

СТРУКТУРНІ ТА ЕНТРОПІЙНІ ПОКАЗНИКИ РІЧКОВИХ СИСТЕМ ЗАКАРПАТТЯ

Ярослав Хомин

Львівський національний університет імені Івана Франка

Проаналізовані різні типи класифікаційних моделей річкових систем Закарпаття, а також виявлений взаємозв'язок між їх порядком і гідрологічними, гідрографічними показниками. Як індикаційний параметр на основі проведеного кореляційно-регресійного аналізу пропонується використовувати порядок річкових систем за моделлю Шайдеггера, а також їх структурно-інформаційні (ентропійні) показники.

Ключові слова: річкові системи, класифікаційні моделі, гідроморфологічний коефіцієнт, структурно-інформаційні (ентропійні) показники, ізоморфізм

При дослідженні річкових систем, їх функціонування, динаміки і історії розвитку використовують різні класифікаційні моделі. У їх вивченні виділяють два якісно різних етапи. Перший етап охоплює період з початку 30-х років по 1966 р. і пов'язаний з роботами Р. Е. Хортон [Хортон, 1948]. Ним була запропонована система порядкової класифікації (СПК) річок і встановлено ряд кількісних статистичних закономірностей їх будови, які пізніше з додаваннями, зробленими С. Шуммом [Shumm, 1956]), дістали назву "законів Хортон".

В міру накопичення фактичного матеріалу по топології річкових систем порядкова класифікація у ряді випадків перестала відповідати вимогам практики. Слід зазначити, що Р. Е. Хортон сам розумів недосконалість своєї СПК і рекомендував її модифікувати, що і було зроблено А. Штралером [Strahler, 1952].

Суть змін, внесених Штралером в СПК Хортон, зводиться до наступного. За пропозицією Р. Е. Хортон найменший (елементарний) потік, що не має притоків, називається потоком першого порядку. Ріка, утворена злиттям двох потоків першого порядку, вважається річкою другого порядку. Остання може приймати довільне число елементарних притоків і міняє свій порядок на третій лише у разі злиття з іншою річкою другого порядку. Потік третього порядку відповідно може приймати довільне число притоків першого і другого порядків і підвищує свій клас на одиницю лише після зустрічі з іншою річкою третього порядку. Іншими словами, потік порядку K утворюється злиттям не менше двох притоків порядку ($K=1$), але може приймати необмежену кількість притоків порядку $K=1$ (рис. 1, А). Тому класифікації Хортон властива деяка невизначеність відносно кількісної характеристики гідромережі. В міру ускладнення мережі від витoku до гирла порядок річкової системи зростає стрибкоподібно таким чином, що він набуває цілих значень $K=1, 2, 3, \dots$

Штралер відмовився від представлення річкової мережі як системи головних річок, тобто від надання останнім додаткових ознак, що впливають із

