

УДК 911.2:556

ТРАНСФОРМАЦІЯ СТРУКТУРИ РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ БАСЕЙНОВОЇ ГЕОСИСТЕМИ Р. БЕРЕЖНИЦЯ

І. Ковальчук¹, П. Шубер², О. Швець², Ю. Андрейчук²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Васильківська, 17, м. Київ, 03040, Україна

²Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. П. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна

Здійснено параметризацію річкової системи Бережниць (правобережний доплив Дністра) станом на 1880, 1945 та 2009 роки, яка стала основою для створення геоінформаційної моделі структури річкової мережі. Обчислено коефіцієнти трансформації довжини і чисельності водотоків однакового порядку, які відображають зміни структури річкової мережі протягом 130-річного періоду. Розглянуто вплив кліматичних умов (опади та температурний режим) на процеси формування річкової мережі і, відповідно, на спрощення чи ускладнення її структури.

Ключові слова: ГІС-технології, коефіцієнт трансформації, мала річка, порядок водотоку, структура річкової системи.

Проблема охорони і раціонального використання малих річок віднесена до числа найважливіших державних проблем. Малі водотоки є найслабкішою ланкою у системі “людина–довкілля”, найбільш вразливою і схильною до стрімких негативних перетворень при нехтуванні основних вимог до ґрунтозахисної системи землеробства, порушенні правил зберігання та внесення органічних і мінеральних добрив, пестицидів, режиму функціонування осушувальних систем, надмірному регулюванні стоку, високому рекреаційному і поселенському навантаженні. На даному етапі господарювання багато малих водотоків нашої держави характеризуються поганою якістю води, збідненим рослинним і тваринним світом. Надмірне використання природних ресурсів їх водозборів у господарстві порушує природний гідрохімічний, гідробіологічний та гідрологічний режим, зменшує водність аж до зникнення водотоків, викликає спрощення структури річкової мережі. Важливим етапом виявлення таких змін є структурний аналіз річкової мережі та оцінювання масштабів його трансформаційних змін впродовж значного періоду.

Результати дослідження стану, структури і трансформаційних процесів, що відбуваються у річкових мережах, висвітлені у працях Р. Хортон, А. Стрелера, А. Шайдеггера, Р. Шріва, Ю. В. Горбунова, Б. А. Казанського, Л. М. Коритного, В. М. Голосова, Н. І. Лобанової, В. І. Мозжеріна, В. М. Широкова, І. А. Шикломанова, І. П. Ковальчука, В. І. Вишневецького, О. Г. Ободовського,

Я. О. Мольчака, П. І. Штойка, Л. Ф. Дубіс, Т. С. Павловської, М. А. Петровської, Ю. М. Андрейчука, Л. П. Курганевич, Р. В. Хімка, О. З. Ревери, Ю. О. Кисельова та ін. учених. Недостатньо вивченими залишаються питання, пов'язані з оцінкою змін клімату та їхнього впливу на стан і функціонування річкових систем.

Для визначення складності будови гідромережі найчастіше використовують методика Р. Хортон та А. Стралера, яка базується на визначенні порядків водотоків [7, 8]. За даною методикою перший порядок присвоюється притоці, в яку не впадає жоден водотік. Коли два елементи рівного порядку зливаються, утворюється водотік вищого порядку. При сполученні різнорядкових елементів, новоутвореному надається порядок старшого з двох. Таким способом послідовно визначають порядки всіх водотоків. Найвищий порядок, який замикає мережу, присвоюють всій річковій системі.

Під *структурою річкової системи* розуміють сукупність елементів (водотоків), їхнє просторове розміщення та взаємодію [3]. Для визначення структури річкової мережі р. Бережниця враховували всі водотоки природного походження, які мають поверхневий стік і входять до річкової системи, а також ті, які мають тимчасовий зв'язок з гідромережею (при повенях та паводках).

