування водного стоку р. Дунай, що призводить до утворення різноманітних та складних форм гідрографів, методика дозволила отримати цілком задовільні результати.

Водний стік однієї з найбільших річок Європи, Дунаю, формується під впливом танення снігів в Альпах та Карпатах у весняно-літній період та протягом відлиг, а також завдяки випадінню дощів та злив, переважно в теплий період року.

Восени, під час тривалих засух, та у суворі зими р. Дунай живиться підземними водами. На відміну від Верхнього та Середнього Дунаю, де річка отримує суттєве живлення, Нижній Дунай являє собою, головним чином, транзитну ділянку, по якій, час від часу, проходять згладжені та розпластані паводки, сформовані в верхній та середній частинах басейну [7]. Спостереження за водним стоком на українській ділянці Нижнього Дунаю проводяться фахівцями Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії в м. Рені. Осереднений гідрограф р. Дунай – м. Рені за період спостережень (1921-2010 рр.) загалом має досить плавну форму (рис. 1).

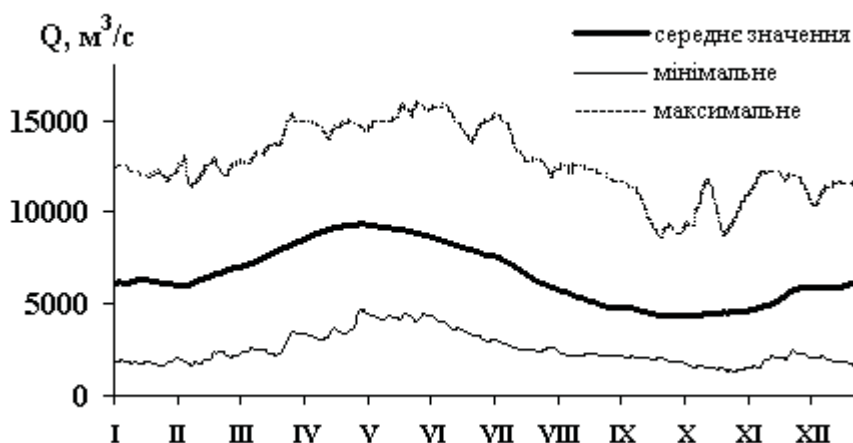


Рис. 1. Осереднений гідрограф р. Дунай – м. Рені, 1921-2010 рр.

Найбільшою водністю відзначається період з початку лютого до середини серпня, що відповідає весняно-літній повені. Пік повені припадає на кінець квітня - початок травня. Літньо-осіння межень триває від середини серпня до середини листопада. Найнижча за рік водність спостерігається з середини вересня до середини жовтня. Зимова межень триває від середини листопада до кінця січня. Відхилення окремих гідрографів за період 1921-2010 рр. від осередненого гідрографу коливаються у досить широкому інтервалі, майже постійному впродовж року, за винятком періоду найнижчої водності. Зважаючи на те, що форми гідрографів р. Дунай щорічно залежать від строків настання та закінчення, висоти, інтенсивності підйому та спаду весняно-літньої повені, від наявності, висоти та тривалості паводків теплої та холодної періодів, від водності літньо-осінньої та зимової межені, цілком природним є очікування того, що кожен гідрограф має свою унікальну та неповторну форму.

Розрахунки матриць критеріїв ρ та η , а також встановлення років з максимальними і мінімальними значеннями критеріїв ρ та η були виконані завдяки програмі, створеної автором статті на мові програмування C++. Решта розрахунків та побудова графіків з класами подібних гідрографів відбувалась в середовищі MS Excel.

У тому випадку, коли критерії ρ та η були одночасно оптимальними ($\rho = \rho_{max}$ та $\eta = \eta_{min}$) як для гідрографу j року по відношенню до гідрографу l року так і навпаки, тоді такі гідрографи мали добру подібність. Для р. Дунай – м. Рені за увесь дев'яносторічний період спостережень було виявлено тільки п'ять пар таких років: 1921-1943, 1928-1961, 1946-1950, 1956-1967 та 1958-1962 (рис. 2а).

Добру та задовільну подібність отримано у переважній більшості випадків, коли критерії ρ та η були одночасно оптимальними для гідрографу j року по відношенню до гідрографу l року, а навпаки - ні. За такими ознаками було виявлено ще 11 пар років: 1925-1972, 1929-1935, 1933-1991, 1935-1951, 1940-1941,

1955-1966, 1960-2002, 1970-1999, 1971-1983, 1973-1984 та 1974-1998 (рис.2 б).