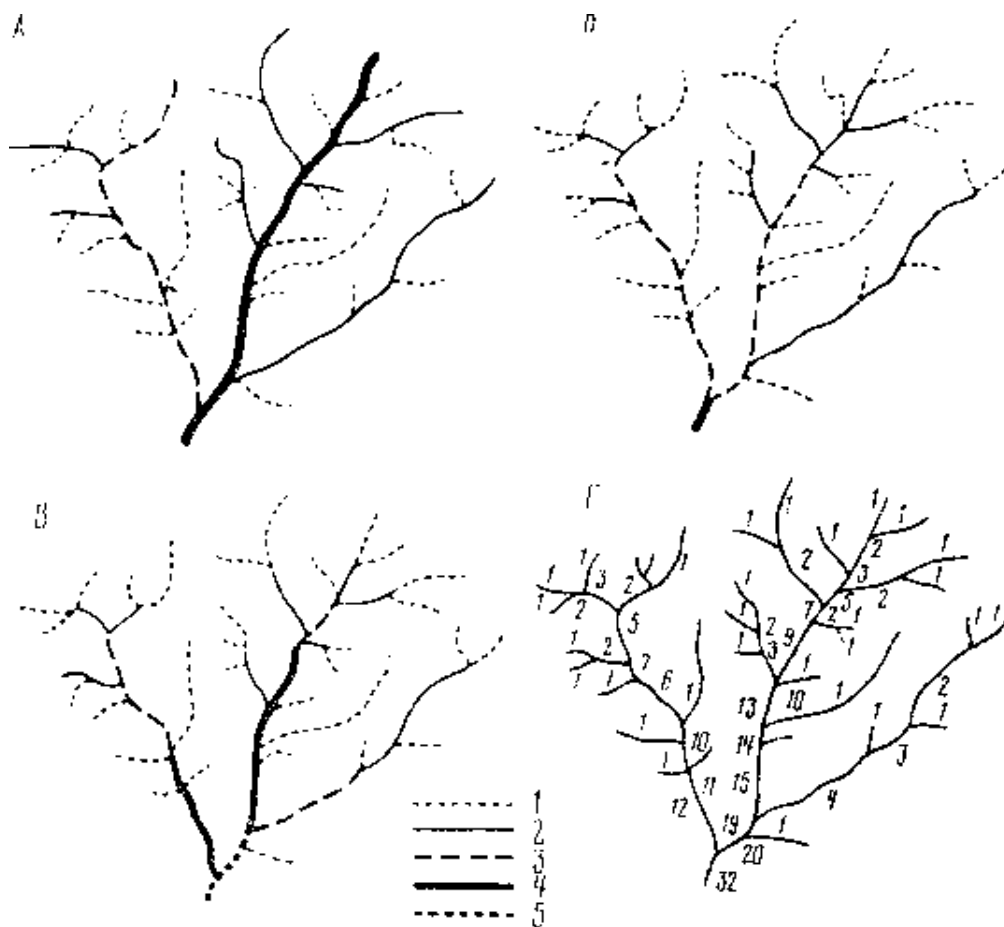


Рис. 1. Класифікація річкових систем за моделями Хортон (А), Штралера (Б), Ржаніцина (В) і Шрива (Г).

1 – притоки першого порядку; 2–5 – притоки відповідно другого, третього, четвертого і п'ятого порядків.

властивостей новоутворень, а не із індивідуальних особливостей. Згідно класифікації Штралера, нерозгалуженим первинним потокам завжди присвоюється порядковий номер 1. При злитті двох елементів утворюється потік з порядковим номером на одиницю вище. Відрізок русла цього порядку закінчується в точці його злиття з другим відрізком того ж або більш високого порядку. Отже, у міру ускладнення річкової системи від витоків до гирла вона включає елементи усе більш високих порядків таким чином, що останні зростають стрибкоподібно і набувають тільки цілих значень $K=1,2,3,$ (див. рис 1,Б).

Аналогічна модель розроблена і апробована В.П.Філософовим (1960) для пошуків і розробки тектонічних структур.

Відмінність схем Хортон і Штралера полягає в тому, що перший з них роз-

глядає річки різних порядків на усьому протязі від витoku до гирла, а другий виділяє відрізки русел, приурочені до тих же порядків. Порядок замикаючої ланки в класифікаційній схемі Штралера, так само як і у Хортонa, поширюється фактично на всю систему (підсистему).

Штралер, відмовившись від виділення головних річок систем, все ж не усунув інші недоліки моделі Хортонa. Так, припущення того, що річкова система може містити довільне число підсистем призводить до значної варіації різних характеристик систем одного порядку.

В принципі СПК Хортонa і Штралера мають багато спільного, і тому СПК Штралера часто називають системою Хортонa-Штралера.

Модель Н. А. Ржаніцина є перехідною між вказаними групами.

Шрив відмовився від поняття "порядок річкової системи", а розглядає "потужність річкової системи". Потужність системи визначається кількістю елементарних потоків, що входять у систему. Так, якщо річкова система містить, наприклад, 32 нерозгалужених елементарних потоки, то її потужність визначається числом 32. Схема ранжирування річкових систем за Шривом приведена на рис. 1,Г. Усі ланки річкової мережі він ділить на зовнішні і внутрішні. До зовнішніх ланок відносяться елементарні нерозгалужені потоки, а до внутрішніх – безприточні ділянки русла, розташовані між сусідніми точками злиття. При довільній послідовності включення в систему елементарних потоків вона буде містити $(S - 1)$ внутрішніх елементів.

Новий етап в дослідженні топології річкових систем пов'язаний з роботами А. Е. Шайдеггера [Sheidegger, 1966, 1967a, б] і пов'язаний з використанням теорії графів. А. Е. Шайдеггер запропонував визначати порядок системи, виходячи з порядків її складових, за рівнянням

$$K = \log_2(2^m + 2^n)$$

Де: K — порядок системи нижче злиття двох підсистем порядків m і n .

Таким чином, при злитті двох підсистем незалежно від співвідношення їх розмірів (порядків) порядок системи нижче злиття змінюється на певну величину, пропорційну розмірам цих приток. Із рівняння виходить, що величина порядку може набувати не лише цілих значень, але також і дробових. Порядкову систему, запропоновану Шайдеггером, можна привести до виду, зручному для обчислення порядку по існуючих довідкових посібниках.

$$K = 1 + \log_2 S_{1(k)}$$

Отже, для обчислення порядку системи необхідно визначити кількість елементів першого порядку, що входять до неї. При цьому необхідність у встановленні порядків окремих приток відпадає, якщо вони не представляють самостійного інтересу.

Таким чином, основні класифікаційні схеми річкової мережі умовно можна поділити на дві групи, що мають принципові відмінності.

1. Моделі Хортонa і Штралера, передбачають зростання порядку на одиницю лише при злитті двох однопорядкових елементів (підсистем), тобто поєднують в порядку і потужність і малюнок річкової системи, причому провідним показником виступає малюнок мережі.

2. Моделі Шайдеггера і Шрива розглядають окремо потужність річкової системи і порядок включення в неї елементів в мережі. Основним показником

розмірів річкової системи тут є її масивність, яка в моделі Шайдеггера виражається через порядок, який враховує загальну кількість елементарних потоків, що входять в систему, а в схемі Шрива — безпосередньо через загальну кількість елементів.

