ISSN 2519–2620. Проблеми геоморфології і палеогеографії...2024. Вип. 2 (17), 112–129

УДК 551.4; DOI 10.30970/gpc.2024.2.4561

Морфодинаміка р. Бистриці на Передкарпатті протягом 147-річного періоду

Галина Байрак
(halyna.bayrak@lnu.edu.ua; orcid.org/0000-0002-4802-2706)
Львівський національний університет імені Івана Франка

Анотація. Стаття висвітлює дослідження сучасної морфодинаміки малої ріки на передгірській ділянці. Для досліджень вибрано р. Бистрицю (Тисменицьку) на Передкарпатській височині, яка має характерні типи русла: однорукавне, багаторукавне та меандроване. Морфодинаміка русла була досліджена за допомогою різночасових карт 1877, 1906, 1940, 1959 років з ресурсу "Mapy archiwalne Polski i Europy"; 1989 р. з фондів географічного факультету; 2023 р. з ресурсу Open Street Maps; супутникових знімків 2005, 2010, 2014, 2019 і 2021 років з ресурсу Google Earth; 1989 і 2024 р. з ресурсу EO Browser. Було виділено п'ять відрізків русла, на яких морфодинаміка проявлялася по-різному у залежності від морфологічного типу русла і ширини заплави. На першому відрізку була така зміна: дво- і багаторукавне пряме (1877) → однорукавне злегка звивисте (1906–1940) → багаторукавне пряме (1989) → однорукавне злегка звивисте та меандроване (2021–2024). На другому відрізку проявилася така різночасова морфодинаміка: русло багаторукавне звивисте (1877) → дворукавне злегка звивисте із фрагментом багаторукавного (1906–1940) → однорукавне злегка звивисте зі старицями (1989) → одно- і дворукавне злегка звивисте (2021–2024). Для третього відрізка характерна морфодинаміка: багаторукавне пряме (1877–1940) → однорукавне пряме русло (1989) → однорукавне злегка звивисте з меандрою (2021–2024). Морфодинаміка меандрованого типу русла на четвертому-п'ятому відрізках проявилася у змінах їхніх форм, розмірів, кутів розвороту, довжини прогину, трансформації малих вигинів русла. За результатами досліджень спостерігаємо закономірність, коли переважали періоди із достатньою кількістю опадів у кінці XIX – на початку XX ст., морфологія русла мала здебільшого багаторукавну чи дворукавну звивисту структуру. У середині і кінці XX ст. відбувається спрощення структури – русло стає здебільшого однорукавним прямим. На початку другого десятиліття XXI ст. однорукавне русло дістає вигини та меандри, що не було характерно для жодного із періодів. За більшої кількості опадів зростає водність потоку і відповідно русло стає багаторукавним та меандрованим. В третьому десятилітті XXI ст. ріка набуває прямого характеру з однорукавним, зрідка дворукавним руслом. Екстремальні паводки змінюють морфологію русла, а в періоди між ними річка має стабільну форму, накопичуючи потенціал до змін.

Ключові слова: морфодинаміка ріки; річкові русла; горизонтальні деформації; нестабільність; сучасні флювіальні процеси; динаміка русла; р. Бистриця; Передкарпатська височина.

©Байрак Г., 2024.

Bystrytsia River morphodynamics in the Precarpathian Upland since 147 years ago

Galyna Bayrak (halyna.bayrak@lnu.edu.ua; orcid.org/0000-0002-4802-2706)
Ivan Franko National University of Lviv

Abstract. The article describes the modern morphodynamics of a small river in the foothills. The Bystrytsia (Tysmenyts'ka) River in the Precarpathian Upland was chosen for the research. It has typical riverbeds: single-channel, multi-channel and meandering. The morphodynamics of the riverbed was studied using the maps of different times (1877, 1906, 1940, 1959) from the different resources ("Archival maps of Poland and Europe"; 1989 from the collections of the Faculty of Geography; 2023 from the resource Open Street Maps; Space images from 2005, 2010, 2014, 2019 and 2021 from the resource Google Earth; 1989 and 2024 from the resource EO Browser). Five sections of the riverbed were identified, where the morphodynamics manifested themselves differently depending on the morphological type of the riverbed and the width of the floodplain. The first section had the following change: two- and multi-channel straight (1877) → single-channel slightly sinuous (1906–1940) → multi-channel straight (1989) → single-channel slightly sinuous and meandering (2021–2024). The second section showed the following morphodynamics at different times: multi-channel sinuous riverbed (1877) → two-channel slightly sinuous with a fragment of a multi-channel (1906–1940) → single-channel slightly sinuous with old riverbeds (1989) → single- and two-channel slightly sinuous (2021–2024). The third segment is characterized by morphodynamics: multi-channel straight (1877–1940) → single-channel straight channel (1989) → single-channel slightly winding with a meander (2021–2024). The morphodynamics of the meandering type of channel in the fourth and fifth segments manifested themselves in changes in their shapes, sizes, angles of turn, deflection length, and transformation of small meanders of the channel. According to the results of the research, we observe a pattern when periods with sufficient precipitation prevailed in the late 19th and early 20th centuries, the channel morphology had mostly a multi-channel or two-channel form. In the middle and late 20th century the structure is simplified – the channel becomes mostly a single-channel straight. At the beginning of the second decade of the 21st century, the single channel acquires bends and meanders, which was not characteristic for any of the periods. With more precipitation, the water runoff of the river increases and, accordingly, the riverbed becomes multi-channel and meandering. In the third decade of the 21st century, the river takes on a straight shape and a single-channel, rarely – two-channel bed prevails. Extreme floods change the morphology of the channel, and in the periods between them, the river has a stable shape and accumulates potential for changes.

Key words: river morphodynamics; river channel; horizontal deformations; instability; modern fluvial processes; channel dynamics; river Bystrytsia; Precarpathian Upland.

