

УДК 556.01:556.51/54

КІНДЮК Б.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАСШТАБУ ГЕОГРАФІЧНОЇ КАРТИ НА ТОПОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ Р.СІРЕТ

Мета дослідження вивчити топологічні характеристики річкової мережі р.Сірет і дослідити вплив масштабу географічної карти на їхні величини. Побудувати кількісні зв'язки між морфологічними показниками водотоків і числовими значеннями порядку водотоку при використанні карт різного масштабу.

В раніше опублікованих дослідженнях розглядався вплив масштабу географічних карт на деякі топологічні характеристики водотоків [1,6]. Проте, ці роботи виконані відносно рівнинних районів України, по річках басейну Дніпра і південних степових водозборах. Гірські річки Українських Карпат залишилися своєрідною “білою плямою” в такого роду дослідженнях. Крім того, з моменту опублікування результатів цих досліджень минуло від 30 до 50 років і цілком природно назріла необхідність продовжити наукові роботи в цьому напрямку.

Об'єктом дослідження стала р.Сірет, одна з найважливіших водних артерій фізико-географічного району Покутсько-Буковинських Карпат. Інтерес до басейну цієї річки зовсім не випадковий, оскільки на ній регулярно проходять високі зливові паводки, які спричиняють значний збиток народному господарству. Так, в ніч з 17 на 18 квітня 1999р. після випадіння інтенсивної зливи відбувся зсув ґрунту загальною площею 5км² біля с. Костинці Старожинецького району Чернівецької області. Внаслідок цього природного лиха зруйновано 45 будинків, 65 пошкоджено, вийшли з ладу лінії електропередач і зв'язку, загальна величина збитків оцінюється сумою в 5млн. гривень [5]. Інша потужна злива, яка випала 8 липня 1999р., призвела до підвищення рівня води в р.Сірет на 3-4м, сформувалась висока паводкова хвиля, яка

пошкодила 8 мостів, 10км шосейних доріг, лінії електропередач. Загальна сума витрат склала 1,3 млн.грн. [5].

Це дослідження є частиною більш великої роботи, присвяченої вивченню впливу масштабу географічних карт на характеристики структури гідрографічної мережі, а також параметрів підстильної поверхні річкових водозборів Українських Карпат.

Як вихідні дані використані географічні карти Чернівецької області масштабів М1:100000, 1:200000 і 1:300000. Залучались матеріали з типізації річок України та інші гідрографічні і топографічні посібники [4].

Теоретичним методом, використаним при виконанні цієї роботи, є ідея, сформульована американським вченим Хортоном щодо представлення річкової мережі як множини підпорядкованих між собою її гідрографічних елементів [7]. Як метричний крок ним запропоновано використовувати поняття порядку водотоку. Так, найпростіший нерозгалужений притоці присвоюється перший рівень ієрархії P_1 . Кожен наступний порядок утворюється при злитті двох приток з меншим на одиницю рівнем ієрархії [1,2,7]. Ця схема використана для бонітування річкової мережі р.Сірет. Точкою витоку цієї річки вважається с.Петровець, розташоване на висоті 740м над рівнем моря, де зливаються гірські струмки Черемош і Бурецькі. Впадає Сірет в р.Дунай на 187км від його гирла біля м.Галац на території Румунії. В межах України довжина річки – 100км, площа водозбору – 1510км², середній уклон – 44‰. Уже в самому верхів'ї р.Сірет має досить густу гідрографічну мережу і в точці свого утворення річка має порядок $P_1=3$. Нижче за течією біля с.Долишній Шепіт в неї впадає р.Звараш, яка відповідає третьому рівню ієрархії, тобто $P_1=3$. Злиття двох водотоків одного порядку тягне за собою утворення нового рівня ієрархії на одиницю більшого, тобто P_1 основної річки стає рівним чотирьом. Наступною притокою р.Сірет є р.Лопушна, що впадає в нього на початку однойменного села. Порядок цього водотоку дорівнює трьом і його приєднання до основної річки не змінить її порядку. Аналогічна ситуація зі струмком Сухий, що має $P_1=2$ і річкою Митова з $P_1=3$, які не впливають на порядок основного водотоку. Ситуація змінюється з впадінням р.Міхіндри біля с.Шадева, яка має такі гідрографічні характеристики: площа водозбору $F=168\text{км}^2$, довжина $L=32\text{км}$, $P_1=4$. З'єднання з цим водотоком підвищує на одну одиницю порядок р.Сірет і він стає рівним п'яти. Наступні притоки р.Сірет мають рівні ієрархії – $P_1=2$, р.Белка $P_1=3$, р.Дубовець $P_1=3$, струмок Глибочок $P_1=3$. Оскільки всі ці величини менше п'яти, їхнє впадіння не впливає на рівень ієрархії р.Сірет і він залишається незмінним. В районі с.Петричанка в основну річку впадає одна з її найкрупніших приток р.Малий Сірет. Свій початок цей водотік бере в гірському районі Покутсько-Буковинських Карпат на висоті більш ніж 1000м. Це досить велика річка, з площею водозбору $F=567\text{км}^2$, довжиною 61км, уклоном $I=10,4\text{‰}$, за своєю гідрографічною будовою вона відповідає п'ятому рівню ієрархії. Злиття двох однопорядкових річок з $P_1=5$ тягне за собою за схемою Хортона підвищення її рівня ієрархії і він стає рівним шести, $P_1=6$. Ця величина P_1 більше не змінюється до виходу р.Сірет з Чернівецької області та її переходу на територію Румунії. Виконання цієї частини дослідження дозволило розрахувати для кожного із порядків основної річки з $P_1=1$ і $P_1=6$ загальну кількість приток S_i , їхні площі водозборів F_i , середні довжини L_i і значення уклонів I_i (табл.1).