Параметризація гідромережі здійснювалася у програмному продукті ArcGIS [6] за цією методикою напівавтоматизованим способом, при якому виконувалася її векторизація у форматі *shp* (*shp) на основі топографічної карти. Була створена атрибутивна таблиця, в яку вносили дані про порядок водотоків, та за допомогою функції "*Calculate Geometry*" обчислена довжина кожного з них. На основі створеної атрибутивної таблиці, використовуючи функцію *Summarize*, отримані дані про кількість і довжину різнопорядкових приток.

Шляхом порівняльного агалізу різночасових топографічних карт, на основі яких проведена параметризація річкової мережі, створюється можливість оцінити масштаби трансформації річкової мережі річки Бережниця. Для визначення трансформаційних процесів використовували топографічні карти WGI 1922, 1880, 1945 рр. та космознімки *QuickBird* 2009 р. Базуючись на непрямах дешифрувальних ознаках, можна отримати інформацію про динаміку по одиночному знімку, проте серія різночасових карт та знімків представляє більше можливостей, оскільки характеризує розвиток, фіксуючи на кожному з них певні етапи змін, їх інтенсивність. Вивчення трансформаційних змін специфічне – воно включає в себе дослідження як ряду різночасових зображень, так і одиничних, що входять в цей ряд.

На основі отриманої бази даних довжин та кількості водотоків різного порядку в річковій системі, обчислено коефіцієнт трансформації річкової мережі, який визначався за формулою [3]:

$$K_{l,n} = (1 - \frac{\sum_{i=1}^n l_2 n_2}{\sum_{i=1}^n l_1 n_1}) * 100 \%,$$

де $K_{l,n}$ – коефіцієнт трансформації довжини або кількості річок кожного порядку у річковій системі, l_2, n_2, l_1, n_1 – довжини і кількість рік n -го порядку станом на останній і попередній період досліджень, відповідно, n – порядок річки, визначений за методикою Хортон-Стралера.

Річка Бережниця бере початок поблизу села Тисів за 8 кілометрів на південний захід від селища з такою ж назвою. Вона є правою притокою ріки Дністер. Протікає територією трьох адміністративних районів: Жидачівського та Стрийського Львівської області і Долинського Івано-Франківської області. Річка третього порядку, її довжина 56 км, площа басейну 182 км². Глибина річки 0,5–1,0 м, іноді до 3,0 м, швидкість течії 0,3–0,5 м/с, середня ширина русла 1,5–3,0 м. В річковій системі є 29 струмків [1].

Живиться ріка талими сніговими, дощовими та підземними водами, значення кожного з цих трьох джерел живлення є різним, але питома вага кожного з них не перевищує 50 % [5].

У формуванні режиму стоку річки, гідрологічних процесів та розвитку річкової мережі важливу роль відіграють тенденції кліматичних змін в регіоні, які особливо важливі для підтримання водності річок, стабілізації їх стану і збалансованого розвитку при зменшенні антропогенного навантаження. Особливо важлива в цьому аспекті динаміка температури та атмосферних опадів, аналіз яких для регіону здійснено на основі опрацювання кліматичного ряду за даними метеорологічної станції Стрий за період 1961–2010 рр. (рис. 1).