Вступ. Сучасний рельєф земної поверхні змінюється безперервно і одним із втілень цих постійних змін є морфодинаміка річкових русел. Якийсь час ріка перебуває в динамічній рівновазі і накопичує потенціал для змін, розмиваючи, транспортуючи і відкладаючи невелику кількість матеріалу під час сезонних паводків. Цьому сприяє також антропогенна діяльність у руслах та на заплаві. Під час катастрофічних паводків рівновага системи порушується і відбуваються

активні переформування. Вивчення направленості цих змін має велике значення для забезпечення стійкості природних та антропогенних комплексів на берегах.

Найбільш активно розвивається руслова морфодинаміка для тих рік, у яких змінюється середовище протікання і відповідно, рух води і наносів. Це, наприклад, відбувається при перетині ріками гірських і передгірських областей, коли різко змінюється ухил ріки, ширина заплави і русла, крутість берегів, склад відкладів ложа і берегів. На ці геолого-геоморфологічні умови добре реагують малі ріки, оскільки гідрологічні фактори для них не мають вирішального значення, як для великих рік. Однією з таких малих рік, яка тече у гірській та передгірській області є Бистриця Тисменицька або Підбузька. Вона протікає через високоосвоєний регіон, де для зменшення впливу річкових переформувань були здійснені різні регулюючі заходи, тому найбільше її динаміка проявляється на ділянці природного русла у районі виходу з Карпатської гірської системи на Передкарпаття.

Мета роботи: дослідити довготермінову (протягом століття) і короткотермінову (кілька років і десятків років) морфодинаміку русла Бистриці на Передкарпатській височині.

Русло Бистриці належить до передгірського типу. Морфологічні особливості передгірських рік залежать від форми долини і ширини заплави: за наявності вузьких заплав утворюються прямі і слабко звивисті русла, а на широких заплавах русла галузяться на рукави або стають меандрованими. Для напівгірських рік характерні спокійні потоки, бурхливими вони стають лише під час паводків.

Вивчення морфології русел, руслових процесів та динаміки форм значно поширене серед науковців України, як гідрологів, так і геоморфологів. Передкарпатський регіон є особливо привабливим, оскільки ріки тут повноводні, їхні долини широкі, часто випадають опади і періодично проходять руслоформуючі паводки і повені. На Передкарпатті досліджували морфологію і зміни русел таких рік чи їхніх відрізків: Прута на відрізку перед м. Чернівці (Ющенко, 2005); Бистриці біля Івано-Франківська (Сельський та ін., 2007); Лімниці (Ободовський та ін., 2010); Стрия на відрізку Стриганці–гирло Стрия (Горішний, 2014); Дністра на відрізку Галич–Заліщики (Бурштинська та ін., 2017), Розвадів–Галич (Радзій та ін., 2018); Стривігора (Байрак, 2017; Mykhnovych, 2018); Сукелі (Rybak et al., 2021); Стрия, Бистриці Надвірнянської, Бистриці Солотвинської та Лімниці (Burshtynska et al., 2024), а також умов формування загалом (Паланичко, 2023). Автори констатують високі показники мінливості русел, пов’язані зі збігом погодних умов та антропогенною діяльністю на руслових формах.

Методи досліджень. Для дослідження морфодинаміки русла були використані методи ГІС, ДЗЗ і польові спостереження. Було проаналізовано морфологію русла Бистриці, зображеної на історичних картах 1877, 1903, 1906, 1913, 1925, 1932, 1940 років з ресурсу "Mapy archiwalne Polski i Europy". Проте виявилося, що карти 1903–1940 років не містять суттєво відмінних зображень русла. Тому для аналізу були обрані карти 1877 і 1940 років масштабу 1:75 000 і 1:100 000. Наступний

часовий зріз – це карти 1959 р. (нижня ділянка с. Городище–Тинів) і 1989 р. масштабів 1:50 000. Русло, закартоване на топокартах 1989 р., порівнювалося із руслом, зображеним на космознімках Landsat-4-5TM 1989 р. розрізненням 30 м/пікс. Карти 2021 р. отримано з ресурсу Open Street Map. У програмному середовищі QGIS-3.28 виконано геокодування серії різночасових карт та векторизацію русла на їхній основі.

Станом на 2005, 2010, 2014, 2019 і 2021 роки було оцифровано русло Бистриці в інтерактивному режимі на супутникових знімках ресурсу Google Earth розрізненням 1 м/пікс. Це дозволило спостерігати динаміку русла на невеликих детальних фрагментах. Сучасний стан русла отримали з космознімків ресурсу EO Browser 2024 р. (розрізнення 10 м/пікс) та детальних польових спостережень. Відповідно досліджували зміни протягом довготривалих і короткотривалих проміжків часу.

Загальна характеристика ріки. Бистриця починається на висоті 608 м в околицях с. Бистриця, які належать до Скибових Карпат, перетинає Дрогобицьку височину на Передкарпатті і впадає в р. Дністер біля с. Липиця на висоті 251 м у районі Верхньодністерської рівнини. Довжина її 73 км. Похил невеликий і становить 4,89 ‰. Швидкість течії у гірській частині 1,2–1,5 м/с, а в передгірській вдвічі повільніша. Середня багаторічна витрата води р. Бистриця, за даними гідропоста с. Велика Озимина, складає 2,31 м^3/с після впадіння в неї потужної лівої притоки Черхавки. Витрата 95% забезпеченості становить 0,23 м^3/с. Витрати значно менші перед цією ділянкою.

На морфодинаміку русла впливають такі параметри, як ширина заплави, висота берегів ріки і швидкість течії. На відрізку 4,5 км після виходу з гір в околицях сіл Підмонастирок–Уріж Бистриця має нешироку заплаву – 200 м і швидкість течії 0,3 м/с. Починаючи від с. Винники заплава розширюється до 350 м і сягає 460 м поблизу с. Долішний Лужок, швидкість течії зростає до 0,7 м/с. Далі до с. Ортиничі заплава знову звужується до 100–180 м, а швидкість течії стає 0,5 м/с. Ширина русла 6–9 м на ділянці с. Підмонастирок і 14–15 м біля с. Долішний Лужок. Середня глибина русла в межінь змінюється від 0,2 до 0,6 м, максимальна на окремих плесах сягає 1,5 м. Висота берегів становить 0,3–0,6 м біля гір і 1,0 м біля Долішнього Лужка. Дно кам’янисте. Ближче до гір береги складені галечниками з піщано-гравійним і суглинистим заповнювачем, з домішками валунів. Валуни, галька і гравій представлені переважно пісковиками, рідше кварцитами, кременями, зрідка вапняками. Всі фракції добре обкатані. З віддалення від гір розмір уламків зменшується, на Верхньодністерській рівнині переважають супіщано-суглинисті суміші. Заплава обмежена уступом першої надзаплавної тераси висотою 4–5 м. Згадані геолого-геоморфологічні та гідрологічні чинники визначають характерну морфодинаміку ріки.