Виявлення закономірностей будови річкових систем можливе в рамках такої класифікаційної моделі, яка має високу роздільну здатність і забезпечує найбільшу стійкість характеристик в межах кожного рангу (порядку). Критерієм для вибору тієї чи іншої моделі (групи моделей) в якості розрахункової повинна служити найбільша стійкість параметрів річкової системи, класифікованої по одному із існуючих способів. З метою встановлення цього критерію проведено паралельний аналіз характеристик річкових систем Закарпатської області різних порядків, визначених методами Хортон і Шайдеггера (рис. 2).



Рис. 2. Порівняння основних завдань класифікаційних моделей Хортон і Шайдеггера.

Аналіз показав, що для розрахунку як гідрологічних, так і гідрографічних і морфометричних характеристик краще підходить модель Шайдеггера, в якій у порівнянні з моделлю Хортон суттєво знижується мінливість параметрів однопорядкових елементів річкової системи і спрощується техніка визначення її порядку. Щоправда для характеристики насиченості річкової системи потоками різних порядків, а також їх зміни в часі більшою інформативністю володіє модель Хортон-Штралера. Перевагою моделі Шайдеггера є також велика стійкість відхилень різних параметрів, що характеризують системи суміжних порядків.

Одним з важливих показників, що дозволяють отримати загальне кількісне уявлення про водність території, ступень її ерозійного розчленовування, є густота річкової сітки. При цьому слід зазначити, що найбільша індикативність

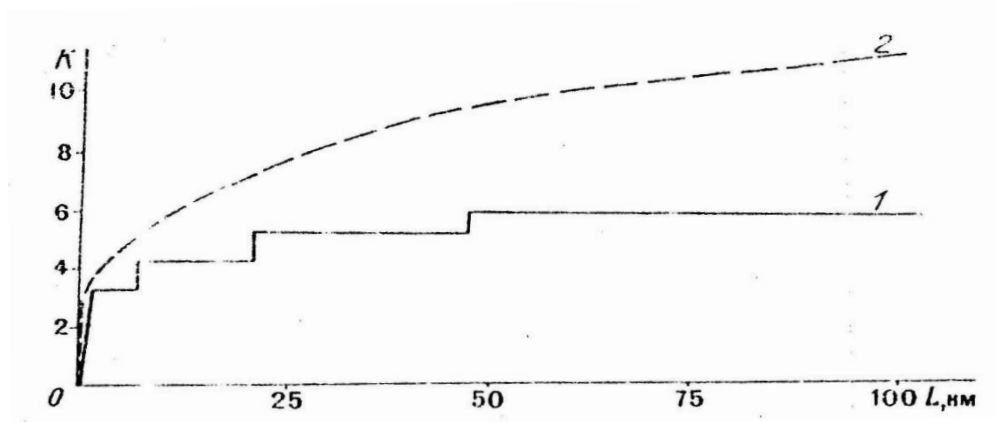


Рис. 3. Зміна порядку (K) річкової системи басейну р.Ріка за моделями Хортон - Штраллера (1) і Шайдеггера (2).

властива лише дренажній річковій мережі, що представлена елементарними водотоками I порядку. Із збільшенням порядку водотоків їхня дренажна функція слабшає і відповідно зростає функція транзитного пропуску води. По моделі Хортон - Штраллера для досліджуваних басейнів розрахована їх насиченість водотоками різних порядків, а також визначена довжина річок кожного порядку (табл.1).

Таблиця 1

Насиченість річкових систем Закарпаття водотоками різних порядків

Річкова система	Порядок водотоків					
	I	II	III	IV	V	VI
Уж	76,0	18,4	4,4	0,9	0,2	0,1
	51,7	26,8	10,5	5,6	3,9	1,5
Латориця	77,0	18,0	3,9	0,8	0,2	0,1
	55,0	21,5	10,8	6,2	2,2	4,3
Боржава	75,5	19,1	4,4	0,8	0,1	
	51,7	26,1	11,7	4,7	6,4	
Ріка	76,7	19,5	4,1	0,9	0,2	0,1
	54,3	22,8	12,3	4,2	2,2	4,4
Теребля	76,3	19,5	3,3	0,6	0,2	0,1
	52,0	22,8	12,4	5,2	6,0	1,6
Тересва	79,3	16,3	3,4	0,2	0,1	0,1
	72,5	2,7	10,0	8,3	1,3	5,2
Шопурка	77,8	17,8	3,7	0,5	0,2	
	61,0	8,7	7,4	10,1	2,8	

Примітка. В чисельнику - % від загальної кількості, в знаменнику - % від загальної довжини.