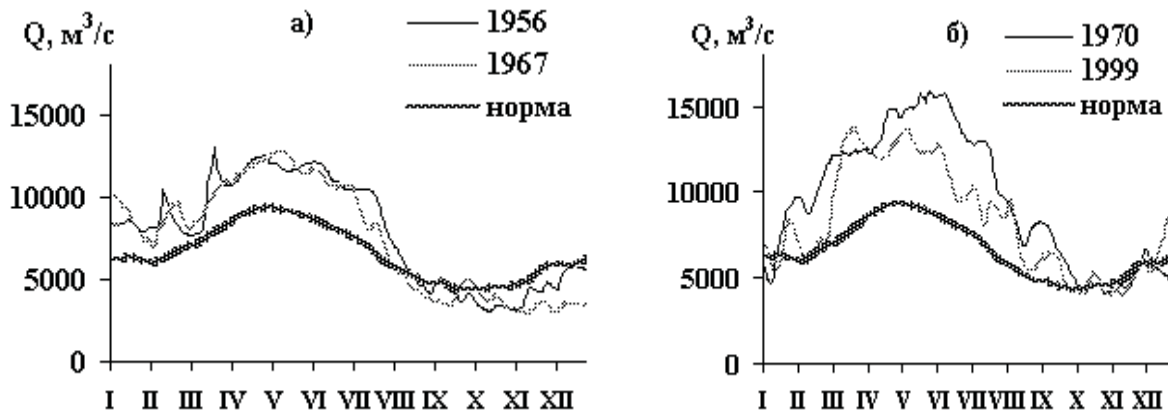


Рис. 2. Гідрографи з доброю (а) та задовільною (б) подібністю форм

В усіх інших випадках, за відсутності однозначності: коли гідрограф j року був подібним за критерієм ρ до одного року, а за критерієм η до іншого, добра або задовільна подібність гідрографів j року по відношенню до гідрографів l року визначалась шляхом знаходження таких років, для яких критерії ρ та η були одночасно максимально наближеними до їхніх оптимальних значень.

Таким чином, уся вибірка гідрографів р. Дунай – м. Рені була розподілена на 29 класів, які споріднені між собою подібними характеристиками основних фаз водного режиму: стійкістю та висотою літньо-осінньої і зимової межени, строками настання та закінчення, тривалістю, висотою, інтенсивністю підйому та спаду весняно-літньої повені. В окремі класи увійшло від двох до шести гідрографів. Графіки восьми класів гідрографів, які надають уяву про їхні різноманітні форми, наведено на рис. 3 а-ж.

В залежності від напрямків та завдань гідрологічних досліджень усі виявлені класи гідрографів можуть бути об'єднані в групи за певними ознаками: за середньою водністю року, за максимальною витратою весняно-літньої повені, за належністю до мало або багатоводної фази циклів водності та ін.

Висновки. Використовуючи два незалежні критерії аналогічності розроблено методику класифікації гідрографів за подібною формою, а отже, за подібним внутрішньорічним розподілом водного стоку, на прикладі даних спостережень гідрологічного посту р. Дунай – м. Рені за період 1921-2010 рр. Виявлено 29 класів гідрографів. Достатньо значна кількість класів пояснюється тим, що водний стік р. Дунай відзначається паводковим режимом на протязі усього року, утворюючи гідрографи складної та різноманітної форми.

Наявність у тривалому ряді спостережень за водним стоком класів гідрографів, схожих за формою, вказує на те, що час від часу на водозборі р. Дунай повторюються схожі умови формування водного стоку завдяки циклічності кліматичних і, як наслідок, гідрологічних процесів.

Дослідження різновидів класів гідрографів дозволяє поглибити знання про умови формування водного стоку р. Дунай та їхню циклічність, що є важливим як для гідрологічних розрахунків так і для довгострокового прогнозування.

Ефективність методики класифікації гідрографів за подібною формою має бути оцінена для річок України з різними типами внутрішньорічного розподілу водного стоку.

Автор висловлює подяку професору, д-ру фіз.-мат. наук, проф. В. Ф. Мартазіновій за суттєву консультаційну допомогу.