На режим і морфодинаміку ріки суттєво впливає техногенна діяльність, в результаті чого характер гідрологічного режиму Бистриці не стабільний. У днищі Бистриці з 1930-х років відбувається регулярний водовідбір у середньому 5328,4 м^3/добу (0,06 м^3/с) на Урізькому водозаборі КП "Дрогобичводоканал", який

здійснюється з водоносного горизонту в алювіальних відкладах заплави і першої надзаплавної тераси голоцену і верхнього плейстоцену. В останні десятиріччя ведеться інтенсивний видобуток гравію на островах і боковиках у руслі, який зумовлює деяке зниження базису ерозії, що сприяє швидкому стоку води з водозбірної площі й обмілінню ріки. Зростання вирубок лісів, яке інтенсивно відбувалося у другому десятилітті XXI ст. (дані Global Forest Change), значно зменшило водозатримуючу роль ґрунтів, що обумовило бурхливе проходження паводків. Величина середньорічного стоку практично залишилась сталою, але відбувся перерозподіл стоку в часі. Кількість стоку в повені збільшилась за рахунок росту їхньої інтенсивності, хоча в часі вони стали коротшими. Зменшилась частка меженного стоку і меженні періоди стали довшими. За даними гідропоста Озимина (dnister.meteo.gov.ua) спостерігалися три мінімуми рівнів води у руслі: 10.09.2019–12.03.2020; 12.09.2020–15.03.2021; 3.07.2022–2.12.2023.

Техногенна діяльність пов’язана також із меліоративними заходами. Нижній відрізок русла Бистриці від с. Ортиничі на Верхньодністерській рівнині станом на 1877 рік вже був техногенно змінений: його блукання обмежили глибоким русловим каналом. У 1930-і роки, за даними топографічних карт того періоду, русло було меліороване від с. Верхні Мельники до гирла та обмежене в меандруванні. У 1950 р. була побудована Новошицька міні-ГЕС, сумарною потужністю 180 кВт (Wiki). Перепад висот між верхнім і нижнім б’єфами водосховища склав 3,7 м. Довжина водосховища 600 м, русло ріки повністю затоплене. Також після водосховища на відстані 300 м русло каналізували. Перед водосховищем на віддалі 2 км і 1 км після нього з лівого берега, як видно за супутниковими даними, побудували протипаводкові вали, які локалізували блукання русла.

Морфодинаміка русла Бистриці найбільше відбувається на передгірському її відрізку довжиною 25 км від с. Підмонастирок до с. Ортиничі. На гірському відрізку ріки спостерігаються невеликі зміни малих відрізків за довготерміновий період. Нижче с. Ортиничі внаслідок антропогенних змін русла з метою осушувально-меліоративних робіт морфодинаміка стабільна.

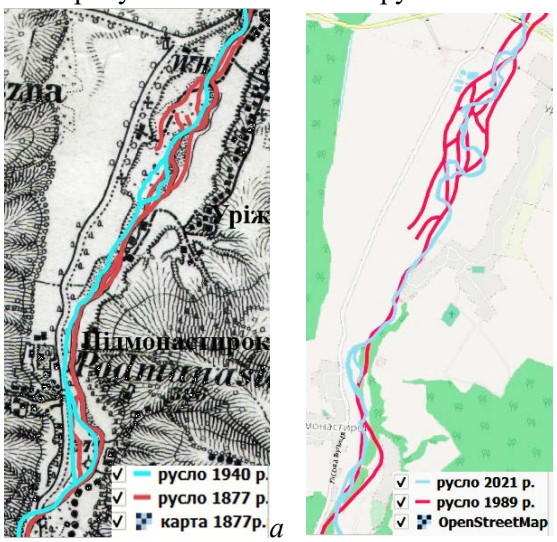
Результати досліджень. Досліджувана 25-кілометрова ділянка Бистриці, де відбувається її морфодинаміка, була поділена *на п’ять відрізків*, які відрізняються морфологією і направленістю змін русла. Перший відрізок знаходиться між селами Підмонастирок–Уріж; другий – вздовж с. Винники; третій – с. Мокряни – гирло Ступниці; четвертий – гирло Ступниці – с. Велика Озимина; п’ятий – с. Велика Озимина – с. Ортиничі.

В результаті аналізу даних ***за довготерміновий період*** було встановлено такі зміни русла Бистриці *на першому відрізку між селами Підмонастирок–Уріж*: дво- і багаторукавне пряме (1877) → однорукавне злегка звивисте (1906–1940) → багаторукавне пряме (1989) → однорукавне злегка звивисте та меандроване (2021–2024) (рис. 1).

Станом на 1877 р. на відрізку сіл Підмонастирок – Уріж довжина ділянок дво- і багаторукавного русла переважала і становила 60 % цього відрізка.

Сформувалося два фрагменти дворукавного і один фрагмент багаторукавного русла довжиною 1 км. Багаторукавне русло утворилося в місці, де був згодом створений водозабір. Ширина заплави тут сягає 350 м, до і після цієї ділянки вона звужується вдвічі. На ділянці ухил дна долини досить відчутний – 7,1 ‰. За умов широкої заплави і багатоводного потоку, звичним було те, що русло галузилося на рукави.

Станом на 1940 р. почало домінувати однорукавне пряме і злегка звивисте русло. Дворукавне русло становило лише 12 % цього відрізка і спостерігалося на ділянці розширення заплави. Водний потік після чергового великого паводку отримав прямий найкоротший шлях протікання. Морфологія русла на цьому відрізку з 1877 до 1940 року змінилося із багаторукавного на однорукавний тип.