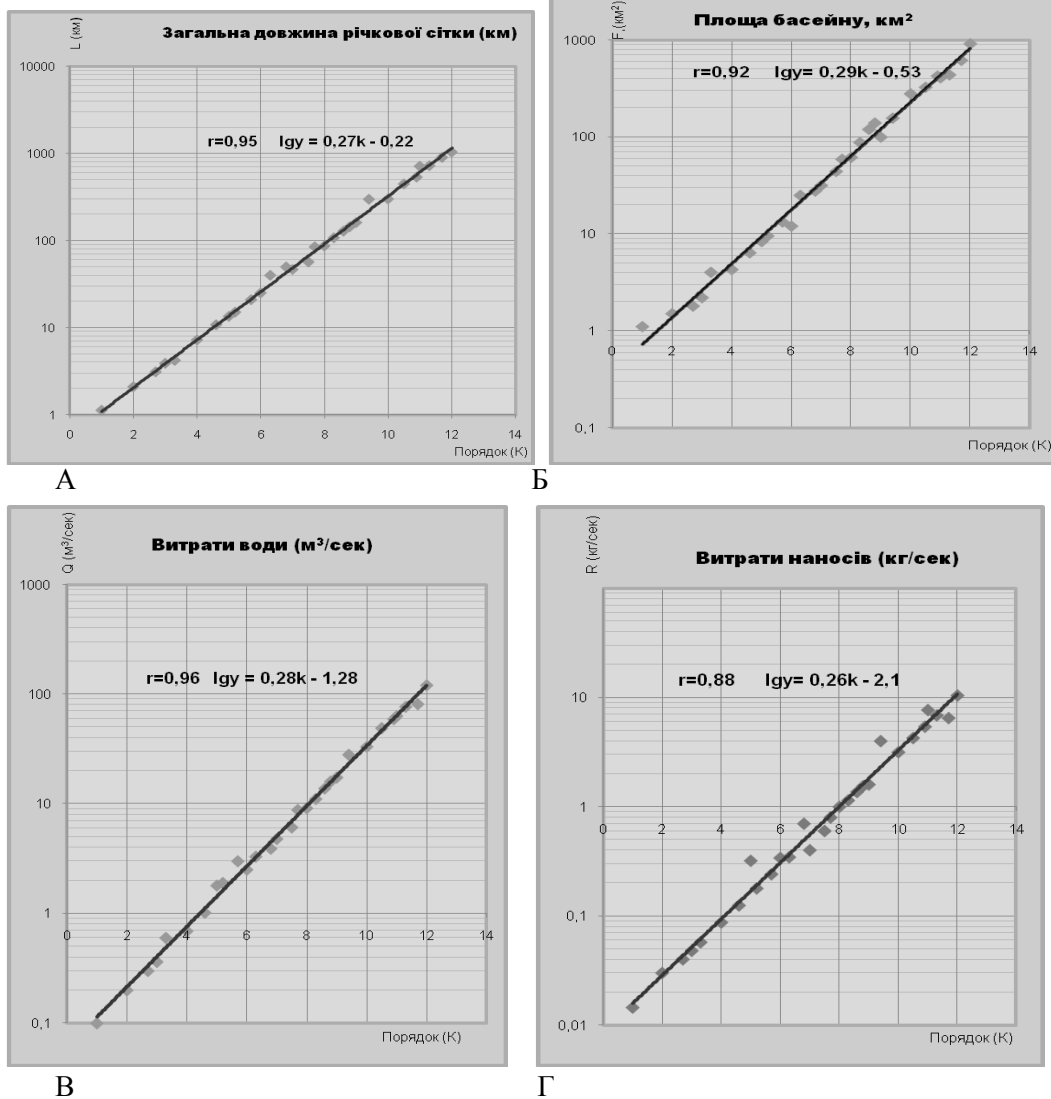


Рис. 3. Зв'язок порядку річкових систем Закарпаття із: А) загальною протяжністю річкової сітки; Б) площею басейнів; В) середньою багаторічно витратою води; Г) середньою багаторічною витратою наносів

Водотоки I порядку складають близько 75% загальної кількості річок в окремих річкових системах. Деяка закономірність простежується і в розподілі річок вищих порядків. Так, на водотоки II порядку в середньому припадає приблизно 17-18 %, III - 3-4 %, IV - 0,7-0,8 % загальної кількості водотоків в басейні. За загальною довжиною елементарних водотоків спостерігаються локальні відхилення від виявленої вище закономірності, які пояснюються історією розвитку рельєфу території. В результаті підпружування в пліоцені ряду річок Закарпаття Вигорлат-Гутинською вулканічною грядою в їх басейнах відбулась перебудова гідросітки. Починаючи з раннього плейстоцену, почергово

проривають вулканічну грядку річки Уж, Латориця, Боржава і Ріка. В їх басейнах знову відбувається перебудова гідросітки. Таким чином, древнішими і розвиненішими системами є басейни річок Тересвії Шопурки, верхів'я р.Тиси. У зв'язку із цим, тут і спостерігається густіша річкова мережа із збільшеною довжиною елементарних водотоків, які за віком є старші від водотоків басейнів Ужа, Латориці, Боржави і Ріки.

При порівнянні показників густоти розчленування басейнів з водністю (модулем стоку) чіткої відповідності не спостерігається. Коефіцієнт кореляції становить 0,43. З урахуванням розчленування тільки водотоками I-II порядків його величина зростає до 0,71. Звідси можна зробити висновок, що елементарна річкова сітка несе закодовану інформацію про стан, історію розвитку річкових систем, що обумовлюються співвідношенням й взаємодією екзогенних і ендегенних чинників рельєфотворення.

