

ГЕОГРАФІЯ

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-11>

УДК 551.4

Надійшла 3 лютого 2025 р.

Прийнята 13 березня 2025 р.

Основні закономірності сучасної морфодинаміки річок Карпатського регіону

Галина Байрак

к. геогр. н., доцент, докторант кафедри геоморфології і палеогеографії географічного факультету
Львівського національного університету імені Івана Франка, Львів, Україна,
e-mail: halyna.bayrak@lnu.edu.ua,  <http://orcid.org/0000-0002-4802-2706>

У статті розкрито види та загальні закономірності морфодинаміки річок Карпатського регіону на основі різночасової картографічної та супутникової інформації. Методи досліджень – ГІС-технології, методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), картографічний, порівняльний, польові дослідження. Зокрема, використано програмне середовище QGIS, в якому було геокодовано карти та супутникові дані різних часових зрізів. Для аналізу динаміки русел було використано карти 1870–1940-х років з ресурсу "Mapy archiwalne Polski i Europy" масштабів 1:75 000 і 1:100 000, топографічні карти 1950–1990-х років масштабів 1:50 000 і 1:100 000, карти з ресурсу Open Street Map 2014 р., супутникові дані 2005–2021 років з ресурсу Google Earth розрізненням 1 м/пікс та ресурсу EO Browser 2024 р. (розрізнення 10 м/пікс). Було виділено сім морфологічних типів річкових русел: однорукавне пряме, однорукавне злегка звивисте, однорукавне меандроване, дворукавне пряме, дворукавне злегка звивисте, багатукавне пряме, багатукавне злегка звивисте. Після того проаналізовано характер змін цих типів русел у часі. Інформацію про морфодинаміку русел було згруповано у десять часових зрізів станом до екстремальних паводків 1900, 1927, 1941, 1969, 1980, 1989, 2008, 2014 і 2020 років, а також стан на 2024 р. Було обчислено кількість типів русел станом на певний часовий зріз по відношенню до загального числа даних на цей період. На основі аналізу морфодинаміки русел були виділені основні види зміщень: поперечний і поздовжній. До поперечних видів відносимо: паралельне зміщення русел відносно осі заплави, зміни однорукавних на дво- і багатукавні, розширення радіуса меандрів, їхнє розвернення на 180°, зміни типу меандрів, відмирання рукавів у розгалужених руслах. Поздовжні види зміщень такі: зміни довжини поясу меандрування, зміщення меандрів вниз за течією, зміни їхніх шийок і вершин, зміщення рукавів вниз за течією. Було показано, що відрізки річок, маючи певну форму і змінюючись по латералі, за деякий період часу повертаються до вихідної форми, тобто відбувається певний цикл змін ділянок русел. Врахування особливостей річкової морфодинаміки важливе для планування освоєння заплави і низьких терас, проектування безпечних і стійких споруд, які не зазнаватимуть ушкоджень від змін русел річок.

Ключові слова: морфодинаміка, морфологія русел, річки, горизонтальні деформації, типи русел, ГІС-технології, ДЗЗ, Карпатський регіон.

Як цитувати: Байрак Галина (2025). Основні закономірності сучасної морфодинаміки річок Карпатського регіону. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», (62), 146–159. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-11>

In cites: Bayrak Galyna (2025). Main patterns of modern river morphodynamics of the Carpathian region. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology, (62), 146–159. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-11> [in Ukrainian]

Вступ. Морфодинаміка річок є діяльним різновидом морфодинаміки рельєфу, рушійною силою у розвитку річкових долин, яка постійно змінює їхні обриси. Динаміка річок відіграє ключову роль у формуванні морфології земної поверхні, річки активно змінюються самі і впливають на зміни компонентів середовища [10]. Розуміння морфодинаміки річок важливе для забезпечення безперебійного функціонування інфраструктури, безпеки діяльності і проживання людей, ефективного управління водними ресурсами. Дослідження морфодинаміки річок є пріоритетним у Карпатському регіоні, який відрізняється своєрідністю природних умов, густою мережею річок, значними коливаннями їхньої водності, ризиками паводків та активними річковими переформуваннями.

© Байрак Галина, 2025

Мета роботи: дослідити види та загальні закономірності морфодинаміки річок Карпатського регіону на основі різночасової картографічної та супутникової інформації.

Методи досліджень. Авторські дослідження морфодинаміки річок виконувалися для таких відрізків: Бистриці Тисменицької від краю Карпат до с. Озими (Байрак, 2024) [4]; Дністра на відрізку Стрілки–Тершів (Байрак, 2024) [2]; Підбужа (Байрак, 2016) [3]; Стривігора (Байрак, Ковальчук, 2017) [5]; Тиси на перетині Вулканічного хребта (Байрак, 2011, 2024) [6, 2]; Чечви на відрізку Спас–гирло Лімниці. Окрім власних досліджень динаміки русел, у статистиці враховувалися дослідження відрізків річок таких авторів: Сельського і Ковальської (2007) – р. Бистриця від Івано-Франківська до гирла Дністра [16]; Горіш-

нього (2024) – Дністер від Ст.Самбора до Самбора [9]; Бурштинської та ін. (2017) – Дністер на відрізку Чайковичі–Миколаїв [7]; Радзія та ін. (2018) – Дністра на відрізку Розділ–Галич [13]; Ющенко (2005) – Прута в м. Чернівці [18]; Рибак і Дубіс (2021, 2024) – Сукиль на відрізку Буковець–Болевихів [14, 26]; Горішнього (2014) – Стрий на відрізку Стриганці–Заліски [8] (рис. 1). Деякі дослідження авторів були доповнені сучасними авторськими опрацюваннями супутникових даних.

Для відображення морфодинаміки карпатських річок були використані ГІС-технології, зокрема, програмне середовище QGIS, в якому було геокодовано карти та супутникові дані різних часових зрізів. Після цього виконано векторизацію русел річок станом на кінець XIX, XX та початок XXI ст. Було використано карти 1870–1940-х років з ресурсу "Mapy archiwalne Polski i Europy" масштабів 1:75 000 і 1:100 000, топографічні карти 1950–1990-х років масштабів 1:50 000 і 1:100 000, карти з ресурсу Open Street Map 2014 р., супутникові дані 2005–2021 років з ресурсу Google Earth

розрізненням 1 м/пікс та ресурсу EO Browser 2024 р. (розрізнення 10 м/пікс).

Ключові чинники морфодинаміки річок.

Морфодинаміка досліджуваних річок найчастіше відбувається на Передкарпатській височині, хоч всі річки беруть початок у гірській області Українських Карпат. Їхні русла на Передкарпатті належать до напівгірського та рівнинного типів, за Чаловим (1986). У передгірській області переважають широкозаплавні геоморфологічні умови формування русел, за яких вони здійснюють горизонтальні деформації, в гірській – здебільшого врізані та адаптовані типи, у яких можливостей для переформування русел значно менше. Поздовжні ріки гірської області Карпат теж мають широкозаплавні типи русел, у яких, як правило, змінюється коефіцієнт звивистості, що було показано на прикладі р. Підбуж [3]. Поперечні до простягання Карпат річки мають вервицеподібну в плані будову долин, тому морфодинаміка можлива в місцях їхніх розширень, що можна побачити на прикладі динаміки русла Дністра у нижній гірській течії [2].

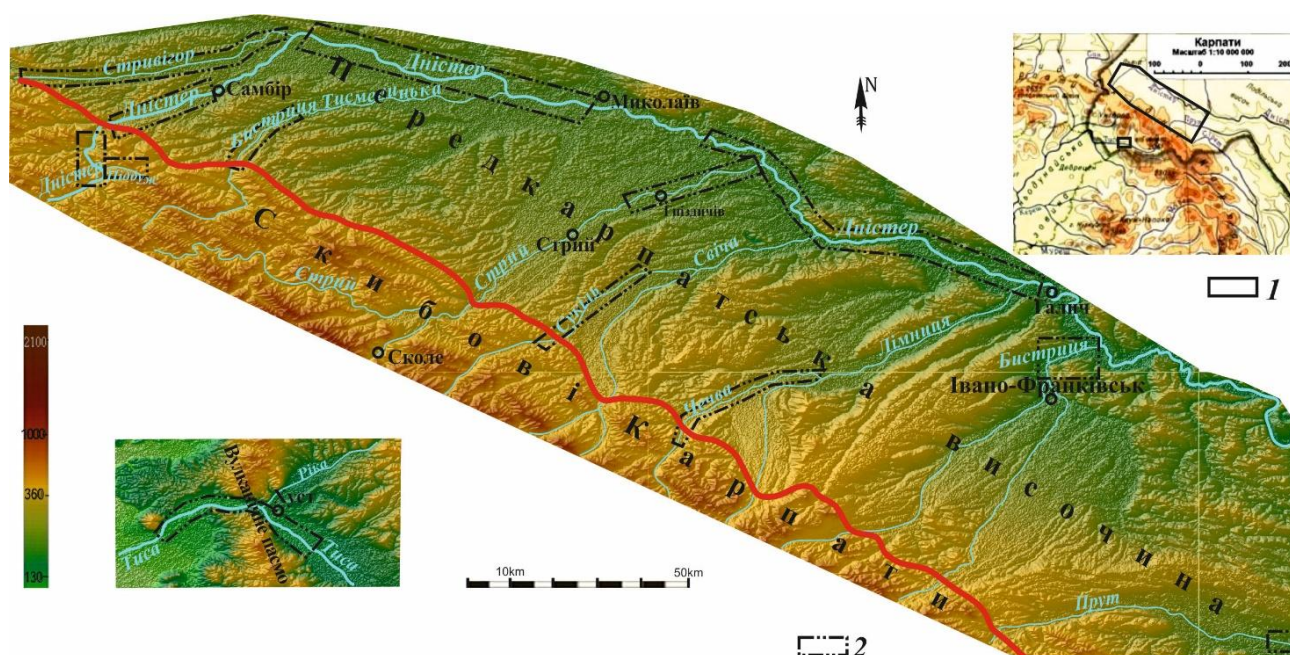


Рис. 1. Територія досліджень (розробка авторки на основі даних SRTM). Умовні позначення:

1 – межі території; 2 – ділянки русел, на яких вивчалася морфодинаміка різними авторами /

Fig. 1. Research area (author's design based on SRTM data). Legend:

1 – boundaries of the area; 2 – sections of channels where morphodynamics were studied by different authors

Береги карпатських річок, за нашими спостереженнями, складені галечниками з піщано-гравійним і суглинистим заповнювачем, з домішками валунів. Валуни, галька і гравій представлені переважно пісковиками, рідше кременями, вапняками, а у деяких річок, наприклад, Бистриці – мергелями. Всі фракції, винесені з гір, добре обкатані, а з віддаленням від гір зменшується розмір уламків. Уламковий та піщаний склад відкладів берегів не перешкоджає динаміці русел.

Морфодинаміка річок у великій мірі залежить від ухилу дна потоків. У гірській частині, де річки мають врізані русла, за нашими дослідженнями, ухили сягають 80–100 ‰, швидкості течії – 1,4–1,7 м/с. За таких характеристик потоки, як правило, прямолінійні, їхня морфодинаміка незначна. В улоговиноподібних розширеннях та при виході з гір ухили спадають до 5–10 ‰, швидкості течії – 0,7–0,8 м/с. За таких умов русла здебільшого однорукавні та мають тенденцію змін ступе-

ня звивистості. На передгірських ділянках із широкими заплавами ухили сягають 3–5 %, швидкості течії 0,3–0,6 м/с. Тут спостерігається динаміка як звивистості річок, так і переходи від однорукавного до розгалуженого русла і навпаки.

Дослідження кліматичних особливостей і закономірностей річкового стоку карпатських річок були висвітлені в ряді публікацій [1, 15, 17]. Найважливішими передумовами переформування русел річок є режим та кількість опадів, зокрема, тривалість та сила дощів, а безпосереднім чинником – екстремальні паводки. Так, наприклад, дуже сильні дощі випали 22–28.07.2008 р., сума опадів за цей період у Львівській обл. склала 310 мм, тобто 110–250% місячної норми опадів, за даними Львівського регіонального центру гідрометеорології. Катастрофічний паводок почався 28.07.2008 р., коли рівень води на притоках Дністра збільшився на 5,6, 4,8 і 4,0 м і був максимальним на р. Стрий – 8 м. Активізацію небезпечних процесів у Карпатах таких, як паводки, селі викликають добові суми опадів у 160 мм [12].

Основи досліджень. Найактивнішими в Карпатському регіоні є планові (латеральні) зміни річок, суть яких полягає у змінах форми русел та кількості руслових виїмок (рукавів) або

горизонтальних деформаціях. У наших дослідженнях ми брали до уваги такі типи русел: пряме, злегка звивисте (боковикове та обмеженого меандрування, за іншими класифікаціями) і меандроване (вільне та незавершене меандрування). За кількістю рукавів виділили однорукавне, дворукавне (або однобічно розгалужене, за Ободовським, 1998 [10, с. 42] і багаторукавне (три і більше рукавів) русла. Розглядали саме заплавної території локально, на невеликих відрізках, зустрічаються ділянки із русловою дворукавністю, а руслової багаторукавності не спостерігається. Критерієм виділення типу русла деякого відрізка брали співвідношення 70:30, тобто якщо 70 % і більше довжини відрізка русла належить до одного типу, то весь відрізок русла зачисляли до цього типу. Якщо співвідношення 50:50 чи 60:40, то відповідно означували два типи.

Виділили сім морфологічних типів русел річок, характерних для Карпатського регіону: однорукавне пряме, однорукавне злегка звивисте, однорукавне меандроване, дворукавне пряме, дворукавне злегка звивисте, багаторукавне пряме, багаторукавне злегка звивисте (рис. 2). Відтак було проаналізовано характер змін цих типів русел у часі.

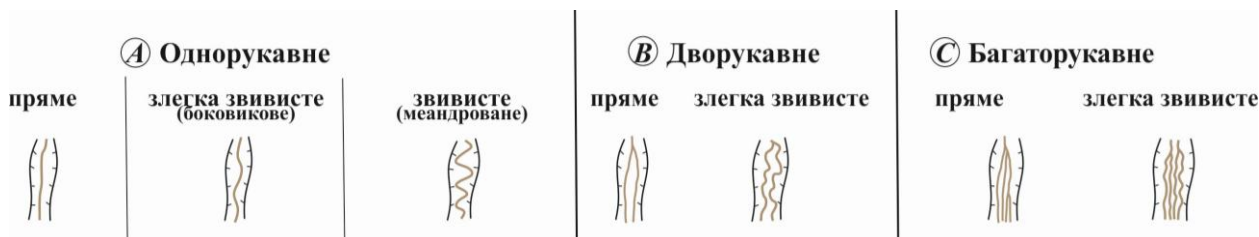


Рис. 2. Морфологічні типи русел карпатських річок / Fig. 2. Morphological types of Carpathian channels

Суттєве переформування русел річок, як відомо, відбувається після катастрофічних паводків. Тому стани русла, які були зафіксовані на гео-зображеннях у різні часові періоди, згрупували до дати чергового екстремального паводку і отримали дев'ять часових зрізів минулого та сучасний стан. Це стани русла до видатних паводків 1900, 1927, 1941 років, катастрофічного паводку 1969 р., видатних паводків 1980 і 1989 р., катастрофічного паводку 2008 р., видатних паводків 2014 і 2020 років, а також 2024 р. (табл. 1).

Результати досліджень. На основі виділених морфодинамічних відрізків річок було обчислено кількість русел станом на певний часовий зріз у відсотках до загального числа даних на цей зріз. Окремо обчислені дані для 22 і 13 показників (рис. 3).

Однорукавні прямі типи русел до 1900 і 1927 років мали незначне поширення, їхня частка становила 14–15 %. До 1941 р. зросла і сягнула 31%, а до 1969 р. знизилася до 23%. Після червневого

паводку 1969 р. і до 1980 р. частка однорукавних прямих типів русел вдруге зменшилася до 15%. До 1989 р. їх частка збільшилася до 45%, що є найбільшим значенням для цього типу за період спостережень. Станом на 2008 р. їхня частка зменшилася до 27% і відтак до 2014 р. зменшилася втричі. Станом на 2020 р. однорукавних прямих типів русел стає 23%, як у 1940–1969-х роках. Станом на 2024 р. їх лише 8%. Однорукавні прямі типи русел у Карпатському регіоні найчастіше трансформувалися у злегка звивисті, що є доволі закономірним явищем. Інші типи, у які переходили однорукавні прямі русла – це дворукавні прямі, однорукавні меандровані і дуже рідко в багаторукавні злегка звивисті. Не спостерігаємо їхніх переходів у дворукавні злегка звивисті і багаторукавні прямі.