а *б*

Рис. 1. Морфодинаміка русла Бистриці на відрізку сіл Підмонастирок–Уріж: *а*) станом на 1877 і 1940 роки; *б*) станом на 1989 і 2021 роки

Fig. 1. Morphodynamics of the Bystrytsia riverbed in the section of the villages of Pidmonastyrok–Urizh: *a*) in 1877 and 1940; *b*) in 1989 and 2021

Станом на 1989 р. (рис. 1 *б*) багаторукавність відновилася в тому місці, де вона була майже 100 років тому, спостерігаємо кілька рукавів-проток і невеликі ставки. Довжина ділянки багаторукавного русла зросла до 1,4 км. Велика водність потоку зумовила зростання чисельності рукавів ріки. Геоморфологічні, гідрологічні і кліматичні фактори обумовили те, що відбулася зміна морфології русла з однорукавного на багаторукавне на ділянці розширеної заплави. Проте на ділянках звужень заплави дворукавність русла, яка була майже 100 років тому не відновилася, там формувалося однорукавне пряме русло.

Станом на 2021 р. на відрізку Підмонастирок–Уріж русло із одно- та багаторукавного прямого (1989 р.) трансформувалося в однорукавне злегка звивисте. На ділянці звуженої заплави русло здебільшого має невеликі вигини, а на ділянці широкої заплави виникла петлеподібна меандра радіусом 90 м і кроком 127 м.

ISSN 2519–2620. Проблеми геоморфології і палеогеографії...2024. Вип. 2 (17), 112–129

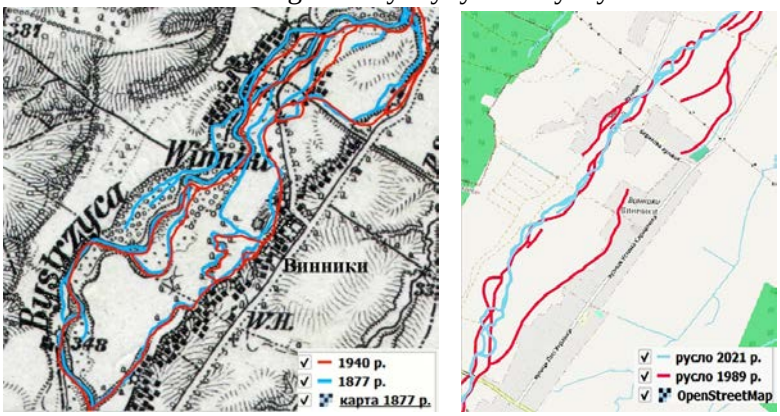
Станом на 2024 р. петлеподібна меандра трансформувалася у сегментну, русло в цілому зберігає злегка звивистий характер, фрагментами – пряме (рис. 2 *а*). На початку с. Підмонастирок, при високій швидкості потоку, значному ухилі, русло пряме і здійснює активну бокову ерозію уступу тераси правого берега в кінці прямого відрізка (рис. 4 *а*). На інших ділянках передкарпатської частини Бистриці підмивів не спостерігається.

На другому відрізку вздовж с. Винники проявилася така різночасова морфодинаміка Бистриці: русло багаторукавне звивисте (1877) → дворукавне злегка звивисте із фрагментом багаторукавного (1906–1940) → однорукавне злегка звивисте зі старицями (1989) → одно- і дворукавне злегка звивисте (2021–2024) (рис. 3 і 2 *б*).

а *б*

Рис. 2. Русло Бистриці станом на 06.11.2024 р. (дані супутника Sentinel-2 з ресурсу EO Browser): *а* – перша ділянка в околицях с. Уріж, *б* – друга-третя ділянки в околицях сіл Винники–Мокряни–Голодівка

Fig. 2. The Bystrytsia riverbed as of 06.11.2024 (Sentinel-2 satellite data from the EO Browser resource): a – the first section near the village of Urizh, b – the second-third sections near the villages of Vynnyky–Mokryany–Holodivka



а *б*

Рис. 3. Морфодинаміка русла Бистриці на відрізку с. Винники: *а*) станом на 1877 і 1940 роки; *б*) станом на 1989 і 2021 роки

Fig. 3. Morphodynamics of the Bystrytsia riverbed in the section of the village of Vynnyky: *a*) in 1877 and 1940; *b*) in 1989 and 2021

Заплава на цьому відрізку сягає ширини 200–250 м, тому русло має умови для поділу на рукави. У складі алювію руслових форм зменшується кількість великоуламкового матеріалу, зокрема, великих та середніх гальок, натомість зростає відсоткова частка гравію та піску. Ухил залишається на рівні 7,0 ‰. Станом на 1877 і 1940 роки для відрізка був характерний тип багаторукавного злегка звивистого русла, причому на 1940 р. довжина багаторукавного сегмента скоротилася із 65 до 40 %. Із здебільшого багаторукавного русло стало дворукавним. Русло мало ще достатню водність, щоб галузитися на рукави. Для нього також була характерна звивистість із радіусом звивин приблизно 50 м. Цікаво, що на високій заплаві з правого берега протікала протока-рукав, яка у нижній її частині розгалужувалася на менші рукави. На низькій заплаві завжди було кілька довгих і коротких рукавів.

Станом на 1989 р. більшість рукавів Бистриці на другому відрізку перетворилися на стариці, заповнені водою. Русло стало однорукавним, його звивистість зменшилася. Протоку на заплаві частково перекрили антропогенною забудовою: в середній її частині розташували колгоспний машинно-тракторний двір, ділянку розрівняли, а протоку засипали. Хоч русло має умови для поділу на рукави, проте воно має спрощений однорукавний характер, можливо через наявність руслових кар’єрів нижче за течією, сліди яких спостерігали у сучасний період.

Звивистість русла відновилася станом на 2021 р., проте радіуси звивин значно менші, ніж 100 років тому: сягають 20 м. Русло внаслідок переформування після великих паводків 2008 і 2019 років продовжує бути однорукавним. Цьому сприяють і тривалі періоди межені: вересень 2019 – березень 2020; вересень 2020 – березень 2021, за даними гідропоста Озимина. На ділянках у 500 м наявні фрагменти дворукавного русла, а також короткі фрагменти стариць з водою. Звивистість несиметрична: довжина боковиків між вигинами русла становить від 20 до 60 м.