У ряді випадків навіть при однаковому зволоженні і схожих морфометричних особливостях рельєфу спостерігаються значні відмінності в просторовому розподілі показників стоку і густоти ерозійного розчленування території, що пояснюється головним чином різними геолого-геоморфологічними умовами і неоднаковою історією розвитку рельєфу. Для характеристики впливу геолого-геоморфологічного чинника на розвиток і функціонування гідрографічної мережі певний інтерес представляє гідроморфологічний коефіцієнт (ГМК), запропонований І.Н. Гарцманом (1971), який характеризує довжину річкової сітки, що необхідна для формування середньої багаторічної витрати води в 1 м³/сек. Значення ГМК для досліджуваних річкових систем змінюються в досить широких межах (від 32,4 до 84,1 км×сек/м³).

Для побудови картосхеми просторового розподілу ГМК по території Закарпатської області окрім даних Держкомгідромету УРСР для точнішої і надійнішої його інтерполяції використані також результати наших багаторічних стаціонарних і гідрологічних спостережень в замикаючих гідро створах різнопорядкових водотоків в басейнах річок Боржави і Тиси.

Значення ГМК (рис. 4) в основному збільшуються з північного сходу на південний захід, що відповідає зменшенню в цьому ж напрямі ерозійного врізу основних річок цього регіону. Переформовування річкової сітки в басейнах річок, що прорвали Вулканічний хребет (Уж, Латориця, Боржава, Ріка), призвело до інтенсивного ерозійного розчленування території. Проте, незначна глибина врізу водотоків разом з гідрогеологічними і літолого-стратиграфічними особливостями зумовили тут відносно підвищені значення ГМК (70-80 км×сек/м³) в порівнянні з районами з більш древньою гідрографічною мережею. В цілому ж, аналіз розподілу ГМК в басейнах річок південно-західного макросхилу Українських Карпат підтверджують припущення І.Н.Гарцмана (1971), М.С.Карасьова і Г.І.Худякова (1984) про геолого-геоморфологічну і літолого-стратиграфічну обумовленість його кількісної характеристики. Це дає можливість отримувати розрахункові залежності між показниками гідрографії річкової сітки і її гідрологічними показниками (витрати води і наносів) на досить високому рівні достовірності для регіонів з однаковими значеннями ГМК.

В якості індикаційного параметра може використовуватися також порядок річкової системи за моделлю Шайдеггера, який враховує усі без виключення водотоки I порядку, що входять до неї, незалежно від послідовності їх включення

в річкову систему і відображає ступінь наростання її потужності. Порядок будь-якої системи визначається за формулою, запропонованою Шайдеггером (1975):

$$K = 1 + \log_2 S_{1(k)}$$

де: $S_{1(k)}$ – загальна кількість водотоків першого порядку, що входять у систему.

Для окремих річкових систем був проведений кореляційно-регресійний аналіз зв'язків між їх порядком (за Шайдеггером), площею, загальною протяжністю гідрографічної сітки і середньорічними витратами води. Як показали розрахунки, між досліджуваними параметрами існує тісний кореляційний зв'язок, що практично наближається до функціонального і виражається напівлогарифмічною залежністю виду:

$$lgy = 10^{(ak \pm b)}$$

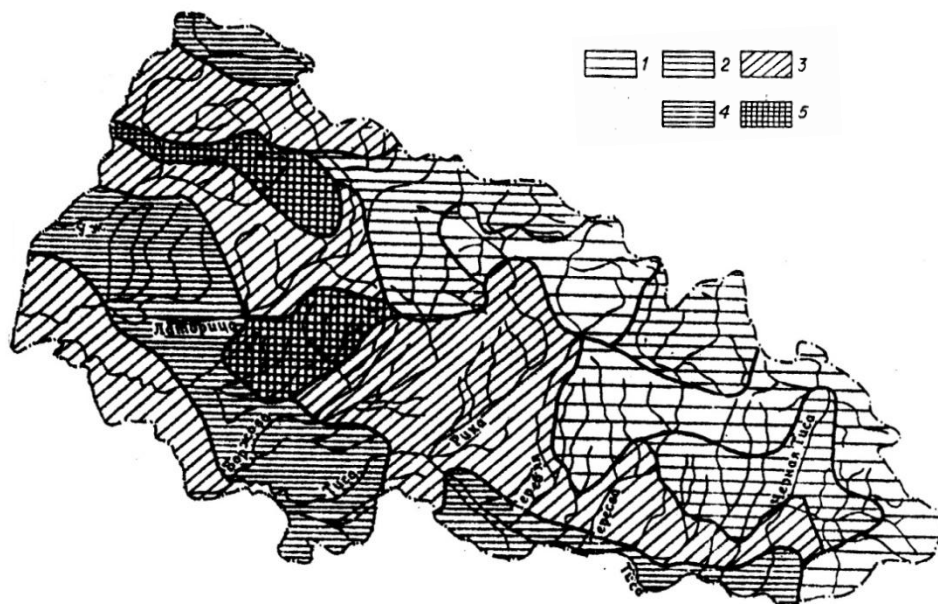


Рис. 4. Розподіл гідроморфологічного коефіцієнту на території Закарпатської області.

Значення ГМК ($\text{км} \times \text{сек} / \text{м}^3$): 1) 30 – 40; 2) 41 – 50; 3) 51 – 60; 4) 61 – 70; 5) 71 – 80.