Однорукавні злегка звивисті типи русел є найпоширенішими у XX–XXI ст. Найбільше даного типу річок спостерігається зараз, станом на 2024 р., їхня частка становить 62%. Протягом по-

Таблиця 1 / Table 1

Типи русел річок Карпатського регіону у різні часові зрізи до проходження екстремальних паводків
XIX–XXI ст. / Types of riverbeds of the Carpathian region in different periods
before the passage of extreme floods of the 19th–21st centuries

	До 1900	До 1927	До 1941	До 1969	До 1980	До 1989	До 2008	До 2014	До 2020	До 2024
Бистриця Тисменицька, 1й відрізок (Уріж, за Байрак, 2024)										
Бистриця Тисмен. 2й відрізок (Винники, за Байрак, 2024)										
Бистриця Тисмен. 3й відрізок (Мокряни, за Байрак, 2024)										
Бистриця (за Сельським, Ковальською, 2007)	 1,56			 1,31		 1,23				
Дністер (Стрілки– Тершів, за Байрак, 2024)										
Дністер (Ст. Самбір– Самбір, за Горішнім, 2024)						 1,13*	 1,31*	 1,25*	 1,27*	 1,27*
Дністер (Чайковичі– Миколаїв, за Бурштинсь- кою та ін., 2017)	 2,2	 1,2				 1,3		 1,3		
Дністер (Роз- діл–Галич, за Радзій та ін., 2018)	 1,63								 1,33	
Прут (в м. Чернівці, за Ющенком, 2005)						 *	 *	 *	 *	
Сукіль 1й (Буковець– Поляниця, за Рибак, Дубіс 2024)	 1,35		 1,27				 1,06		 1,15	
Сукіль 2й (Тисів–Боле- хів, за Рибак, Дубіс, 2024)	 1,62		 1,53			 *	 1,3		 1,36	

Стрий 1й (Стриганці– Гніздичів, за Горішним, 2014)										
Стрий 2й (Гніздичів– Жидачів, за Горішним, 2014)										
Стрий 3й (Жидачів– Заліски, за Горішним, 2014)										
Тиса 1й (поблизу м. Хуст, за Байрак, 2024)										
Тиса 2й (вздовж с. Крива, за Байрак, 2024)										
Тиса 3й (вздовж г. Саргеть за Байрак, 2024)										
Тиса 4й (Веряца– Королево, за Байрак, 2024)										
Тиса 5й (вздовж г. Чорна Гора, за Байрак, 2024)										
Чечва 1й (на межі ви- ходу з гір, Спас– В.Струтинь)										
Чечва 2й (Верхній– Нижній Струтинь)		1,18	1,13	1,15	1,08	1,08	1,01		1,09	1,16
Чечва 3й (Сваричів– Довге Калуське)		1,26	1,27	1,32	1,28	1,23	1,30		1,27	1,28
Загальна сума відрізків	22	13	13	13	13	22	22	13	22	13
	До 1900	До 1927	До 1941	До 1969	До 1980	До 1989	До 2008	До 2014	До 2020	До 2024

* доповнено авторкою.

Числа в клітинках – коефіцієнт звивистості: 1,15 і менше – прямі; 1,16– 1,30 – злегка звивисті; 1,31 і більше – меандровані.

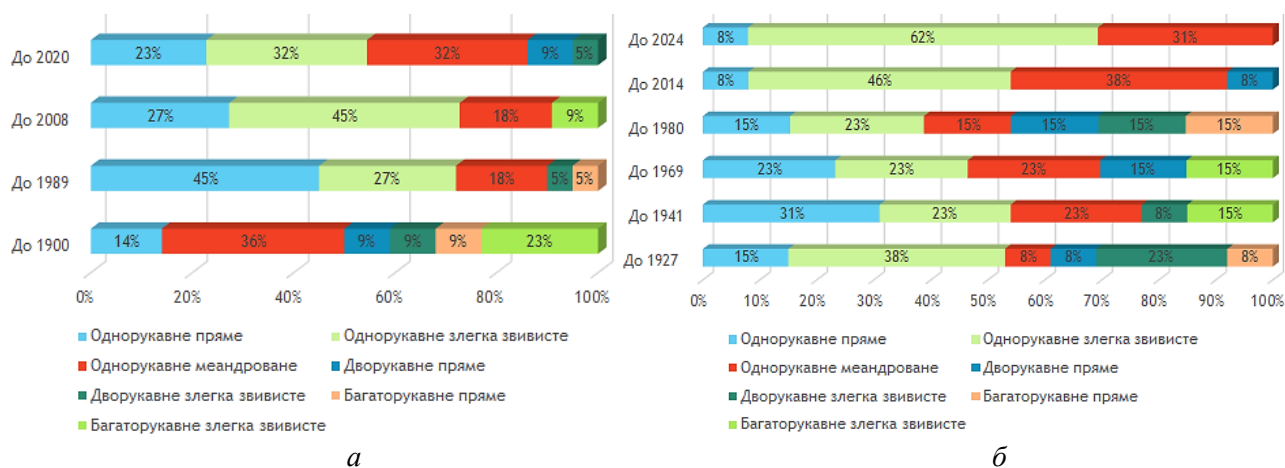


Рис. 3. Динаміка типів русел за часові зрізи: *а* – із 22 показниками спостережень; *б* – із 13 даними /
Fig. 3. Dynamics of channel types over time periods: *a* – with 22 observation indicators; *b* – with 13 data

передніх років ХХІ ст. їхня частка теж досить велика і становить більше третини від усіх типів річок (32–46%). Трохи менше даного типу русел було протягом ХХ ст. – 23–27%, хоча перед тим, до 1927 р., вони сягали 38%. У ХІХ ст. цей тип русел не був поширений або можливо усі злегка звивисті русла зображали на картах як прямі. Злегка звивисті типи русла закономірно трансформувалися у меандровані або прямі однорукавні типи русел, причому зі звивистих у меандровані переростали частіше, ніж в прямі. Вони також зрідка переходили у всі інші виділені нами типи.

Однорукавні меандровані типи русел були значно розповсюджені до 1900 р., їхня частка становила 36% від загального числа. Це відрізки Дністра, Сукелю, Стрия, Прута на Передкарпатті. Вдруге такого поширення – більше 30 %, вони набули у сучасний період, після паводку 2008 р. Протягом ХХ ст. меандрованих русел було мало, їхня частка сягала 15–23%. Найменше, зокрема, 8% їх було до 1927 р. Однорукавні меандровані типи русел найбільше змінювалися на однорукавні злегка звивисті і трохи менше на прямі. На коротких відрізках були їхні трансформації у дворукавні прямі і злегка звивисті типи русел. Не спостерігалось їхніх перетворень у багаторукавні типи, хоч ширина заплави це дозволяє.

Дворукавні прямі типи русел були слабо поширеними до 1900 і до 1927 р., їхня частка становила 9%. У 1930-х роках вони зникають, переходять в однорукавні злегка звивисті типи. Виникають знову у 1950–1970 роках, сягаючи 15 %. У кінці ХХ–на початку ХХІ ст. вони трансформувалися в інші, здебільшого однорукавні типи. Знову виникли після паводку 2008 р. і локально існували на р. Прут перед м. Чернівці і Бистриці між с. Уріж–Винники. Зараз, починаючи з 2020 р., вони відсутні. Дворукавні прямі в результаті пересихання одного із рукавів переходили найчастіше в однорукавні злегка звивисті типи русел.

Трансформувалися вони також в однорукавні прямі та дворукавні звивисті типи.

Дворукавні злегка звивисті типи були поширені у 1900–1927 і 1970-х роках, сягаючи 23 і 15% відповідно. Даного типу русел не спостерігалось у 1940–1960-х і 1990–2014, а також 2020–2024 роках. В інші періоди (до 1900, 1927–1941, 1980–1989, 2014–2020 роки) їхня частка була менше 10%. Після паводку 2014 р. цей тип русла був поширений на відрізку Стриганці–Гніздичів на р. Стрий. Дворукавні злегка звивисті типи змінювалися на однорукавні злегка звивисті, прямі, рідше – меандровані типи. У два періоди вони також трансформувалися у прямі дворукавні.

Багаторукавні прямі типи русел, як і дворукавні прямі, не були поширеним типом русел у досліджуваному регіоні. Їхня частка була найбільшою у 1970-х роках, зокрема, становила 15%. До 1900 і до 1927 років, а також у 1980-х роках їх було менше 9%. Ці типи русел існували короткий період і в двох випадках із п'яти трансформувалися в однорукавні прямі або дворукавні злегка звивисті типи, а в одному випадку – в однорукавне меандроване русло.

Багаторукавні злегка звивисті типи теж були не надто поширені і їхня частка постійно зменшувалася аж до повного зникнення. До 1900 р. цього типу русла налічувалося найбільше – 23%. Дослідження польських колег теж показало переважання багаторукавних русел у ХІХ ст. [20]. У 1930–1960-х роках зменшилося до 15% і на межі ХХ–ХХІ ст. становило 9%. На початку ХХ ст., у 1980-і роки, після 2008 р. і до сьогодні їх не спостерігаємо. Багаторукавні злегка звивисті типи у двох випадках із шести стали прямими, а в інших випадках трансформувалися в однорукавні типи.

Однорукавних русел було мало до 1900 р., їхня кількість неодноразово змінювалася, максимум спостерігався станом на 1989 р. Велика кіль-

кість однорукавних русел спостерігається у теперішній період, 2008–2024 років. До 1900 р. спостерігалася значна частина дво- і багаторукавних русел, кількість яких знизилася до 1989 р. Дворукавні русла на 2008 р. зникають, але на 2020 р. відновлюють своє існування у кількості дещо меншій, ніж до 1900 р. Багаторукавні русла до 2008 р. ще були наявні, тоді як після цього року відсутні (рис. 4).