Станом на 2024 р. звивистість русла залишається локальною, на багатьох фрагментах воно стало рівніше, розвинені короткі бокові рукави (рис. 4 *б*). Збільшилася площа і відносна висота боковиків та островів. Їхня поверхня дуже горбиста, що вказує на неодноразовий антропогенний відбір матеріалу.

Для третього відрізка (с. Мокряни – гирло Ступниці) характерна така морфодинаміка: багаторукавне пряме (1877–1940) → однорукавне пряме і звивисте русло (1989) → однорукавне злегка звивисте з меандрою (2021–2024) (рис. 5 і 2 *б*).

Заплава на третьому відрізку сягає ширини 250–280 м, також низька заплава стає ширшою, в межах якої відбувається головно сучасна морфодинаміка. Протягом 1877–1940 років тут існував багаторукавний тип русла. Переважали короткі і малі рукави-притоки. Звивистість не була характерною. У нижній частині відрізка, між с. Голодівка і гирлом Ступниці розвивалося однорукавне русло. Його морфодинаміка у цей період мало змінювалася.

Рис. 4. Русло р. Бистриці: *а* – на першій ділянці на початку с. Підмонастирок. Вдалині видно підмиви уступу тераси; *б* – на другій ділянці в околицях с. Винники

Fig. 4. The bed of the Bystrytsia River: *a* – in the first section at the beginning of the village of Pidmonastyrok. *b* – in the second section near the village of Vynnyky

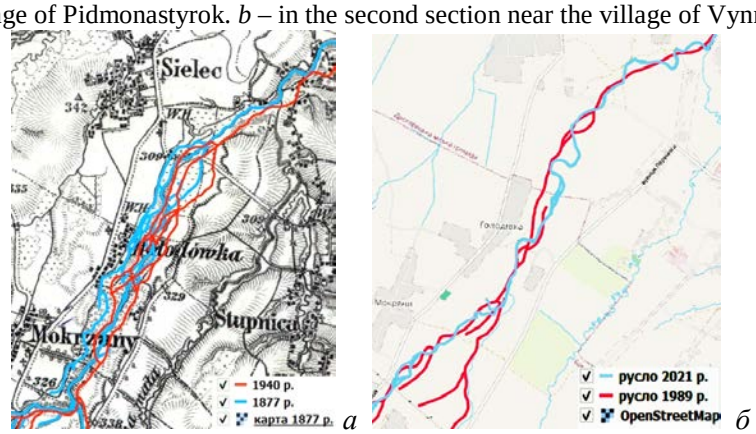


Рис. 5. Морфодинаміка русла Бистриці на відрізку с. Мокряни–Голодівка: *а*) станом на 1877 і 1940 роки; *б*) станом на 1989 і 2021 роки

Fig. 5. Morphodynamics of the Bystrytsia riverbed in the section between the villages of Mokryany and Holodivka: *a*) in 1877 and 1940; *b*) in 1989 and 2021

На 1989 р. морфологічний тип русла різко змінився – воно стало однорукавним на всьому проміжку, багато рукавів відмерли. Лише на коротких фрагментах 160–200 м існувало дворукавне русло. За даними космознімків Landsat 1989 р., звивистість розвивалася на початку і в кінці даного відрізка, здебільшого лівостороння. 44 % довжини русла було звивистим, решта – прямим однорукавним. Радіуси меандр сягали 45–50 м. За формою вони були сегментні.

На 2021 р. русло продовжує бути однорукавним, як і 1989 р. Звивистість становить 48 % довжини цього відрізка. Радіуси двох лівосторонніх меандр зросли відповідно до 65 і 80 м. Одна з них стала петлеподібною. В місцях розташування дворукавного русла, після відмирання рукава, залишилося однорукавне. Між с. Голодівка і гирлом Ступниці характерна міграція русла від одного берега до другого: якщо на 1989 р. воно підмивало лівий берег, то тепер здебільшого правий. Зміщення становлять 152–184 м. Зміщення русла, передбачаємо, відбулося після катастрофічного паводку 2008 р. На невеликому фрагменті ріки перед гирлом

Ступниці з прямого типу русло перейшло у меандрований. Меандри малого радіуса, як лівосторонні, так і правосторонні.

Станом на 2024 р. основи меандр сильно розширилися, кут входу і виходу із вигинів став розлогіший, радіус менший. На інших ділянках формується пряміше русло, ніж 2021 р.

Отож на верхніх трьох передкарпатських відрізках Бистриці внаслідок різночасової морфодинаміки тривалістю 40–63 роки спостерігаємо зміни типів русла. На нижніх двох відрізках тип русла не змінюється, лише змінюються його елементи. Розглянемо далі детальніше.

Для четвертого передкарпатського відрізку (с. Ступниця – с. В. Озимина) характерний звивистий (меандрований) тип русла. Це найбільш звивистий відрізок з усієї довжини русла, для якого характерні вільні меандри. Вони розвиваються в умовах, коли ухил дна долини спадає до 2,9 ‰, а водність потоку зростає після впадіння притоки Ступниці. Моделі морфодинаміки меандр нерідко розраховувалися різними авторами (River.., 2024). У наших дослідженнях морфодинаміка меандр проявилася у змінах їхніх форм, розмірів, кутів розвороту, довжини прогину, трансформації малих вигинів русла. Ширина заплави сягає 400–550 м, що дозволяє розвиватися синусоїдального типу меандрам. Їхній радіус становить 150–170 м, крок в середньому 330 м. Домінують лівосторонні меандри (рис. 6).