Так, кількість приток першого порядку в басейні р.Сірет до с.Сірет склала 314, другого – 77, третього – 18, четвертого – 5, п'ятого – 2 (табл.1). Аналогічні ряди складають середні довжини приток – 2,3; 6,3; 15,7; 29; 51; 90, а також величини площ водозборів F_i і уклонів річок I_i . Розглядаючи ці послідовності, неважко помітити, що

вони утворюють геометричні прогресії, причому площі і довжини – зростаючі, а загальна кількість приток і уклони – спадні. За відомими в математиці формулами підраховані числові значення спільних знаменників прогресій, які одержали такі позначення σ_0 , λ_0 , φ_0 , I_0 відповідно.

Таблиця 1

Топологічні характеристики і гідрографічні параметри річкової мережі р.Сірет

Річка-пункт	Найменування характеристики	П о р я д о к р і ч к и						Топологічний параметр	
		I	II	III	IV	V	VI	позначення	числове значення
Р.Сірет-с.Сірет F=1080км ² L=90км I=10,4‰	S _i	314	77	18	5	2	1	σ_0	3,28
	L _i	2,3	6,3	15,7	29	51	90	λ_0	2,11
	F _i	523	658	711	867	989	1080	φ_0	1,16
	I _i	33,6	24,6	22,8	19,6	16,8	12	I ₀	1,23

Виходячи з ієрархічної підпорядкованості річкових систем різних рівнів організації, Хортон сформулював чотири закони гідрографічної науки. Перший з них одержав назву закону чисел приток, другий – довжин приток, третій – площ водозборів і четвертий – річкових уклонів [7]. Підраховані за даними таблиці 1 значення чотирьох коефіцієнтів є доказом справедливості законів Хортон стосовно річок Українських Карпат.

Одержані топологічні характеристики річкової мережі можуть бути використані при вирішенні ряду практичних задач. В фізико-географічній науці такою серйозною проблемою є визначення густоти річкової мережі γ_F . Ця характеристика використовується при прокладанні трас трубопроводів, будівництві доріг, а також входить в деякі розрахункові формули для підрахунку найвищих модулів зливого стоку [4,6]. Для розрахунку значень густоти річкової мережі найчастіше використовуються два методи. По першому з них розрахунки виконуються з допомогою виділення елементарних майданчиків, а в основі другого методу лежить спосіб вимірювання довжин палеткою. Обидва методи досить складні, трудомісткі та потребують високих професійних навичок і уваги з боку дослідника.