де: k – порядок системи, y – розрахункова величина: площа системи (F , км^2), протяжність річкової мережі в системі (L , км) або витрата води (Q $\text{м}^3/\text{сек}$), a і b – коефіцієнти рівняння напівлогарифмічної регресії (таблиця 2).

Коефіцієнти кореляції у всіх випадках достатньо високі (0,81 – 0,99), що дозволяє використовувати отримані залежності для розрахунку гідрологічних і

гідрографічних показників річкових систем на досліджуваній території з достатньо високою точністю. Розбіжності між розрахунковими показниками і результатами натурних спостережень, проведених в різних ланках гідрографічної сітки досліджуваних систем, складають 3-18 %, причому вони зменшуються в міру збільшення порядку ріки.

Окрім високих індикаційних властивостей узагальненого показника порядку річкової системи, відмічений також тісний зв'язок з водністю території для районів з різними значеннями ГМК (рис. 5). Це підтверджується також розрахованим для всіх досліджуваних річкових систем множинним коефіцієнтом кореляції між їх порядком, показником твердого стоку і ГМК, величина якого досягає 0,98 і виражається залежністю виду:

$$y = 0,63x + 0,09z - 8,01$$

де: y – твердий стік (кг/сек); x – порядок річкових систем; z – ГМК (км×сек/м³).

Таблиця 2

Зв'язок порядку річкових систем з їх площею (F), протяжністю річкової мережі (L) і витратою води (Q)

Річкова система	F, (км ²)			L, (км)			Q, (м ³ /сек),		
	Коефіц. кореляц.	Коефіц. регресії		Коефіц. кореляц.	Коефіц. регресії		Коефіц. кореляц.	Коефіц. регресії	
		a	b		a	b		a	b
Уж	0,96	0,30	0,10	0,99	0,31	0,14	0,98	0,25	1,08
Латориця	0,85	0,27	0,22	0,81	0,25	0,32	0,97	0,27	1,51
Боржава	0,91	0,25	0,28	0,95	0,27	0,28	0,98	0,20	0,81
Ріка	0,89	0,24	0,25	0,95	0,25	0,30	0,87	0,24	1,49
Тересва	0,95	0,23	0,12	0,99	0,28	0,01	0,97	0,27	1,50

Приведені результати свідчать про існування регіональних закономірностей у функціонуванні річкових систем і дозволяє використовувати їх в цілях підвищення точності розрахунку стоку води і наносів. Із збільшенням ГМК витрата води в однопорядкових системах зростає, причому відмічена закономірність найбільш чітко проявляється в басейнах річок V і вище порядків.

Новим етапом у дослідженні структур річкових систем стало введення Б.А.Казанським (1976) ентропійної характеристики. Дослідження показали, що гідрологічні характеристики річкових систем визначаються не лише (і не стільки) числом їх елементів (ланок) і їх порядком, але, очевидно, більшою мірою взаємною суспільністю цих елементів, тобто структурою річкової мережі. Так наприклад, річкові системи із структурою, топологічно ізоморфною графам **б-с**

(рис. 6), маючи однакове число ланок і один і той же порядок, за інших рівних умов відрізнятимуться як за дренажними, так і за транзитними і ерозійними параметрами. Однак, для характеристики їх структурних відмінностей до сьогодні не запропоновано жодних кількісних показників. Методики ж якісної (описової) характеристики структур, запропоновані, наприклад Вернером [10] чи Моком [6], непридатні практично із-за надзвичайно великого числа теоретично можливих різних структур вже для систем 3-4 порядку, що мають 20 і більше первинних ланок (витоків).

Як видно із таблиці. 3, вже при $s_d = 20$ теоретичне число топологічно різних річкових структур перевищує 1 мільярд, що в багато разів більше числа усіх річкових систем подібної потужності на Землі і що виключає, будь-яку можливість однозначної ідентифікації кожної структури. Якщо ж характеризувати структури з точністю до ізоморфізму (на мал. 6, наприклад, ізоморфними є графи **в** і **к**), то кількість теоретично можливих неізоморфних річкових систем буде значно меншою.

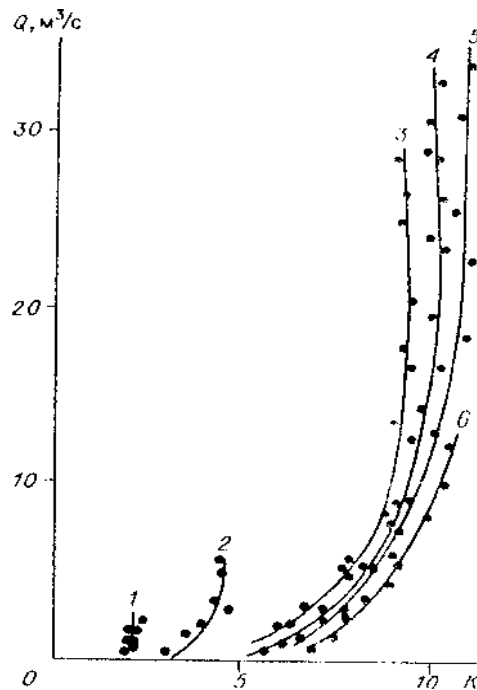


Рис. 5. Зв'язок середніх багаторічних витрат води (Q) із порядком ріки (K) для різних значень гідроморфологічного коефіцієнту (ГМК)
Значення ГМК ($\text{км} \times \text{сек} / \text{м}^3$): 1) 0 – 10; 2) 11 – 20; 3) 21 – 30; 4) 31 – 50; 5) 51 – 60; 6) >60