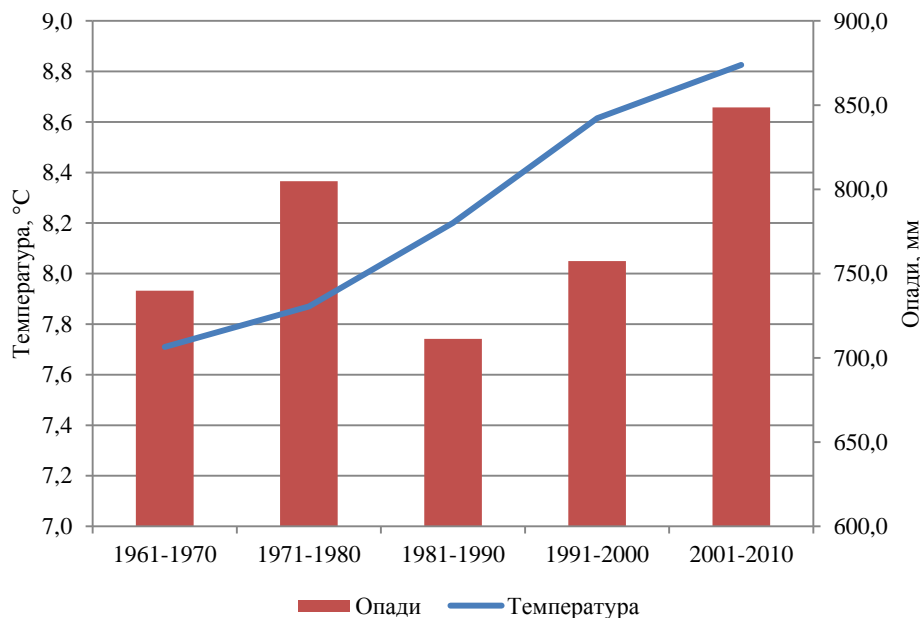


Рис. 1. Динаміка середніх за десятиліття величин температури повітря й атмосферних опадів в період 1961–2010 років (за даними спостережень на метеостанції м. Стрий [4])

Аналіз змін температури повітря показує, що протягом 50-ти років в басейні р. Бережниця спостерігається неперервний ріст температури, що склав для вказаного періоду 1,1 °С. Особливо активно ці зміни відбувалися у 70-ті та 80-ті роки ХХ століття, коли приріст по десятиліттях становив 0,3–0,4 °С, а на початку періоду в 60-х роках ХХ ст. та в кінці періоду, в першому десятилітті ХХІ ст. цей приріст становив 0,2 °С на десятиліття. При цьому середня температура повітря для вказаного періоду склала 8,2 °С і починаючи з 90-х років ХХ ст. в останнє десятиліття перевищила на 0,6 °С. Значною є також і річна динаміка температури повітря, яка склала величину в 3,3 °С (рис. 1).

Динаміка температури є тим фактором, який визначає величину випаровування та розвитку місцевих конвекційних опадів, розвиток яких особливо важливий для теплого періоду року, що визначає паводковий і меженний режим стоку, які суттєво впливають на функціонування річкової мережі, особливо при зменшенні меліоративного регулювання з боку людини.

Крім температурного режиму, на трансформацію і підтримання функціонування річкової мережі суттєво впливає також динаміка атмосферних опадів. Її риси для вказаного періоду характеризуються більш складним розподілом, ніж розподіл температури. Він більше відповідає синусоїдальному розподілу, але при постійному їх зростанні від початку до кінця аналізованого періоду. При цьому найменше перевищення величин на 43,9 мм спостерігали між останнім десятиліттям періоду та 70-ми роками ХХ ст., тоді як максимальне перевищення на 137,4 мм було між останнім десятиліттям періоду та 80-ми роками ХХ ст. Цей показник перевищив попередню величину у три рази. Найбільше зростання кількості опадів (на 91,3 мм) спостерігалось між останнім десятиліттям ХХ ст. і початковим десятиліттям ХХІ ст. Цей чинник є суттєвою природною передумовою для відновлення природного режиму функціонування річкової мережі при зменшенні антропогенного втручання (через зменшення меліоративного регулювання річкового стоку в останні десятиліття). Цьому процесу сприяють також різкі зміни середньорічних величин атмосферних опадів, які для вказаного періоду мають амплітуду змін у 691,9 мм, перевищуючи мінімальні величини в 1,8 рази. Це створює передумови для посилення неоднорідностей у стані річкової мережі: при недостатній кількості атмосферної вологи в період межені відбувається деградація мережі, тоді як у дощові роки спостерігається її відновлення, активізація ерозійної та акумулятивної діяльності.

Господарське освоєння басейнових геосистем малих річок, яке посилювалося у ХХ ст., призвело до суттєвих змін у структурі річкових систем. Це ми можемо спостерігати на різночасових зрізах стану річкової мережі. Використовуючи великомасштабні топографічні карти 1880, 1945, 2009 років та космоснімки, можна оцінити трансформацію річкової мережі за різні проміжки часу. В таблиці 1 наведені коефіцієнти трансформації річкової системи Бережниці.