Кількість прямих типів русел закономірно зростає з 1942 до 1980–1989 років. Їх налічувалося значно менше до 1900 і від 1900 до 1941 років, а також від 2008 до 2024 років. Тобто у середині–наприкінці XX ст. кількість прямих типів русел була максимальна. Динаміка прямих типів русел розвивалася так: середня кількість (XIX ст.) → поступове зменшення (початок XX ст.) → збільшення (середина і кінець XX ст.) → різке зменшення (початок XXI ст.).

Кількість русел злегка звивистого типу до 1900 р. була незначною, на початку XX ст. їх стало

значно більше, так само, як і на початку XXI ст. У середині–наприкінці XX ст. їх кількість дещо знизилася. Динаміка цього типу русел була поступовою: незначна кількість (XIX ст.) → збільшення (початок XX ст.) → зменшення (середина і кінець XX ст.) → збільшення (початок XXI ст.).

Динаміка русел однорукавного меандрованого типу розвивалася так: значне поширення (до 1900 р.) → зменшення (поч. XX ст.) → незначне збільшення (середина XX ст.) → зменшення вдруге (кін. XX ст. – до 2008 р.) → збільшення вдруге (до 2020 р.) → зменшення втретє (до 2024 р.). Ця динаміка стосується широкозаплавних напівгірських типів русел, які можуть трансформуватися із меандрованих у злегка звивисті і прямі типи. Для широкозаплавних рівнинних типів русел, у яких тип русла стабільно меандрований, динаміка проявляється у змінах коефіцієнта звивистості. Так само змінюється коефіцієнт звивистості для широкозаплавних гірських русел злегка звивистого типу (рис. 5).

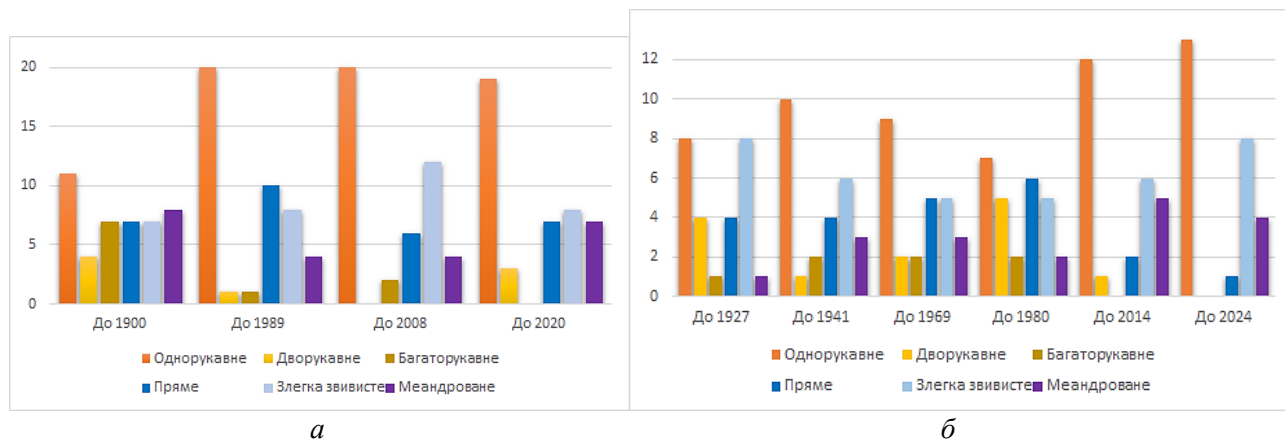


Рис. 4. Динаміка типів русел окремо за кількістю рукавів і звивистістю: *a* – 22 даних; *b* – 13 даних спостережень / Fig. 4. Dynamics of riverbed types separately by the number of branches and sinuous: *a* – 22 data; *b* – 13 observation data

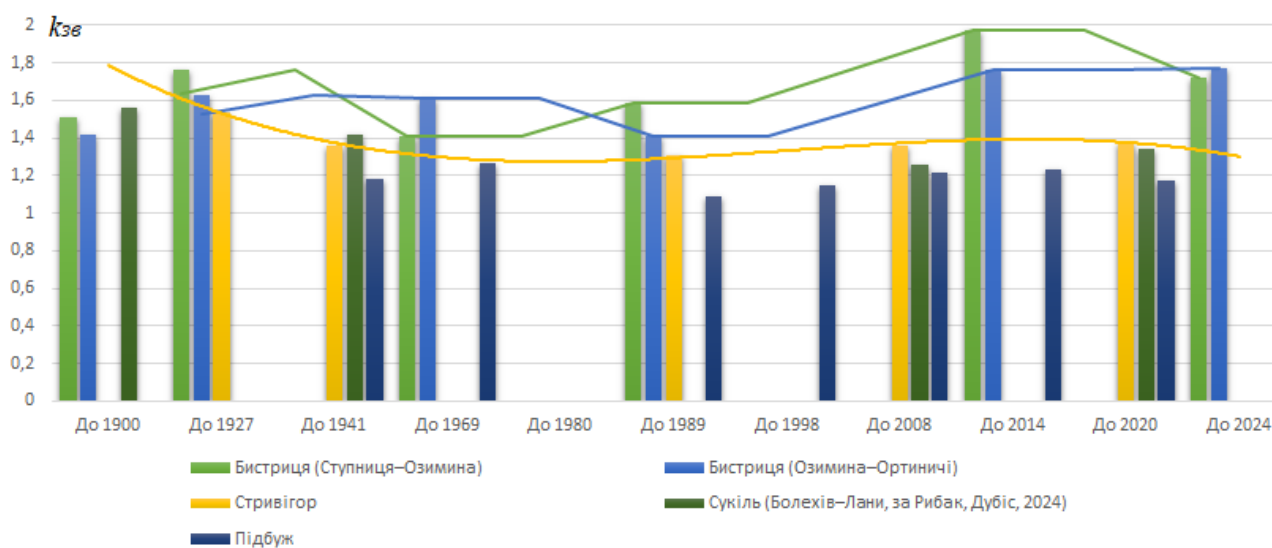


Рис. 5. Динаміка меандрованих типів русел карпатських річок / Fig. 5. Dynamics of meandering channel types of Carpathian river

Динаміка коефіцієнта звивистості проявлялася по-різному, особливо це стосується середини–кінця ХХ ст. У ХІХ ст. коефіцієнт звивистості значний – 1,42–1,56. На початку ХХ ст. він ще більше зростає, максимально до 1,76. Починаючи із середини ХХ ст. до 1989 р. поступово знижується, сягаючи мінімальних значень в одних випадках до 1969 р., в інших – до 1989 р. До 2008 р. звивистість зростає, сягаючи значень 1941 р. Максимальна звивистість русел спостерігається після катастрофічного паводку 2008 р. і до 2014 р. Відтак у 2020-х роках дещо зменшується або залишається без змін там, де відіграє роль закріплення берегів рослинністю.

Підсумки досліджень. На основі аналізу змін морфологічних типів русел, виділяємо два види зміщень русла відносно центральної осі низької заплави або поясу руслоформування (за Паланичко, 2023, [11]): поперечний і позовжний. У кожному із видів виокремлюємо різновиди, характерні для кожного типу русла. В однорукавного прямого типу русла поперечна динаміка проявляється в паралельному зміщенні відносно осі заплави до одного з берегів (*A1a*, рис. 6). Як було досліджено науковцями Schumm, 1977; Knighton, 1998; Fryirs & Brierley, 2013 [22, 24, 27], це зміщення відбувається внаслідок зміни динамічної осі потоку, що часто виникає після паводків. Виконуючи глибинну ерозію ложа і бокову ерозію одного з берегів, русло мігрує у низькій заплаві з розмивними берегами.

До поперечного виду зміщень русла відносимо зміну однорукавного на дворукавний (*A1b*) і багаторукавний (*A1c*) типи. Таким змінам передують розподіл динамічної осі потоку під час паводку на дві чи більше вітки, в залежності від ширини русла. Між цими вісьми накопичуються наноси, які поступово збільшуються і перетворюються на осередки, розділяючи потік на рукави, формується руслова багаторукавність. На річках Карпат і Передкарпаття руслова багаторукавність поширена на коротких проміжках, приблизно 20–50 м і вона не є переважаючим типом русла. Заплавна багаторукавність формується тоді, коли паводкові води затоплюють високу заплаву, а після спадання води залишаються протяжні рукави. Як показали наші дослідження, заплавна багаторукавність на карпатських річках формувалася нечасто, більше утворювалися дворукавні русла.