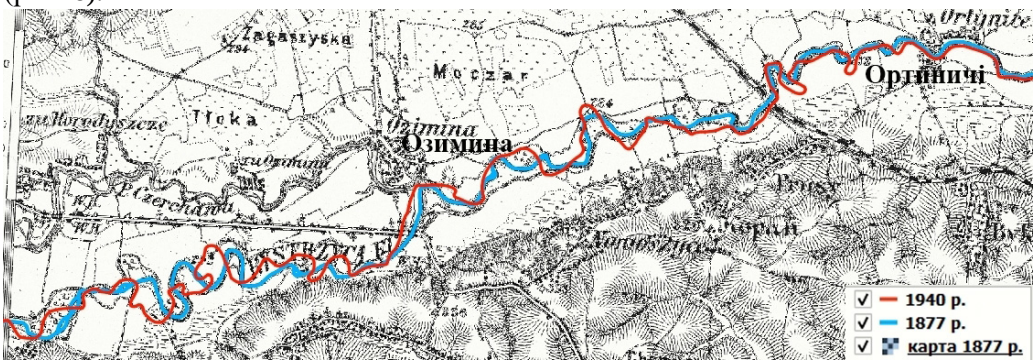


Рис. 6. Морфодинаміка русла Бистриці на відрізку сіл Ступниця–В. Озимина–Ортиничі станом на 1877 і 1940 роки

Fig. 6. Morphodynamics of the Bystrytsia riverbed in the section of the villages of Stupnytsia–V. Ozymyna–Ortynychi as of 1877 and 1940

Станом на 1877 р. існувало дві лівосторонні і одна правостороння меандра, а також два малих вигини. На початку відрізка було пряме однорукавне русло з короткими фрагментами дворукавності. Лише в цьому періоді спостерігаємо фрагменти дворукавності, в інші періоди немає. 74% довжини цього відрізка становило звивисте русло, 26% – пряме. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,51. Крок меандр 230 і 300 м. Радіус сягав 170–200 м. За формою синусоїдальні.

Станом на 1940 р. русло на всьому цьому відрізку отримало більше звивин. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,76. Кількість великих меандр зменшилася до двох, зате з’явилося багато малих. Частина меандр змінила стрілу прогину з лівого на

правий берег. Загалом вони набули петлеподібної форми, радіус зріс до 220 м. Крок збільшився до 240 і 330 м. Розвинулися також малі звивини радіусом 45–80 м. На 1940 р., як і в 1877 р., більшість звивин мали кут розвороту в напрямі за течією, лише одна меандра – проти течії. У наступному періоді всі кути розвороту стануть однакові – за течією.

Станом на 1959 р. звивисте русло змінилося на пряміше (рис. 7). Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,41. Від попереднього періоду залишилися дві великі меандри та дві малих. В правосторонньої петлеподібної меандри відбувся прорив в кутах згину, вона стала прорваною, а в лівосторонньої петлеподібної основа навпаки розширилася, вона стала синусоїдальною. Вершина однієї меандри, напрямлена проти течії станом на 1940 р., розвернулася за течією. Цього періоду відбувся закономірний розвиток морфології русла із звивистого на пряме, а поштовхом до змін був великий паводок у вересні 1941 р.

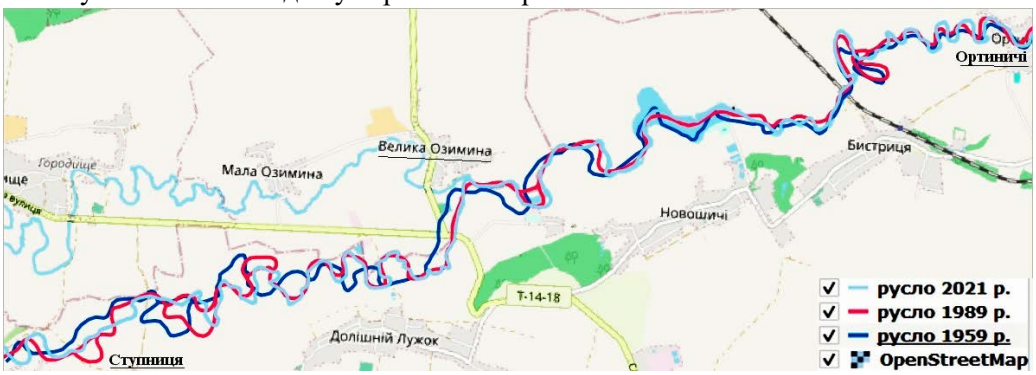


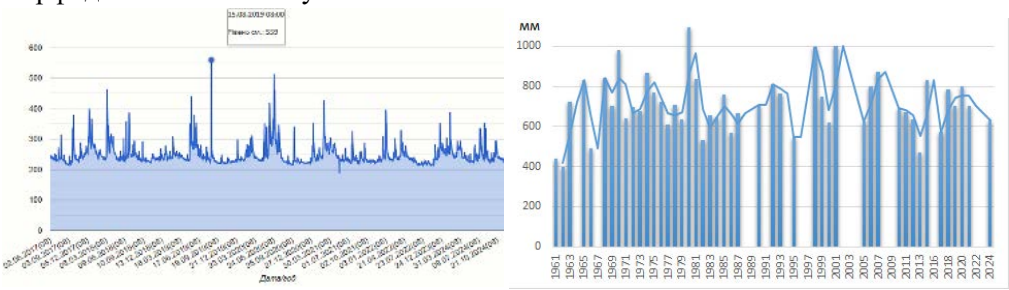
Рис. 7. Морфодинаміка русла Бистриці на відрізку сіл Ступниця–В. Озимина–Ортиничі станом на 1959, 1989 і 2021 роки

Fig. 7. Morphodynamics of the Bystrytsia riverbed in the section of the villages of Stupnytsia–V. Ozymyna–Ortynychi in 1959, 1989 and 2021

Станом на 1989 р. русло відновило меандрування. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,59. З'явилося сім порівняно великих меандр радіусом 120–140 м. Їхній крок в середньому 270–290 м. За морфологічним типом – три прорвані і чотири синусоїдальні меандри. П'ять з них лівосторонні, дві – правосторонні, фактично русло у цей період робило великі вигини від одного до другого берега, підмиваючи підніжжя першої надзаплавної тераси. Меандрування ріки розвинулося при відносно великій водності ріки, а поштовхом до змін морфології русла став катастрофічний паводок 1969 р. Річні суми опадів у 1980-і роки, за даними метеопоста м. Дрогобича, були помірними – в середньому 720 мм, порівняно із 1970-ми, коли у середньому за рік спостерігалося 731 мм. Тому розвиток меандр і підмиви берегів спричинювала посилена антропогенна діяльність у басейні.