Таблиця 3

Кількість топологічно різних $N(s_d)$ і неізоморфних річкових структур $M(s_d)$ для потужності $s_d \leq 20$ і їх відношення

s_d	$N(s_d)$	$M(s_d)$	$M(s_d) : N(s_d)$
2	1	1	1
3	2	1	0,5
4	5	2	0,4
5	14	3	0,2142
10	4862	98	0,0201
15	2674440	4850	0,0018
20	1767264233	293547	0,000166

Будь-яка реальна структура річкової сітки є унікальною в силу своєї неповторності. Тому в кількісному відношенні вона може бути охарактеризованою лише шляхом ентропійної (інформаційної) оцінки ступеня її різноманітності чи впорядкованості. Структурно-інформаційна оцінка (ентропія) річкових систем враховує число елементів в річковій системі і найголовніше їх супідрядність. Для практичного використання найбільш зручно використовувати в якості такої міри потужності річкової сітки модель Шриви, згідно якої потужність будь-якої ланки річкової сітки рівна кількості первинних водотоків (за Хортоном їм присвоюється потужність, яка рівна 1).

У випадку злиття двох підсистем міра різноманітності в точці злиття оцінюється за формулою:

$$H_{xi} = -p(x'_i) \log_2 p(x'_i) - p(x''_i) \log_2 p(x''_i)$$

де: $p(x_i)$ – відносна вага потужностей річкових систем при злитті.

Причому:

$$p(x'_i) = \frac{S'_{xi}}{S_{xi}}; \quad p(x''_i) = \frac{S''_{xi}}{S_{xi}};$$

де: S'_{xi} , S''_{xi} , S_{xi} - відповідно потужності першої, другої і спільної річкової системи.

Структурна ентропія однозначно, як про це згадувалось раніше, характеризує структури потужністю $S_i < 8$ (де S_i – число елементів першого порядку). При $S_i > 1$ можливими є випадки співпадіння значення ентропії у не ізоморфних структур, які можуть бути рівноцінними при проведенні впорядкованості системи (мал.7). Тому для порівняння і подальших розрахунків краще користуватись відносним показником, який визначається за формулою