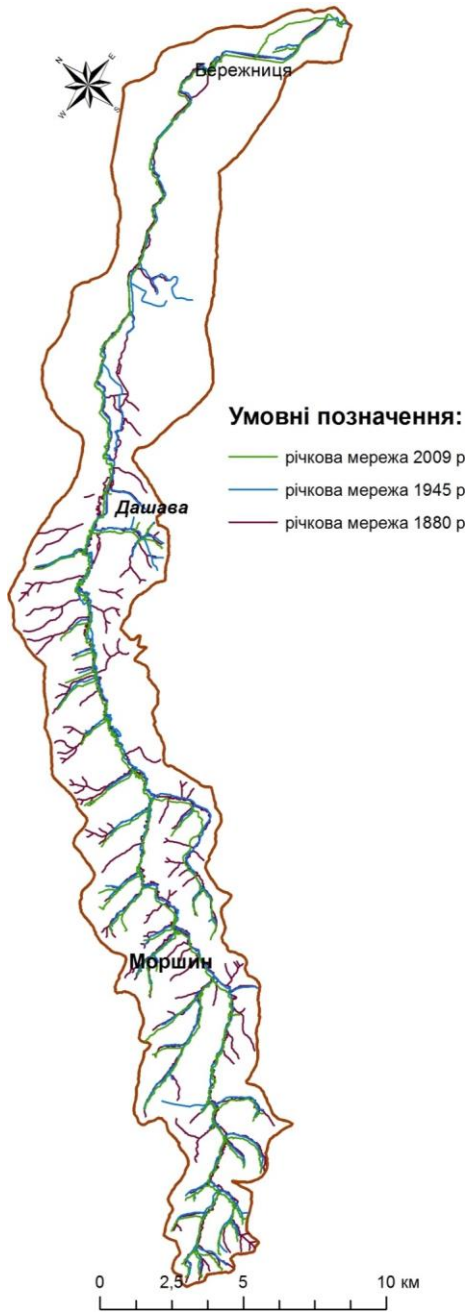


Рис. 2. Багаторічні зміни малюнка річкової мережі Бережницьі

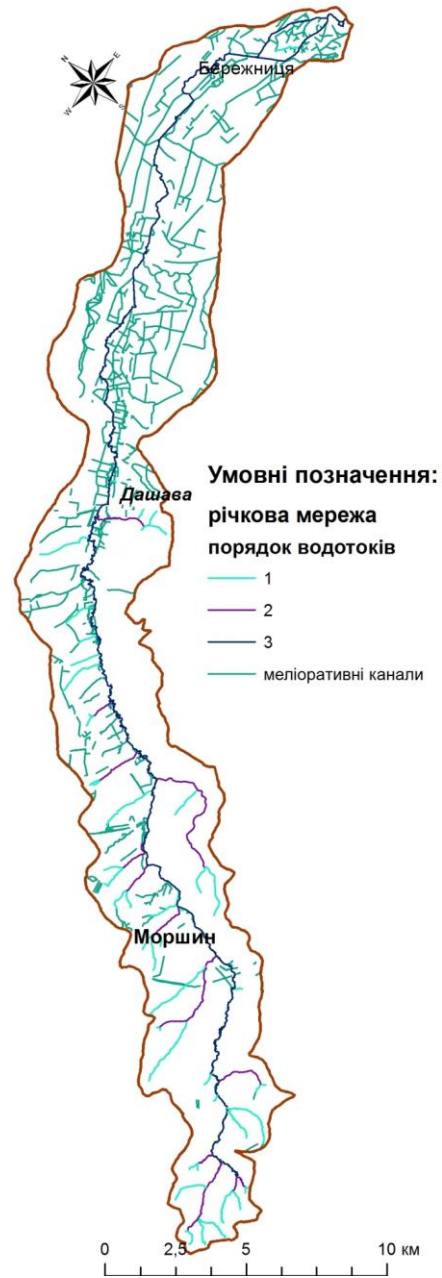


Рис. 3. Структура річкової мережі Бережницьі станом на 2009 р.

Таблиця 1
Трансформація структури річкової системи Бережниць в XIX–XXI ст.