Ще одним видом поперечних зміщень є зміна однорукавного прямого на звивистий тип русла (*A1d*). Пояснення як русло із прямого переходить у звивисте знаходимо у працях Leopold, Wolman & Miller, 1964; Huggett, 2007; Anderson, 2010 та ін. [25, 23, 19]. Поштовхом до переформування русла з прямого на звивисте вважають перекіс водної поверхні після паводку і форму-

вання асиметричного поперечного профілю русла



. Тиск із зовнішньої, ввігнутої частини звивини більший, ніж тиск із внутрішньої, випуклої сторони, оскільки глибина води більша із зовнішньої сторони за рахунок відцентрової сили, що діє на потік води. В результаті у ньому активізуються поперечні циркуляційні течії, у яких поверхневі струмені направлені до ввігнутої ділянки, а придонні – до випуклої. Здійснюючи бокову ерозію ввігнутого берега та акумуляцію на випуклому, вигини наростають, перетворюючись на меандри. Сприяє виникненню вигинів як поперечне переміщення наносів, так і позовжне, яке зумовлює вимивання та перевідкладання матеріалу. На зростання звивистості впливає водність річки: якщо об'єм води малий, то русло вузьке, потік мілководний, швидкість течії незначна, річка петляє вздовж заплави, прокладаючи шлях із найменшим опором.

Для однорукавного злегка звивистого русла різновидом поперечної динаміки є багатократне зміщення вигинів до одного із берегів (*A1e*), пов'язане з активною боковою ерозією випуклого берега; а також розвернення вигину на 180°, яке відбувається в результаті заповнення алювіальними відкладами діючого русла і прорив нового вигину у староріччя. Наступним різновидом поперечної динаміки однорукавного злегка звивистого типу русла є його зміни на прямий (*A1g*) або меандрований (*A1f*) тип. Зміна звивистого на прямий тип русла пов'язана зі зростанням водності річки, швидкості течії, розширенням і поглибленням русла, що сприяє його прямолінійності. Переходу із злегка звивистого у меандрований тип сприяють відцентрові сили, що діють на потік води і направлені від внутрішньої до зовнішньої сторони меандри, внаслідок чого відбувається бокова ерозія і наростання випуклості звивин. Ще одним різновидом поперечної динаміки однорукавного злегка звивистого русла є його зміни на дво- і багаторукавний морфотип. Він розвивається подібно до змін однорукавного прямого типу на дво- і багаторукавний, коли у потоці з'являється дві чи кілька динамічних осей, які після паводку розгалужують русло. Перехід однорукавного звивистого типу у багаторукавний може бути пов'язаний також із блуканням динамічної осі потоку, нерівномірністю течії, яка після паводків утворює нові протоки.

В однорукавному меандрованому типі виділяємо такі різновиди поперечної динаміки: багаторазове зміщення вершин меандр (*A1h*), зміни ширини поясу меандрування (*A1i*), зміни на прямий (*A1k*) чи злегка звивистий типи (*A1j*), зміни на дво- чи багаторукавний типи, зміни морфотипу меандри із сегментної на синусоїдальну (*A1l*),

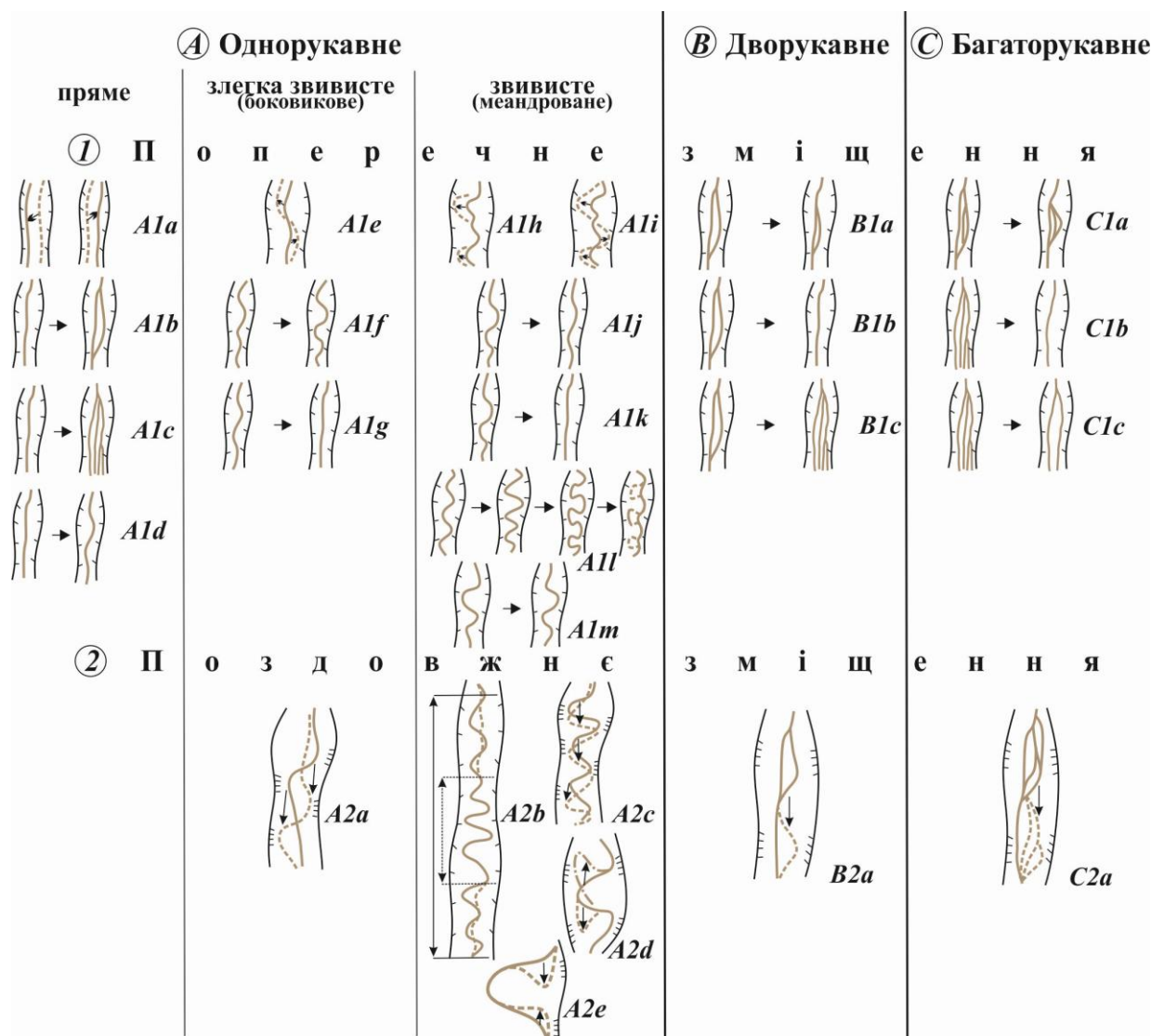


Рис. 6. Види зміщень русла відносно осі заплави. Легенда: 1. Поперечне зміщення.

A. Однорукавне русло: *A1a* – зміщення прямого русла до одного з берегів; зміна: *A1b* – на дворукавне; *A1c* – на багаторукавне; *A1d* – з прямого на звивисте; *A1e* – зміщення вигинів русла від середини до берегів; зміна: *A1f* – зі злегка звивистого на меандроване; *A1g* – зі злегка звивистого на пряме; *A1h* – зміщення вершин меандр; *A1i* – зміна ширини поясу меандрування; зміна: *A1j* – з меандрованого на злегка звивисте; *A1k* – з меандрованого на пряме; *A1l* – зміна типу меандри (сегментна → синусоїдальна → петлеподібна → прорвана); *A1m* – розвернення на 180°. B. Дворукавне русло: зміна *B1a* – параметрів рукава (острова); *B1b* – на однорукавне; *B1c* – на багаторукавне. C. Багаторукавне русло: зміна *C1a* – параметрів рукавів; *C1b* – на однорукавне; *C1c* – на дворукавне.