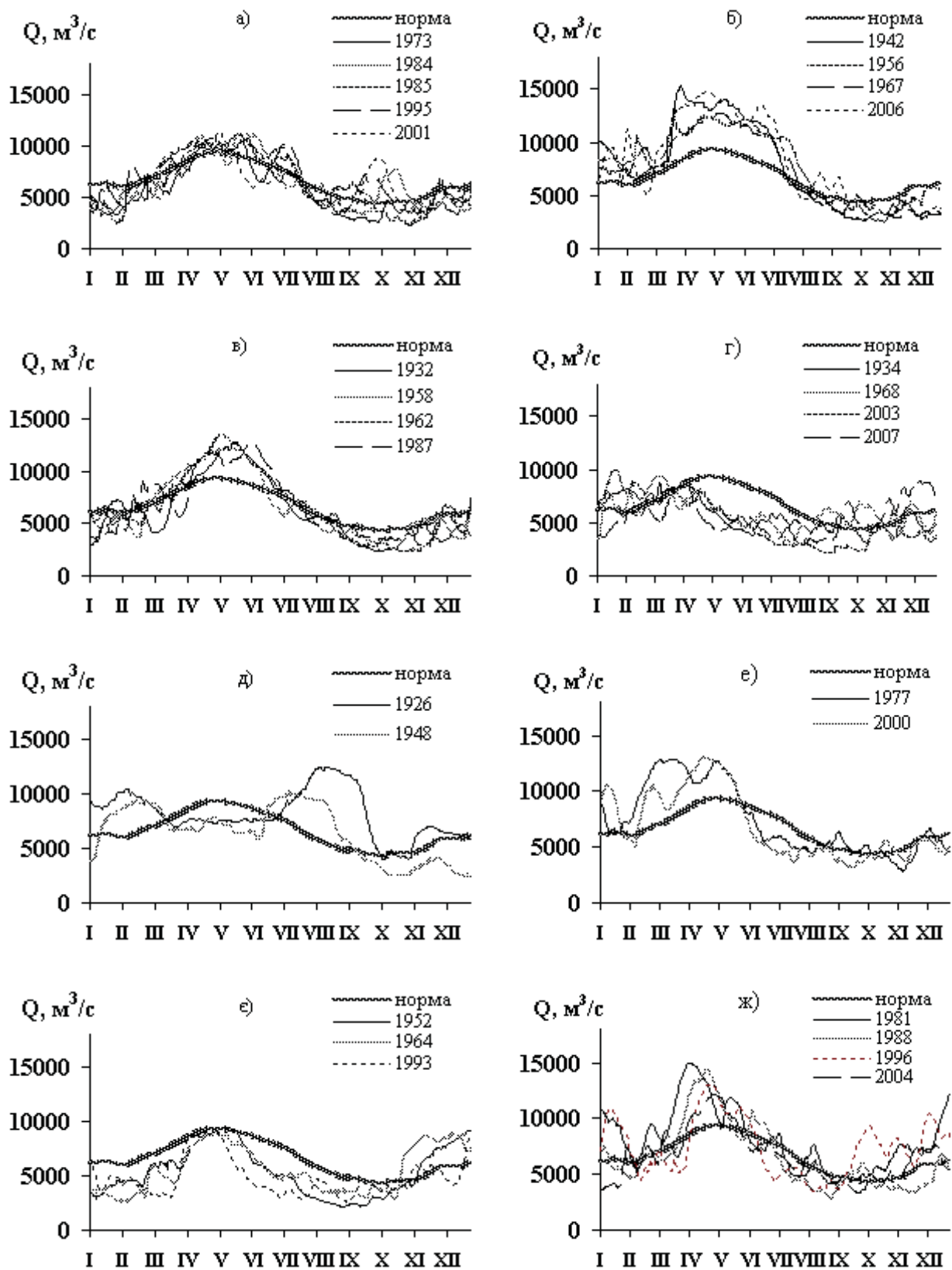


Рис. 3. Класи гідрографів, подібні за внутрішньорічним розподілом водного стоку

Список літератури

1. Горбачова Л. О. Гідрологія: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. / Л. О. Горбачова – К.: Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. – 125 с. 2. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений // ГУ «ГГИ». – Н. Новгород : Вектор-Тис, 2007. – 134 с. 3. Соколовский Д. Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов) / Д. Л. Соколовский – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 540 с. 4. Гребень В. В. Современные особенности внутригодового распределения стока рек Украины / В. В. Гребень // Глобальные и региональные изменения климата. – К. : Ника-Центр, 2011. – С. 391-401. 5. Багров Н. А. Классификация синоптических ситуаций / Н. А. Багров // Метеорология и гидрология. – 1969. – №5. – С. 3-12. 6. Martazinova V. F. The classification of synoptic Patterns by Method of Analogs / V.F Martazinova. // J. Environ.Sci. Eng. – 2005. – Vol. 7. – P. 61–65. 7. Дунай и его бассейн. Гидрологическая монография. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Ч.1. – 396 с.

Методика класифікації гідрографів річок за критеріями аналогічності

Христюк Б.Ф.

Розроблено методику класифікації гідрографів на прикладі даних спостережень гідрологічного посту р. Дунай – м. Рені за період 1921-2010 рр. із застосуванням двох незалежних критеріїв аналогічності. Визначено 29 класів гідрографів.

Ключові слова: гідрографи, критерії аналогічності, класифікація.

Методика классификация гидрографов рек по критериям аналогичности

Христюк Б.Ф.

Разработано методику классификации гидрографов на примере данных наблюдений гидрологического поста р. Дунай – г. Рени за период 1921-2010 гг. с использованием двух независимых критериев аналогичности. Определено 29 классов гидрографов.

Ключевые слова: гидрографы, критерии аналогичности, классификация.

The technique of the classification of the rivers hydrographs by criteria of analogy

Khrystyuk B.F.

The technique of the classification of the hydrographs is developed using the data of the Danube – Reni water gauge for period 1921-2010 and two independent criteria of the analogy. 29 classes of the hydrographs are determined.

Keywords: hydrograph, the criteria of similarity, ranking.

Надійшла до редколегії 05.04.2013