Станом на 2021 р. звивистість цього відрізка є максимальною за всі роки спостережень. Коефіцієнт звивистості становить $k_{зв}$= 1,97. На початку відрізка, де існувала велика меандра з кроком у 580 м, сформувалося дві менших, тому загалом їх стало вісім. Всі вони синусоїдального типу, здебільшого лівосторонні. Їхні

вершини значно звузилися, порівняно з 1989 р., що пов'язане із гідрометеорологічними умовами останніх років (рис. 8). Порівняно із попереднім періодом меандри загалом зазнали незначної трансформації, хоч в той період відбувся катастрофічний паводок 2008 і великий паводок 2019 років. Станом на 2024 р. береги меандруючого русла закріплені деревною рослинністю. Його морфодинаміка стабілізувалася.



а *б*

Рис. 8. *а* – рівні підняття води за даними гідропоста Озимина; *б* – середні річні суми опадів за даними метеопоста Дрогобича (дані dnister.meteo.gov.ua та Львівського регіонального центру з гідрометеорології)

Fig. 8. *a* – water rise levels according to the data of the Ozymyna hydro station; *b* – average annual precipitation amounts according to the data of the Drohobych meteorological station (data from dnister.meteo.gov.ua and the Lviv Regional Center for Hydrometeorology)

Для п'ятого відрізка Бистриці від сіл Озимина до Ортинич теж характерне меандроване русло. Новошицьке водосховище частково вирівнює падіння ріки попри і так невеликий ухил дна. Він становить 0,8 ‰. Можна спостерігати, що на початку XX ст. існувало звивисте однорукавне русло. Відновили роботу греблі і водосховища у 2013 році, вода заповнила заплаву. На початку цього відрізка поширені великі меандри із кроком 600–700 м, одну з яких успадкувало водосховище, а в кінці відрізка, після залізничної вітки, розповсюджені малі звивини з кроком 90–100 м.

Станом на 1877 р. ¾ відрізка становило меандроване русло із синусоїдальними типами форм і ¼ – слабко звивисте. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,42.

1940 року розвинулися меандри із широкими основами і вершинами – скринеподібного, а також сегментного типу. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,63. Найбільшої трансформації зазнали синусоїдальні меандри: одна з них розширилася і стала сегментною, а інша, навпаки, перетворилася із сегментної у синусоїдальну. Але вони поширені фрагментарно.

Станом на 1959 р. змінилися вершини звивин, вони звузилися, від чого форми меандр знову набули сегментного характеру. Вершини деяких синусоїдальних меандр змістилися ближче до середини днища, зменшуючи ширину поясу меандрування. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,61. Деякі меандри розвернулися у напрямі течії і стали заваленого типу.

Станом на 1989 р. хоч вигини існували, проте їхні форми закруглились, як і майже 100 років тому, з'явилося багато прямих ділянок. Переважали сегментні меандри. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,41. Дві синусоїдальні меандри прорвалися, одна ще існувала. У кінці відрізка зменшилася ширина поясу меандрування.

Відчутні зміни відбулися станом на 2021 р. Відновилися сегментні меандри на ¾ відрізках русла і синусоїдальні на ¼ відрізка. Проте конфігурація меандр все ж стала інша, ніж 147 років тому. Також зросла ширина поясу меандрування, порівняно із 1877 р. Коефіцієнт звивистості $k_{зв}$= 1,76.

Станом на 2024 р. продовжує існувати меандроване русло, береги добре закріплені густою рослинністю.

Поряд із довготерміновими змінами, було досліджено ***короткотермінову динаміку русла Бистриці протягом XXI ст***. За основу було взято супутникові знімки великої роздільної здатності (1 м/пікс) з веб-ресурсу Google Earth. Станом на 2005 р. для русла в цілому була характерна звивистість дворукавного, на значних фрагментах – багаторукавного русла (рис. 9).

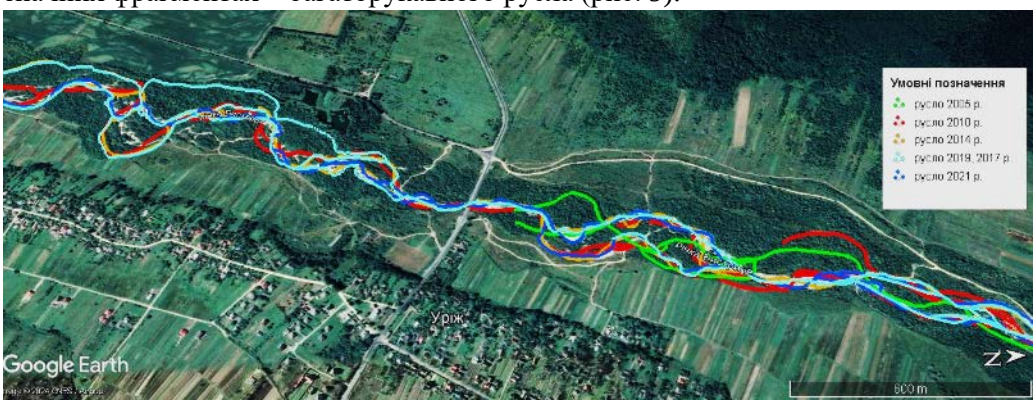


Рис. 9. Морфодинаміка русла Бистриці в околицях сіл Уріж–Винники протягом 2005–2021 років

Fig. 9. Morphodynamics of the Bystrytsia riverbed in the vicinity of the villages of Urizh–Vynnyky during 2005–2021

Станом на 2010 р., після катастрофічного паводку 2008 р., на низькій заплаві близько русла спостерігалося багато оголених ділянок з алювіальним матеріалом. Русло переформувалося із багаторукавного в однорукавне з довгими старицями, заповненими водою. На двох фрагментах русла розвинулися меандри. Після липневого паводку 2014 року русло загалом стало пряміше, здебільшого однорукавне, із трьома фрагментами дворукавного русла і двома меандрами. На 2019 р. русло змінюється із однорукавного на здебільшого дворукавне злегка звивисте. Після червневого паводку 2020 року, станом на 2021 і 2024 роки, русло змінилося так: на багатьох фрагментах звивистість стала меншою, меандри прорвані, кілька фрагментів дворукавного русла стали однорукавними, дворукавне русло зберігається лише на одному відрізку – в околицях с. Винники. Починаючи з 2010 року низька заплава Бистриці поступово заростає і закріплюється верболозом, тому зміни русла відбуваються в межах лише низької