$$\bar{H} = \frac{H}{S_i - 1};$$

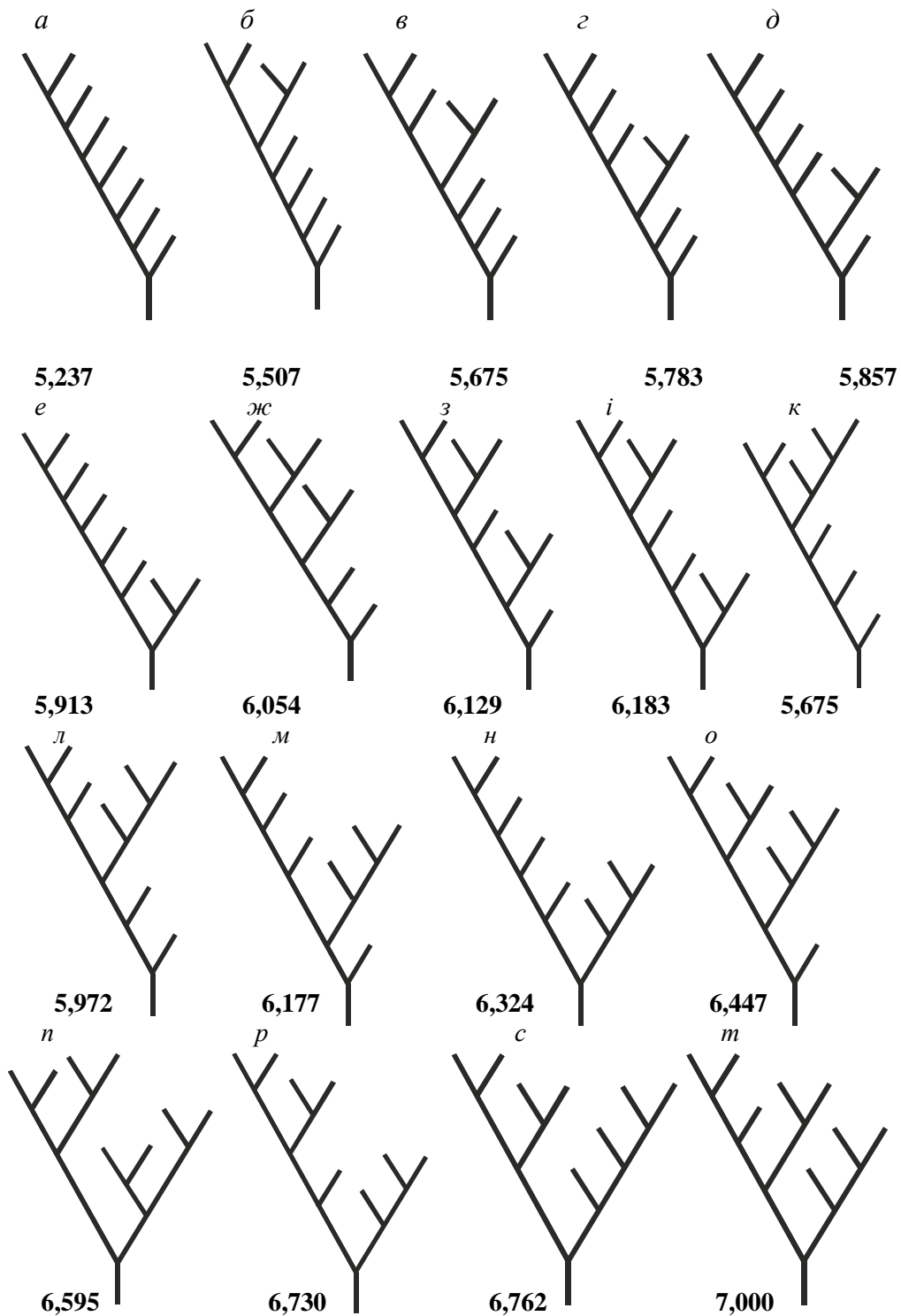


Рис. 6. Приклади різних за топологією річкових структур при $S_d = 8$
 Цифрами вказані значення структурної ентропії H

$\bar{H} \leq 1$, оскільки знаменник теоретично може бути рівним верхній межі структурної ентропії. Відмітимо лише, що коли $p(x_i') = p(x_i'') = 0,5$, то у такому випадку $H_{max} = 1$. Тому для річкових систем максимальна величина ентропії дорівнюватиме:

$$H_{max} = S_i - 1;$$

Розроблено комп'ютерну програму для розрахунку ентропійних показників річкових систем Закарпатської області, а також їх зв'язок із іншими гідрологічними показниками.

За результатами цих досліджень можна стверджувати, що для досліджуваної території виявлено наступні закономірності:

$$\alpha = \frac{H}{L_k} = const; \quad \beta = \frac{H}{F_k} = const; \quad \gamma = \frac{H}{Q_k} = const;$$

Таким чином із сказаного можна зробити висновок, що структурні показники річкових систем виступають як ефективний показник оцінки їх гідрографічних, гідрометричних і гідрологічних показників. При цьому слід зазначити, що вся інформація про структуру річкової мережі із існуючих і доступних (на сьогодні) топографічних карт є недостатньою. Усе це є можливим лише при умові використання топографічних карт хоча би масштабу 1:100 000.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Гарцман И.Н.* Проблема географической зональности и дискретность гидрометеорологических полей в горных условиях мусонного климата / И. Н. Гарцман // Тр. ДВНИГМИ. 1971, вып. 35, С. 3-35.
2. *Казанский Б.А.* Количественная характеристик структуры речных систем / Б.А.Казанский // Тр. ДВНИГМИ. 1976, вып. 54, С. 62-68.
3. *Карасев М.С.* Речные системы на примере Дальнего Востока / М.С.Карасев, Г.И. Худяков – М.: Наука. 1984. – 144 с.
4. *Ржаницын Н. А.* Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети / Н.А. Ржаницын – Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 238 с.
5. *Философов В. П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур / В.П.Философов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1960. - 69 с.
6. *Хортон Р. Н.* Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов / Р. Н.Хортон – М.: Изд-во иностр. лит., 1948. - 158 с.
7. *Scheidegger A. E.* On the topologic of river nets // Water, Res. - 1967. - vol. 3. - №1. - P. 103106.
8. *Schumm S. A.* Evolution of drainage systems and slopes in bedlands of Perth Amboy - New Jersey // Geol. Soc. Amer. Bull. - 1956. - vol. 67. - № 5. - P. 597-646.

9. *Shreve R. I.* Statistical law of stream of numbers. // *J., Geol.* - 1966. - vol. 74. - P. 17-37.
10. *Shreve R. I.* Infinite topologically random channel networks // *J., Geol.* - 1967. - vol. 75. - №2. - P. 178-186.
11. *Strahler A. N.* Hipsometrie (area-altitude) - analysis of erosial topography // *Geol. Soc. Amer. Bull.* - 1952. - vol. 63. - P. 1117-1142.
12. *Strahler A. N.* Statistical analysis in geomorphic research // *J. Geol.* - 1954. - vol. 62. - P. 1-25.

STRUCTURAL AND ENTROPY INDICATORS OF TRANSCARPATIA RIVER SYSTEMS

Yaroslav Khomyn

Ivan Franko National University of Lviv

Different types of Transcarpathia river systems classification models have been analyzed and the correlation between their order and hydrological, hydrographic indicators have been found. According to the correlation and regression analysis, Shreve's models and their structural and informational (entropy) indexes are proposed to be used as an indicator parameter.

Key words: river systems, classification models, hydromorphological coefficient (GMC), structural and informational (entropy) indexes, isomorphism.