В останні десятиріччя активно розвивається новий підхід до вирішення подібних задач за допомогою ГІС-технологій. Є ряд позитивних прикладів побудови інтерфейсу програмного забезпечення і розрахунку модельних вихідних параметрів у визначеному річковому басейні. Однак, їхнє широке впровадження в практичну діяльність є справою майбутнього через необхідність великої кількості детальної інформації.

Задача розрахунку густоти річкової мережі γ_F може бути вирішена аналітичним методом з використанням топологічних коефіцієнтів σ_0 і λ_0 . Теоретичний вивід формули для визначення γ_F представлений в роботі [3], тут наведемо лише кінцевий аналітичний вираз:

$$\gamma_F = \frac{L_1 \cdot \sigma_0^{k-1}}{F} \cdot \frac{\rho_0^k - 1}{\rho - 1}, \quad (1)$$

де L_1 – середня довжина приток першого порядку, ρ_0 – додатковий параметр, рівний відношенню λ_0/σ_0 .

Річка Сірет має сім основних приток, площі їхніх водозборів змінюються від 20 км² у р.Лопушна до 567 км² у р.М.Сірет – с.В.Петрівці (табл.2). Відповідно довжини річок знаходяться в діапазоні від 7 км до 61 км, уклони від 2,6‰ у р.Белка до 65,7‰ на р.Звараш. Значний також діапазон середніх висот річок досліджуваного району, які змінюються від 340 м у р.Белка до 930 м у р.Звараш (табл.1). Порядок водотоків, що визначається за схемою Р.Є.Хортон, є величиною не постійною, а залежить від масштабу географічної карти, по якій ведуться розрахунки. З даних таблиці 2 добре простежується зростання порядку річки (P_i) із зменшенням масштабу карти. Так, річка Звараш на карті М1:300000 відповідає другому рівню ієрархії, при масштабі 1:200000 – третьому, а на картах М1:100000 – четвертому порядку. Основна річка Сірет змінює свій порядок по цих картах від 4-го (М1:300000) до 8-го (М1:100000).

По кожній з карт трьох масштабів виконані розрахунки для всіх значень порядків P_i , чисел приток S_i , середніх довжин L_i , площ водозборів F_i і осереднених уклонів I_i . Це дозволило одержати числові значення топологічних коефіцієнтів σ_0 , λ_0 , F_0 і I_0 для восьми річок, розташованих на водозборі р.Сірет (табл.2).

Таблиця 2

Основні морфологічні характеристики, значення порядків водотоків по картах малих річок трьох масштабів басейну р.Сірет

№ п / п	Річка-пункт	Площа водозбору F , км ²	Довжина річки L , км	Уклон водотоку, I , ‰	Середня висота H , м	Величини порядків водотоків P_i по картах масштабу*		
						M_1	M_2	M_3
1	Звараш – гирло	21	7	65,7	930	4	3	2
2	Лопушна – гирло	20	8	54,1	790	4	3	2
3	Мигова – гирло	70,5	21	14,7	545	4	3	2
4	Міхідра – гирло	168	32	2,9	430	6	4	3
5	Белка – гирло	51,6	14	2,6	370	4	3	2
6	Малий Сірет – гирло	567	61	9,1	600	6	5	3
7	Котовець – гирло	71	18	3,16	340	4	3	2
8	Сірет – с.Сірет	1080	90	10,4	770	8	6	4

*) M_1 , M_2 , M_3 – масштаби географічних карт, відповідно М1:100000, 1:200000, 1:300000

Дослідження динаміки цих величин показало значний вплив знаменника масштабу карти M_k , по якій велись розрахунки. По всіх без виключення водотоках спостерігається зростання довжини річок першого порядку L_1 із зменшенням величини M_k (табл.3). Так, на р.Сірет – с.Сірет значення L_1 в трьох масштабах 1:100000, 1:200000, 1:300000 складають відповідно 1,84 км, 2,3 км, 2,85 км (табл.3).

У інших семи водотоків, незалежно від їхнього розміру, спостерігається подібна картина, тобто фіксується зростання L_1 із зменшенням знаменника масштабу карти. Інший топологічний параметр, коефіцієнт середніх довжин λ_0 , можна вважати відносно стабільним, хоча є деякі тенденції до його збільшення в міру укрупнення масштабу географічної карти (табл.3).