2. Поздовжнє зміщення. *A2a* – зміщення вигинів і підмивів вниз за течією; *A2b* – зменшення/збільшення довжини поясу меандрування; *A2c* – зміщення меандр вниз за течією; *A2d* – зміна типу меандри на завалену; *A2e* – звуження шийки меандри; *B2a* – зміщення рукава вниз за течією та зміна його довжини; *C2a* – зміщення рукавів вниз за течією та зміна їхньої довжини /

Fig. 6. Types of channel displacements relative to the floodplain axis. Legend: 1. Transversal displacement. A. Single-thread channel: *A1a* – displacement of the straight channel to one of the banks; change: *A1b* – to two-thread; *A1c* – to multi-thread; *A1d* – from straight to sinuous; *A1e* – displacement of the channel bends from the middle to the banks; change: *A1f* – from slightly sinuous to meandering; *A1g* – from slightly sinuous to straight; *A1h* – displacement of the meander vertices; *A1i* – change in the width of the meandering zone; change: *A1j* – from meandering to slightly sinuous; *A1k* – from meandering to straight; *A1l* – change in the type of meander (segmented → sinusoidal → loop-shaped → broken); *A1m* – 180° turn meanders. B. Two-arm channel: change *B1a* – parameters of the thread; *B1b* – to single-thread; *B1c* – to multi-thread. C. Multi-thread channel: change *C1a* – parameters of branch; *C1b* – to single-thread; *C1c* – to two-thread. 2. Longitudinal displacement. *A2a* – displacement of bends and washouts downstream; *A2b* – decrease/increase in the length of the meandering belt; *A2c* – displacement of meanders downstream; *A2d* – change of meander type to blocked; *A2e* – narrowing of the meander neck; *B2a* – displacement of the branch downstream and change of its length; *C2a* – displacement of branch downstream and change of their length

розвернення меандри на 180° (*A1m*). Зміна морфотипу меандр здійснюється в певній послідовності: розмив ввігнутого берега → відступання вершини меандри → збільшення ширини русла → зменшення швидкості течії → розмив припиняється → акумуляція на пляжі випуклого берега → зменшення ширини русла → збільшення швидкості потоку → розмив ввігнутого берега → повторне відступання вершини і видовження меандри. Якщо шийки меандр сильно звужуються, відбувається їхній прорив під час паводку, русло з меандрованого типу стає прямим. Звуження ширини поясу меандрування може бути пов'язане із зменшенням витрати води, зниженням швидкості течії та відповідно зменшенням здатності розмивати береги.

Поперечні різновиди зміщення дворукавного та багаторукавного типів русел полягають у змінах їхнього морфотипу, пов'язаного з кількістю рукавів. Якщо число рукавів зменшується, то його форма спрощується (*B1b*, *C1b*). У карпатських річках спостерігаємо кілька періодів спрощення русла 1900–1927, 1980–1989 рр. і з 2008 р. до сьогодні. Спрощенню русла сприяють такі фактори: зменшення водності річки, яка спричинює обміління рукавів, перетворення їх на стариці; акумуляція матеріалу в рукавах під час паводків, їх зникнення та формування домінуючого русла; посилене антропогенне освоєння басейну, яке сприяє збільшенню потрапляння ґрунту у протоки та їхнє замулення; руслові кар'єри і штучний забір алювію, внаслідок чого посилюється ерозійна здатність річки і концентрація течії в одному руслі.

Відповідно якщо кількість рукавів збільшується, то форма русла ускладнюється (*B1c*, *C1c*). Ускладнення русел на карпатських річках фіксуємо до 1900 р., 1927–1941, 2001–2008 років. Це роки, коли інтенсивність антропогенного втручання у басейні була незначною. Поперечне зміщення дво- і багаторукавних типів русел проявляється також у змінах ширини міжрукавного простору і блукань рукавів далі чи ближче до берега (*B1a*, *C1a*). Ці явища пов'язуємо із розмивом ділянок островів і боковиків, а також нерівномірністю акумуляції матеріалу на руслових формах і заплаві.

У руслі відбувається постійний рух води і наносів з вищележачих до нижчележачих ділянок, тому його відтинки зміщуються вниз за течією. Виділяємо другий вид зміщення – *поздовжній* із різновидами, які стосуються головно звивистих русел. Для однорукавних злегка звивистих русел проявляється такий різновид, як зміщення вигинів і підмивів вниз за течією (*A2a*). Так само в однорукавних меандрованих русел існує *поздовжнє зміщення меандр вниз за течією* (*A2c*). Серед причин поздовжнього зміщення звивин автори наво-

дять такі: дія циркуляційних поперечних течій, які зміщуються паводковими водами, направлені косо і переміщують матеріал вниз за течією; зміщення динамічної осі потоку на верхньому крилі меандри до внутрішнього берега повороту русла, а на нижньому крилі – до зовнішнього під дією поступальних швидкостей [21, 22]. В результаті меандра зміщується вниз за течією, вздовж вісі долини.

Зміни елементів меандр, зокрема, звуження чи розширення вершин, зміна морфотипу меандр із синусоїдальної на завалену (*A2d*), звуження чи розширення шийок у петлеподібних меандрах (*A2e*) – всі ці різновиди відносимо до виду поздовжнього зміщення. Різновидом також є зміна довжини поясу меандрування (*A2b*): зменшення, коли на ділянках меандр відбувається проривання шийок і русло прямішає та збільшення, коли утворюються нові меандри. Поздовжнє зміщення для дво- і багаторукавних типів має один різновид: блукання одного чи двох рукавів вниз за течією та зміна їхньої довжини (*B2a*, *C2a*).

Досліджуючи зміни типів русел карпатських річок, ми з'ясували що у багатьох випадках ці зміни повторюються, тобто є *циклічними*. Циклічність полягає в тому, що об'єкт впливу флювіальних процесів – русло, зазнає деяких змін, але знову повертається до вихідного стану за деякий час. Цикли змін властиві більшості виділеним типам русел. Основою кожного циклу є конкретні відрізки русел карпатських річок.

Розглянемо цикли, які починаються з однорукавних прямих типів русел. Тут сформувався три види завершених циклів морфодинаміки і два незавершених (рис. 7). Перший цикл (*A.a*) має одну ітерацію, що складається із трьох стадій: однорукавного прямого – багаторукавного звивистого русла – однорукавного прямого русла. Незавершений цикл такий: вихідна стадія (однорукавне пряме русло) – стадія однорукавного злегка звивистого русла – невідома майбутня стадія. Другий цикл (*A.б*) має дві ітерації, які включають три-чотири стадії. У першу ітерацію входять стадії: однорукавного прямого – дворукавного прямого – дворукавного звивистого русла – вихідна стадія; друга ітерація: стадія однорукавного прямого – однорукавного злегка звивистого русла – вихідна стадія однорукавного прямого русла; незавершений цикл: вихідна стадія – стадія однорукавного злегка звивистого русла – невідома майбутня стадія. Третій цикл (*A.в*) містить дві ітерації, стадії яких повторюються: однорукавного прямого – однорукавного злегка звивистого русла – і заново однорукавного прямого русла. Найчастіше у цих циклах однорукавне пряме русло переходить у злегка звивисте.

Однорукавним злегка звивистим типам русел

властиві чотири цикли, для яких характерні по одній ітерації. Перший цикл (Б.а) включає стадії: однорукавного злегка звивистого – однорукавного меандрованого русла – вихідна стадія. Другий цикл (Б.б) складається зі стадій: однорукавного злегка звивистого – однорукавного прямого русла – вихідна стадія. Третій цикл (Б.в) має стадії: однорукавного злегка звивистого – одно-

рукавного прямого – однорукавного меандрованого – повторно однорукавного прямого – вихідна стадія однорукавного злегка звивистого русла. Для четвертого циклу (Б.г) характерні стадії: однорукавного злегка звивистого русла – багаторукавного злегка звивистого – багаторукавного прямого – однорукавного меандрованого русла – вихідна стадія.

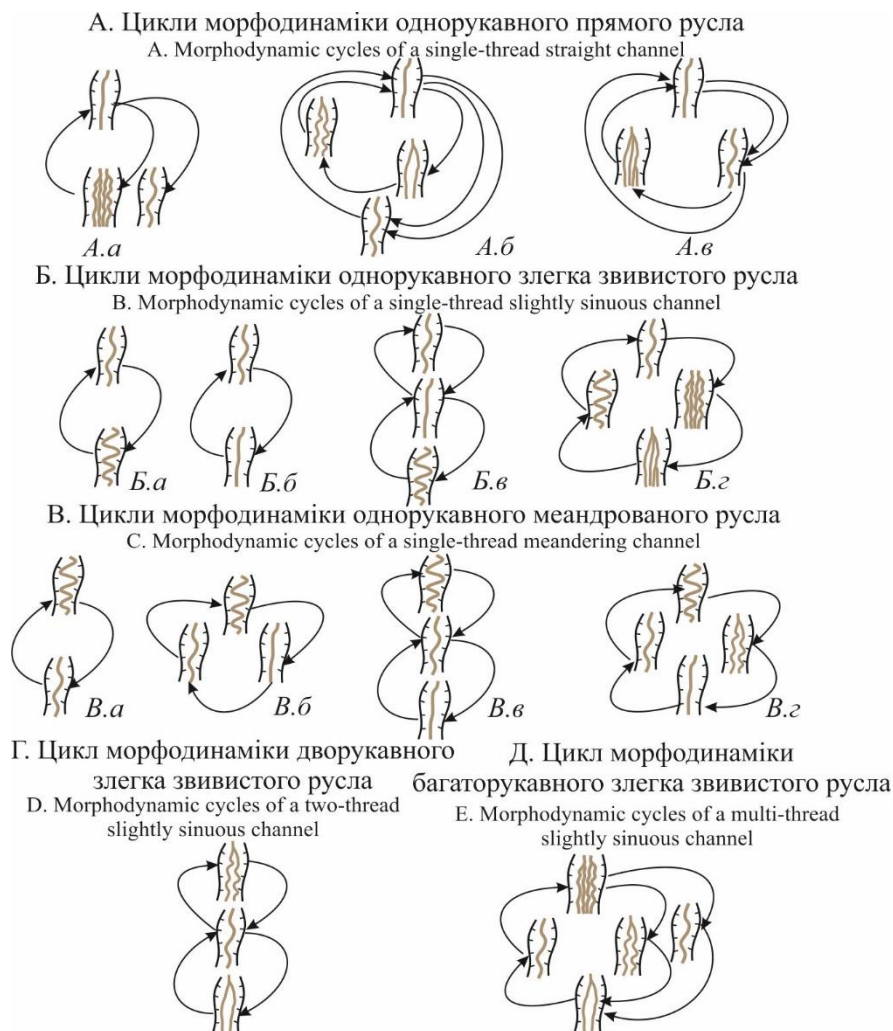


Рис. 7. Циклічність морфодинаміки русел найактивніших відрізків річок Карпатського регіону /
Fig. 7. Cyclicity of morphodynamics of the most active riverbeds of the Carpathian region