Ранг річки	Роки	Кількість річок	Коефіцієнт трансформації, %		Сумарна довжина річок, км	Коефіцієнт трансформації довжини, %	
			окремий	сумарний		окремий	сумарний
I	1880	142	-57,75	-64,08	81 906,8	-35,28	-44,73
	1945	60	-15		53 006,35	-14,6	
	2009	51			45 267,20		
II	1880	43	-67,44	-67,44	47 871,52	-54,36	-50,16
	1945	14	0		21 848,94	-9,2	
	2009	14			23 860,02		
III	1880	9	-77,78	-88,89	30 823,86	13,12	128,23
	1945	2	-50		34 868,94	101,76	
	2009	1			70 351,41		
IV	1880	1	0	-	70 785,87	-60,17	-
	1945	1	-		28 192,85	-	
	2009	-			-		
V	1880	195	-61,03	-66,15	225 897,6	-38,95	-38,26
	1945	76	-13,16		137 917,1	1,13	
	2009	66			139 478,6		

Як бачимо, структурні зміни у річковій системі Бережниць мають регресивний характер трансформації. Кількість водотоків протягом 130-річного періоду суттєво змінилася: зникло 129 водотоків з 195, які існували наприкінці XIX ст.; на початку XXI ст. їх число скоротилося до 66. Особливо несприятливим був період 1880–1945 рр., коли зникло більше 61 % водотоків, а їх загальна довжина зменшилась на 39 %. В наступний період, який за тривалістю є приблизно таким же, як і попередній, кількість водотоків зменшилась всього на 13 %, а їх сумарна довжина навіть дещо зросла. Це пояснюється тим, що зменшився антропогенний тиск на каналізоване всередині XX ст. русло і воно, у свою чергу, набуває свого більш природного вигляду, створюючи нові чисельні звивини на місці спрямлень.

Також в багатьох місцях русло створює додаткові рукави, що теж позначається на збільшенні сумарної довжини водотоків, попри зникнення дев'яти водотоків першого рангу.

За перший обліковий період число водотоків третього порядку зменшилось на 78–79 %, до мінімально необхідного для утворення річки наступного, четвертого порядку. Протягом цих років зникли 82 річки першого

порядку та 29 другого порядку, при цьому зменшилась їх сумарна довжина на 35 і 54 % відповідно.

Протягом наступного облікового періоду зникло тільки 10 річок, що призвело до зменшення порядку всієї річкової системи; додатні коефіцієнти трансформації тут спостерігаються у водотоків третього порядку, оскільки зменшився порядок річки і та частина головної ріки, яка мала четвертий порядок, додалася до третього порядку, якого річка набула вже на перших кілометрах течії.

Стосовно рівня складності структури річкової системи, то у 1880 р. реальне число річок різних порядків у 6,3 раза перевищувало мінімально необхідне, у 1945 р. – у 2,45 раза, у 2009 р. – за рахунок зменшення порядку річкової системи Бережниці – у 4,4 раза. Середнє значення довжини елементарних водотоків зростало з кожним періодом. У першому обліковому періоді вона становить 1,16 км, у другому – 1,82 км і 2,11 км у третьому.

Проте не слід забувати, що в нижній частині басейну поряд з природними водотоками функціонують значні за площею осушувальні системи (5 180 га) [2], які впливають на гідрологічний режим головного водотоку та збільшують надходження в річкову систему дренажних вод, а з ними і залишків мінеральних добрив та засобів захисту рослин.

Кліматичні тенденції для басейну р. Бережниця характеризуються наростанням середньорічної температури повітря і кількості атмосферних опадів. При цьому більш стабільний тренд спостерігається для температури. Це створює різнонаправлені природні передумови тренду трансформації річкової мережі і змін її стану, особливо в останні десятиліття. Наростання температури стає причиною збільшення величини випаровування, що веде до зменшення водності в межах басейну, наростання конвекції в регіоні – першопричини грозових опадів. Збільшення кількості атмосферних опадів є сприятливою передумовою інтенсифікації відновлення річкової мережі.