Такі закономірності в динаміці величин топологічних параметрів відбиваються на значеннях густоти річкової мережі, яка розраховується за

формулою (1). Підставляючи до неї значення коефіцієнтів σ_0 і λ_0 , а також значення середніх довжин водотоків перших порядків L_1 , площ водозборів F , по всіх восьми басейнах виконані розрахунки значень γ_F (табл.3). Цілком зрозуміло, що розраховані величини густоти мережі також виявились залежними від знаменника масштабу карти M_k . Однак характер зв'язку виявився значно складнішим, ніж у топологічних параметрів, оскільки в цьому випадку виявляється вплив значень середніх довжин річок першого порядку L_1 . Результатом цього є те, що числові величини густот річкової мережі змінюються при укрупненні масштабу карти. Так, якщо для р.Сірет – с.Сірет їхні значення дорівнюють 1,71, 1,55, 1,46 відповідно при $M_1:100000$, $M_2:200000$ і $M_1:300000$, то у малих річок ці різниці також істотні. Наприклад, на річці Белка величини густот по вищевказаних масштабах карт склали 1,86; 1,56; 1,15.

Таблиця 3

Залежність топологічних коефіцієнтів, густоти річкової мережі від масштабу географічної карти

№ п/п	Річка-пункт	Середні довжини приток першого порядку L_1			Величини коефіцієнтів довжин λ_0			Густота річкової мережі при масштабі карти		
		M_1	M_2	M_3	M_1	M_2	M_3	M_1	M_2	M_3
1	Звараш – гирло	0,5	1,0	1,3	2,4	2,5	2,3	2,01	1,81	1,68
2	Лопушна – гирло	0,4	0,8	1,2	2,7	2,75	2,7	1,82	1,67	1,41
3	Мигова – гирло	0,8	1,2	1,4	3,0	2,9	2,8	2,04	1,74	1,22
4	Міхідра – гирло	1,83	2,2	2,65	2,4	2,34	2,26	1,72	1,32	1,10
5	Белка – гирло	0,62	1,4	1,6	2,7	2,8	2,6	1,86	1,56	1,15
6	Малий Сірет – гирло	1,81	2,1	2,7	2,46	2,52	2,61	1,74	1,61	1,24
7	Котовець – гирло	0,56	1,1	1,4	2,72	2,64	2,51	1,56	1,42	1,17
8	Сірет – с.Сірет	1,84	2,3	2,85	2,21	2,11	2,05	1,71	1,55	1,46

Одержані дані по густотах річкової мережі дозволяють побудувати графік зв'язку між цією характеристикою і знаменником масштабу географічної карти. Враховуючи ту обставину, що числові значення цієї характеристики сильно варіюють на річках досліджуваного району, такий графік побудовано у вигляді безрозмірної величин γ_F . Для цього густота, що відповідає масштабу географічної карти $M_1:200000$, взята за 100%, а всі інші величини γ_F виражені в процентах від цієї, назвемо її еталонною, характеристики (рис.1).

Практичне використання такого графіка має ряд переваг, оскільки, маючи карту дрібного масштабу і підрахувавши для неї густоту річкової мережі, можна перейти до визначення цієї характеристики для карти дрібнішого масштабу. З метою перевірки застосовності запропонованого графіка виконано декілька паралельних розрахунків густот мережі для річок, які розташовані на водозборі р.Сірет, але не увійшли до вихідних даних. Обчислення значень густот виконувались у двох варіантах, перший з них із застосуванням формули (1), а другий – класичний спосіб, шляхом підрахунку довжин водотоків безпосередньо по картах. Тут слід відзначити, що два способи визначення густоти річкової мережі – аналітичний і картографічний – можуть давати між собою певні розходження. Вивчення умов їх застосування не входить в задачу цього дослідження, а повинно стати предметом окремої роботи. В цьому дослідженні

доводиться, що, маючи густоту, визначену будь-яким із 2-х способів, по безрозмірному графіку 1 можна перейти до густоти на картах інших масштабів. Ці значення γ_F будуть відповідати тому способу, яким визначена еталонна величина густоти річкової мережі. Перевірка, виконана в цьому дослідженні, показала близькість фактичних і обчислених величин γ_F , знятих з графіка 1, незалежно від способу їх одержання. Так, похибка розрахунків $\Delta\gamma_F$ для річок Міхідра та Мигова величини $\Delta\gamma_F$ дорівнюють відповідно ± 24 і 22% , що дозволяє позитивно оцінити запропонований спосіб підрахунку густоти річкової мережі.