Однорукавним меандрованим типам русел притаманні теж чотири цикли морфодинаміки з однією ітерацією у кожному. Перший цикл (В.а) із такими стадіями: однорукавного меандрованого – однорукавного злегка звивистого русла – вихідна стадія. Другий цикл (В.б) включає стадії: однорукавного меандрованого – однорукавного прямого – однорукавного злегка звивистого русла – вихідна стадія. У третій цикл (В.в) залучені стадії: однорукавного меандрованого – однорукавного злегка звивистого – однорукавного прямого – однорукавного злегка звивистого повторно – вихідна стадія меандрованого русла. У четвертий цикл (В.г) входять такі стадії: однорукавного меандрованого – дворукавного звивистого – одно-

рукавного прямого – однорукавного злегка звивистого русла – вихідна стадія.

Дворукавні та багаторукавні типи русел існують в часі недовго, тому у них спостерігаємо по одному циклу з однією ітерацією. Цикл морфодинаміки дворукавного типу русла (Г): стадія дворукавного звивистого типу – однорукавного злегка звивистого – дворукавного прямого – заново однорукавного злегка звивистого русла – вихідна стадія. Цикл морфодинаміки багаторукавного типу русла (Д): стадія багаторукавного звивистого – дворукавного звивистого – дворукавного прямого – однорукавного злегка звивистого русла – вихідна стадія. Незавершений цикл цього типу русла: стадія багаторукавного звивистого – одно-

рукавного звивистого – дворукавного прямого русла – майбутня стадія.

Обговорення. Циклічність змін показує, що річки, маючи певну форму і змінюючись по латералі, за деякий період часу повертаються до вихідної форми. Абсолютної totoжності між початковим і кінцевим станом русла не спостерігаємо. Хоч злегка звивисте чи меандроване русло через кілька стадій знову переходять у даний тип, проте звивини відрізняються радіусом, стрілою прогину, вершинами від вихідного стану русла.

Морфодинамічні цикли русел характерні для малих передгірських річок у широкозаплавних геоморфологічних умовах формування. Для великих рівнинних річок, що меандрують у широких заплавах, морфодинаміка проявляється в тому, що змінюється їхній коефіцієнт звивистості, а мор-

фотип змінюється вкрай рідко. У врізаних та адаптованих рівнинних річок, а також гірських річок із однорукавним прямим руслом зміна морфотипу не відбувається.

Висновки. Вивчення морфодинаміки русел річок та їхньої циклічності дозволить вирішувати питання прогнозування цих змін та запобігання негативним впливам небезпечних явищ, пов'язаних із розливами річок. Врахування особливостей річкової морфодинаміки важливе для планування освоєння заплав і низьких терас, проєктування безпечних і стійких споруд, які не зазнаватимуть ушкоджень від змін русел річок. Перспективними напрямами даного дослідження стане з'ясування впливу кліматичних та гідрологічних факторів на циклічність руслової морфодинаміки.

Список використаних джерел

1. Архипова, Л. М. (2011). *Природно-техногенна безпека гідроєкосистем: Монографія*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ.
2. Байрак, Г. (2024). Аналіз динаміки і морфології русел гірської частини Українських Карпат. *Морфодинаміка процесів у західному регіоні України: розвиток та екологічні наслідки*. Монографія / за ред. Р. Гнатюка, Л. Дубіс. Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 81–90. ISBN 978-617-10-0881-6
3. Байрак, Г. (2016). Зміни русел рік в контексті змін лісистості їхніх басейнів (на прикладі р. Підбуж Старосамбірського району). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць*, 1(6), 18–31.
4. Байрак, Г. (2024). Морфодинаміка р. Бистриці на Передкарпатті протягом 147-річного періоду. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць*, 2(17), 112–129. <https://doi.org/10.30970/gpc.2024.2.4561>
5. Байрак, Г., Ковальчук, У. (2017). Морфологія і динаміка русла Стривігора на Передкарпатській височині. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць*, 1(07), 64–76. <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2017.07.1962>
6. Байрак, Г. Р. (2011). Сучасні руслові процеси і динаміка русла р. Тиси на ділянці перетину Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма. *Фізична географія та геоморфологія*, 62, 45–54.
7. Бурштинська Х., Третяк С., Шевчук В. (2017). Дослідження меандрування ріки Дністер з використанням геоінформаційних технологій. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 1 (33), 113–138.
8. Горішний, П. (2014). Горизонтальні деформації нижньої течії русла р. Стрий у 1896-2006 рр. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць*, 1(5), 68–74.
9. Горішний, П. (2024). Горизонтальні деформації русла Дністра в Самбірському Придністер'ї. *Морфодинаміка процесів у західному регіоні України: розвиток та екологічні наслідки*. Монографія. За ред. Р. Гнатюка, Л. Дубіс. Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 90–95. ISBN 978-617-10-0881-6
10. Горяйнов, С. (2024). Перетворювальні можливості геологічних процесів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, (61), 39–54. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-03>
11. Паланичко, О. (2023). Вивчення умов руслоформування річок Передкарпаття в межах алювіальних рівнин. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*, 1 (15), 48–65. <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2023.1.3947>
12. Пилипович, О. В., Ковальчук, І. П. (2017). *Геоєкологія річково-басейнової системи верхнього Дністра: монографія*. За наук. ред. І. П. Ковальчука. Львів-Київ : ЛНУ ім. Івана Франка.
13. Радзій, І., Заяць, І., Третяк, С. (2018). Дослідження зміщень русла ріки Дністер засобами ГІС технологій. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, II (36), 106–113.
14. Рибак, Н., Дубіс, Л. (2024). Морфодинаміка р. Сукиль. *Морфодинаміка процесів у західному регіоні України: розвиток та екологічні наслідки*. Монографія. За ред. Р. Гнатюка, Л. Дубіс. Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 100–109. ISBN 978-617-10-0881-6
15. Ромащенко, М., Савчук, Д. (2002). *Водні стихії. Карпатські повені*. Київ: Аграрна наука.
16. Сельський, В., Ковальська, Л. (2007). *Природно-історичний аспект формування русла р. Бистриця*. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: географія, 2, 26–30.
17. Сусідко, М. М., Полякова, С. О., Щербак, А. В. (2006). Каталог характеристик дощових і сніго-дощових паводків на річках Карпатського регіону за 1989 – 2002 роки. *Наукові праці УкрНДГМІ*, 255, 299–310.
18. Ющенко, Ю. С. (2005). *Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел*. Чернівці: Рута.

19. Anderson, R. S., Anderson, S. P. (2010). *Geomorphology. The Mechanics and Chemistry of Landscapes*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511794827>
20. *Antropopresja w wybranych strefach morphoclimatycznych – zapis zmian w rzeźbie i osadach. Praca zbiorowa.* (2012). Wydział Nauk o ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Sosnowiec. ISBN 978-83-61644-33-0
21. Charlton, R. (2008). *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. London; New York: Routledge. https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2009.883_5.x
22. Fryirs, K. A., Brierley, G. J. (2013). *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. URL: www.wiley.com/go/fryirs/riversystems
23. Huggett, R. G. (2007). *Fundamentals of geomorphology. Second edition*. NY: Taylor & Francis e-Library. ISBN 0-203-94711-8 Master e-book ISBN
24. Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective, 2nd edition*, Oxford: Arnold.
25. Leopold, L. B., Wolman, M. G. & Miller, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*, San Francisco, CA: W.H. Freeman.
26. Rybak, N., Dubis, L. (2021). *Horizontal deformations of the Sukil riverbed within the Pre-carpathian height in 1880–2019. Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: collection of scientific papers, 1 (12), 197–211.* <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2021.1.3464>
27. Schumm, S. A. (1977). *The fluvial system*. N. York: John Willy & Sons.