Аналіз коефіцієнтів трансформації сумарної кількості та протяжності річок у басейновій геосистемі р. Бережниця за період з 1880 до 2009 рр. вказує на зменшення числа водотоків різних рангів та їхніх довжин, що призвело до зменшення порядку річкової мережі з четвертого до третього. Найбільші зміни відбулися протягом першого облікового періоду (з 1880 до 1945 рр.), коли зникло більше 61 % різнорангових водотоків, а їх загальна довжина зменшилась на 39 %. Протягом 1945–2009 рр. спостерігається зменшення кількості водотоків на 13 % та невелике зростання їх сумарної довжини. Це пояснюється зменшенням антропогенного тиску на каналізоване в минулому русло, що призвело до ренатуралізації річкової мережі за рахунок збільшення звивистості.

1. Географічна енциклопедія України / за ред. М. П. Бажана. – К.: В-во Українська енциклопедія, 1993. – Т. 1. – 414 с.

2. Державний комітет України по водному господарству. Основні показники технічної експлуатації осушних систем і використання осушних земель в Жидачівському управлінні осушних систем. – Львів, 1989. – 42 с.

3. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / І. П. Ковальчук. – Львів: Інститут українознавства, 1997. – 440 с.
4. Метеорологический ежемесячник. – Вып. 10, Ч. 2. – Обнинск, № 1–12, 1961–1991 гг.
5. Сакаль Є. Географія Стрийщини / Є. Сакаль. – Стрий: Щедрик, 2005 – 172 с.
6. ESRI ArcGIS 9. ArcMap. Руководство пользователя. – Redlands : ESRI PRESS, 2004. – 558 с.
7. Horton R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology / R. E. Horton // Geological Society of America Bulletin. – 1945. – 56 (3). – P. 275–370.
8. Strahler A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology / A. N. Strahler // Geological Society of America Bulletin. – 1952. – 63 (11). – P. 1117–1142.

*Стаття: надійшла до редколегії 16.05.2013
доопрацьована 12.07.2013
прийнята до друку 25.09.2013*

THE RIVER NETWORK STRUCTURE TRANSFORMATION IN BEREZHNYCYA RIVER BASIN GEOSYSTEMS

I. Kovalchuk¹, P. Shuber², O. Shvets², Y. Andreychuk²

¹*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Vasyl'kivska Str., 17, Kyiv, UA-03040, Ukraine*

²*Ivan Franko Lviv National University,
P. Doroshenko Str., 41, Lviv, UA-79000, Ukraine*

The parameterization of Berezhnyca (right tributary of Dnister) river network as at 1880, 1945 and 2009 years, which became as main component in complex geoinformational model, was made. In research also was made calculations of water flows length and count transformation coefficient. Results showed a river structure changes along 130 years period. The climatic conditions (precipitation and temperature regime) influence on processes of river network forming, and therefore on their structure simplification and complication was considered.

Key words: GIS technologies, transformation coefficient, small river, water flow order, river system structure.

ТРАНСФОРМАЦІЯ СТРУКТУРИ РЕЧНОЇ СЕТИ БАСЕЙНОВОЇ ГЕОСИСТЕМИ Р. БЕРЕЖНИЦА

И. Ковальчук¹, П. Шубер², О. Швець², Ю. Андрейчук²

¹*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ул. Васильковская, 17, г. Киев, 03040, Украина*

²*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. П. Дорошенко, 41, г. Львов, 79000, Украина*

Осуществлена параметризация речной системы Бережницы (правобережная притока Днестра) состоянием на 1880, 1945 и 2009 годы, что стала основой для соз-

дания геоинформационной модели структуры речной сети. Рассчитаны коэффициенты, трансформации длины и количества водотоков одинакового порядка, которые отображают изменение структуры речной сети на протяжении 130-летнего периода. Рассмотрено влияние климатических условий (осадки и температурный режим) на процессы формирования речной сети и, соответственно, на упрощение или усложнение её структуры.

Ключевые слова: ГИС-технологии, коэффициент трансформации, малая река, порядок водотока, структура речной системы.