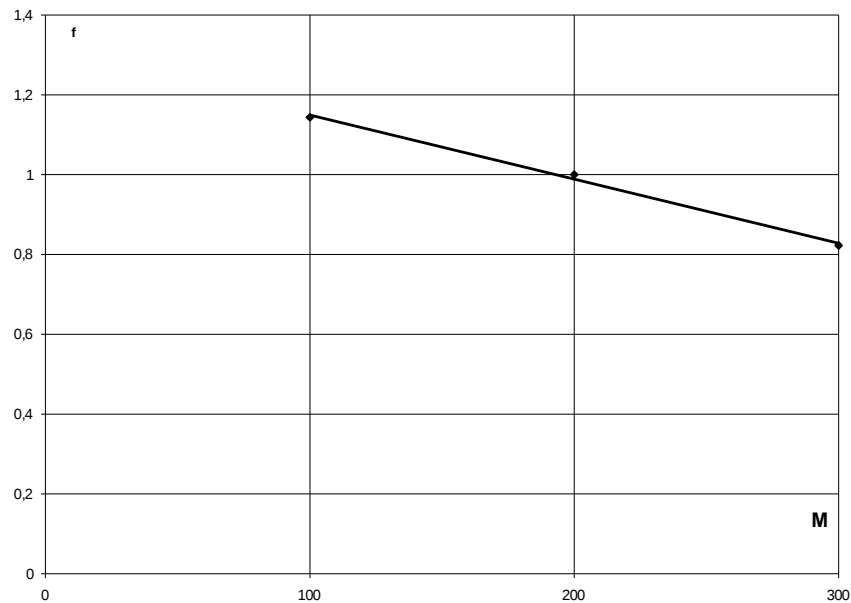


Рис.1. Залежність відносної густоти річкової мережі від масштабу карти

Результатом цього дослідження є :

1. використовуючи системний підхід для аналізу будови річкової мережі, виконаний підрахунок рівнів ієрархії малих водотоків, розташованих на водозборі р.Сірет;
2. обраховані величини чотирьох топологічних параметрів мережі р.Сірет до с.Сірет;
3. показаний вплив масштабу географічної карти на величини числових значень порядків річок, коефіцієнтів біфуркації σ_0 і довжин λ_0 ;
4. досліджена динаміка значень густоти річкової мережі в залежності від масштабу географічної карти, побудований безрозмірний графік, який дозволяє визначити її величину при різних значеннях масштабу;
5. виконана перевірка запропонованої методики на незалежному матеріалі шляхом використання даних по густоті мережі, підрахованих безпосередньо по карті та аналітичним методом.

Задачею подальших досліджень є перевірка запропонованого методу підрахунку густот річкової мережі по картах різного масштабу для інших гірських річок Карпатського регіону з метою побудови територіально загальної залежності.

1. Гарцман И.Н. Топология речных систем и гидрографические индикаторные исследования. – Водные ресурсы. – 1973. – № 3 – С.109-124. 2.Киндюк Б.В. Гидрографическая сеть и водность рек Уж, Латорица, Боржава. «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія», –К., Київський національний університет ім.Т.Шевченка, 2003. – Т. 5. – С.57-64. 3.Киндюк Б.В. Количественная оценка гидрографической сети некоторых рек Закарпатья. “Картографія та вища школа”, Київський національний університет ім. Т. Шевченка, 2003. -

Вип. 8 - С.103-109. 4.Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6, вып.1. Западная Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометеиздат, 1970, 492С. 5.Ромашенко М., Савчук Д., Козак В., Решетова О. Хроніка і характеристики водних стихій в Україні у 1991-2001 роках. Водне господарство України, 2002. - №5-6. - С.38-46. 6. Панов Б.П. Количественная характеристика речной сети. Труды ГГИ. – 1948. - Вып.4 (58). - С.122-149. 7.Хортон Р.Е. Эрозийное развитие рек и водосборных бассейнов. – М., Издательство иностранной литературы, 1948.

The estimation of influence of scale of geographical cards on quantitative characteristics of a Siret river network is executed.