Main patterns of modern river morphodynamics of the Carpathian region

Galyna Bayrak

PhD (Geography), Associate Professor, Doctoral Student
of the Department of Geomorphology and Paleogeography,
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

ABSTRACT

The article describes the morphodynamics of river sections belonging to the foothill and flatland wide-floodplain channel types of the Carpathian region.

Purpose: to investigate the types and general patterns of river morphodynamics of the Carpathian region based on different-time cartographic information and remote sensing.

Methods: GIS technologies, remote sensing methods, cartographic, comparative, field research. Maps and satellite different time data were geocoded in QGIS software. Maps of the 1870s–1940s from the resource "Archival Maps of Poland and Europe" at scales of 1:75,000 and 1:100,000, topographic maps of the 1950s–1990s at scales of 1:50,000 and 1:100,000, maps from the Open Street Map (2014), satellite data from 2005–2021 from the Google Earth with a resolution of 1 m/pixel and the EO Browser (2024, resolution of 10 m/pixel) were used for analyze the dynamics of riverbeds.

Results. Seven morphological types of river channels were identified: single-thread straight channel, single-thread slightly sinuous, single-thread meandering, two-thread straight, two-thread slightly sinuous, multi-thread straight and multi-thread slightly sinuous channels. Changes in these riverbeds types at different times since 19th century were analyzed. All data of the channels morphodynamics were grouped into ten time periods before the extreme floods of 1900, 1927, 1941, 1969, 1980, 1989, 2008, 2014 and 2020, as well as the situation in 2024. The number of channel types was calculated in relation to the total number for a certain period. There were the most common single-thread straight types in 1980–1989; single-thread slightly sinuous forms in 1900–1927 and 2024; single-thread meandering – before 1900 and 2008–2014; two-thread straight and sinuous types – before 1900 and in 1950–1970, and at other times they were even less or absent; multi-thread straight and sinuous types – before 1900 and in the 1970s. Based on the channels morphodynamics analysis, the following types were distinguished: transversal and longitudinal displacements. Transversal types include parallel displacement of channels relative to the floodplain axis, changes from single-thread to double- and multi-thread channels, expansion of the meander radius, 180-degree turn of meander, changes of meander types, extinction of threads in braided channels. Longitudinal displacements types are as follows: changes in the length of the meandering zone, meanders displacement downstream, changes in the meanders necks and tops, river branches displacement downstream.

Scientific novelty. It was shown that river segments changing laterally return to their original shape over a certain period, and it is a cycle of changes in riverbed sections. The largest number of change cycles was studied for single-thread channels, and four cycles were identified for it. Two cycles were identified for braided channels.

Practical significance. The study of the river morphodynamics and its cyclity will allow solving the problems of predicting these changes and preventing the negative impacts of dangerous phenomena associated with river floods. Taking into account of the river morphodynamics features is important for planning of the floodplains and low terraces development, designing safe and stable buildings that will't be damaged by channel changes.

Keywords: morphodynamics, channel morphology, river, horizontal channel deformations, riverbed types, GIS technologies, remote sensing, Carpathian region.

References

1. Arkhipova, L. M. (2011). *Natural and technogenic safety of hydroecosystems: Monograph*. Ivano-Frankivsk: IFN-TUNG [in Ukrainian].
2. Bayrak, G. (2024). Analysis of the dynamics and morphology of riverbeds of the mountainous part of the Ukrainian Carpathians. *Morphodynamics of processes in the western region of Ukraine: development and ecological consequences*. Monograph / edited by R. Hnatyuk, L. Dubis. Lviv: Publishing House of the Ivan Franko National University of Lviv, 81–90. ISBN 978-617-10-0881-6 [in Ukrainian].
3. Bayrak, G. (2016). Changes in riverbeds in the context of changes in the forest cover of their basins (on the example of the Pidbuzh River in the Starosambir district). *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: collection of scientific papers*, 1(6), 18–31 [in Ukrainian].
4. Bayrak, G. (2024). Morphodynamics of the Bystrica River in the Precarpathian Mountains during a 147-year period. *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: collection of scientific papers*, 2(17), 112–129. <https://doi.org/10.30970/gpc.2024.2.4561> [in Ukrainian].
5. Bayrak, G., Kovalchuk, U. (2017). Morphology and Dynamics of the Stryvior Riverbed in the Precarpathian Uplands. *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: collection of scientific papers*, 1(07), 64–76. <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2017.07.1962> [in Ukrainian].
6. Bayrak, G. R. (2011). Modern channel processes and dynamics of the Tisza River bed at the intersection of the Vyhoralat-Hutyn volcanic range. *Physical Geography and Geomorphology*, 62, 45–54 [in Ukrainian].
7. Burshtynska Kh., Tretyak S., Shevchuk V. (2017). Research on the meandering of the Dniester River using geoinformation technologies. *Modern advances in geodetic science and production*, 1 (33), 113–138 [in Ukrainian].
8. Horishny, P. (2014). Horizontal deformations of the lower reaches of the Stryi River bed in 1896–2006. *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: collection of scientific papers*, 1(5), 68–74 [in Ukrainian].
9. Horishny, P. (2024). Horizontal deformations of the Dniester riverbed in Sambir Transnistria. *Morphodynamics of processes in the western region of Ukraine: development and ecological consequences*. Monograph. Edited by R. Hnatyuk, L. Dubis. Lviv: Publishing House of the Ivan Franko National University of Lviv, 90–95. ISBN 978-617-10-0881-6 [in Ukrainian].
10. Goryainov, S. (2024). Transformative possibilities of geological processes. *Visnyk V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (61), 39–54. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-03> [in Ukrainian].
11. Palanychko, O. (2023). Study of the conditions of channel formation of the rivers of the Precarpathian Basin within the alluvial plains. *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: collection of scientific papers*, 1 (15), 48–65. <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2023.1.3947> [in Ukrainian].
12. Pylypovych, O. V., Kovalchuk, I. P. (2017). *Geoecology of the river-basin system of the upper Dniester: monograph*. Ed. by I. P. Kovalchuk. Lviv-Kyiv: Ivan Franko National University of Lviv [in Ukrainian].
13. Radziy, I., Zayats, I., Tretyak, S. (2018). Research of the Dniester riverbed displacements using GIS technologies. *Modern advances in geodetic science and production*, II (36), 106–113 [in Ukrainian].
14. Rybak, N., Dubis, L. (2024). Morphodynamics of the Sukil. *Morphodynamics of processes in the western region of Ukraine: development and ecological consequences*. Monograph, edited by R. Hnatyuk, L. Dubis. Lviv: Publishing House of Ivan Franko National University of Lviv, 100–109. ISBN 978-617-10-0881-6 [in Ukrainian].
15. Romashchenko, M., Savchuk, D. (2002). *Water elements. Carpathian floods*. Kyiv: Agrarian science [in Ukrainian].
16. Selsky, V., Kovalska, L. (2007). Natural and historical aspect of the formation of the Bystrytsa river bed. *Scientific notes of the Ternopil National Pedagogical University. Series: geography*, 2, 26–30 [in Ukrainian].
17. Susidko, M. M., Polyakova, S. O., Shcherbak, A. V. (2006). Catalog of characteristics of rain and snow-rain floods on the rivers of the Carpathian region for 1989–2002. *Scientific works of UkrNDGMI*, 255, 299–310 [in Ukrainian].
18. Yushchenko, Y. S. (2005). *Geohydromorphological patterns of riverbed development*. Chernivtsi: Ruta [in Ukrainian].
19. Anderson, R. S., Anderson, S. P. (2010). *Geomorphology. The Mechanics and Chemistry of Landscapes*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511794827>
20. *Antropopresja w wybranych strefach morfoklimatycznych – zapis zmian w rzeźbie i osadach*. Praca zbiorowa. (2012). Wydział Nauk o ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Sosnowiec. ISBN 978-83-61644-33-0
21. Charlton, R. (2008). *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. London; New York: Routledge. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2009.883.5.x>
22. Fryirs, K. A., Brierley, G. J. (2013). *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. URL: www.wiley.com/go/fryirs/riversystems
23. Huggett, R. G. (2007). *Fundamentals of geomorphology*. Second edition. NY: Taylor & Francis e-Library. ISBN 0-203-94711-8 Master e-book ISBN.
24. Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*, 2nd edition, Oxford: Arnold.
25. Leopold, L. B., Wolman, M. G. & Miller, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*, San Francisco, CA: W.H. Freeman.
26. Rybak, N., Dubis, L. (2021). Horizontal deformations of the Sukil riverbed within the Pre-carpathian height in 1880–2019. *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: collection of scientific papers*, 1 (12), 197–211. <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2021.1.3464>
27. Schumm, S. A. (1977). *The fluvial system*. N.York: John Willy & Sons.