заплави. Як було досліджено, рослинність на заплаві у великій мірі визначає її геоморфологію та направленість змін русла (Interactions…, 2024). Підняття рівнів води під час паводків 2019–2020 років становило 2,43–3,3 м і тривало здебільшого три–чотири дні (див. рис. 8). За такий час хоч утворюються нові протоки і рукави, проте їхня глибинна ерозія незначна, нових руслових виїмок вони не утворюють. Після спаду води русло входить у свої береги із незначною зміною форм. Загальна морфологія русла за останні 5 років змінилася мало.

Обговорення. Довготермінові періоди досліджень становили найменше 35 і найбільше 63 роки. *Перший період досліджень 1877 – 1940 роки*. Дані про опади метеопоста м. Львова, які ведуться з 1882 р. (Пилипович та ін., 2017), засвідчують, що кінець XIX ст. був багатоводним періодом, середні річні суми опадів становили 834 мм. Ці дані можна поширити і на досліджувану територію, адже відстань невелика. Друга половина цього періоду видалася небагатоводною: річна сума опадів у 1902–1921 роках була 682 мм, а 1922–1941 роках – 634 мм. За період 1877–1940 років відбулося 5 екстремальних паводків: 1893, 1897, 1911, серпень 1927, 1929 (Ромащенко та ін., 2002). Отож протягом більшої частини періоду водність ріки не була високою. Для 1–3 відрізків було характерне багаторукавне пряме і звивисте русло, а для 4–5 відрізків – меандроване із невисокими коефіцієнтами звивистості (табл. 1). Станом на 1940 р. на 1–2 відрізках відбулося спрощення русла із багаторукавного на дворукавне та з дворукавного на однорукавне. На 4–5 відрізках звивистість зросла.

Таблиця 1. Морфодинаміка русла за досліджувані часові зрізи
Table 1. Morphodynamics of the riverbed for the studied time sections

	1 відрізок	2 відрізок	3 відрізок	4 відрізок	5 відрізок
1877	Дворукавне і багаторукавне пряме	Багаторукавне звивисте	Багаторукавне пряме	Синусоїдальні і сегментні меандри, $k_{зв}$=1,51	Синусоїдальні меандри (¾), злегка звивисте русло (¼), $k_{зв}$= 1,42
1940	Однорукавне злегка звивисте	Дворукавне злегка звивисте	Багаторукавне пряме	Сегментні і петлеподібні, $k_{зв}$=1,76	Скринеподібні і сегментні меандри, $k_{зв}$= 1,63
1959	-	-	-	Сегментні і прорвані, $k_{зв}$=1,41	Сегментні меандри, $k_{зв}$= 1,61
1989	Багаторукавне пряме	Однорукавне злегка звивисте	Однорукавне пряме і звивисте	Сегментні, петлеподібні, синусоїдальні, $k_{зв}$=1,59	Сегментні і завалені меандри, $k_{зв}$= 1,41
2021	Однорукавне злегка звивисте і меандроване	Дворукавне злегка звивисте	Однорукавне злегка звивисте	Синусоїдальні меандри, $k_{зв}$=1,97	Сегментні меандри (¾) і синусоїдальні (¼), $k_{зв}$= 1,76

Період 1940–1989 років 1–3 відрізок (Підмонастирок–Ступниця). У цей період за 49 років відбулися 8 екстремальних паводків: у вересні 1941, 1948, 1952, 1955, червні 1969, 1974, липні 1980, 1984 роках, що в 1,6 рази більше, ніж у попередньому періоді. Найбільше на переформування русла вплинув катастрофічний паводок 1969 р. Для періоду характерні середні річні суми опадів 764 мм у 1970–1980 роках, наприклад, у 1980 р. в середньому випало 1094 мм опадів (дані метеопоста Дрогобич Львівського регіонального центру з гідрометеорології). За різночасовими картами спостерігаємо також відступання межі лісу від долин вглиб вододілів, тобто лісистість басейну зменшилась. На 1 відрізку однорукавне русло трансформувалося в багаторукавне, а на 2–3 відрізках багаторукавне русло змінилося на однорукавне звивисте.

Період 1940–1959 років 4–5 відрізок (Ступниця–Ортиничі). Майже за 20 років відбулося 4 екстремальні водопілля, найбільше з яких було 1955 р. Річні суми опадів за період 1941–1961 років були невеликі і сягали 655 мм, підвищена кількість опадів 920 мм спостерігалася 1957 р. У цей період станом на 1959 р. зменшилася звивистість русла і звузилася ширина поясу меандрування. На 4 відрізку звивистість русла у цей період була найменшою.

Третій період 1989–2024 р. Протягом 1982–2001 і 2002–2021 років випадало в середньому 716 і 706 мм опадів відповідно. За даними гідропоста Озимина (див. рис. 8 *б*) спостерігалися чотири мінімуми рівнів води у руслі: 11.09.2019 – 10.12.2019; 12.09.2020 – 12.12.2020; 16.09.2021 – 16.12.2021; 3.07.2022 – 2.12.2023 Протягом періоду 1989–2021 років відбулися екстремальні паводки у: травні 1989, 1992, 1996, 1998, червні 2001, липні 2004, липні 2008, липні 2010, липні 2014, серпні 2019, червні 2020 років (Ромащенко та ін., 2002; Пилипович та ін., 2017; Гідрологічні дані…, 2024). Катастрофічний паводок 2008 р. зумовив кардинальні зміни у морфології русла. У 20-і роки XXI ст. зросла границя лісу: за космознімками простежується заростання деревною рослинністю ярів, узлісь, а також заплави, хоча в межах самих лісів поширені досить значні вирубки. Всі типи русла на досліджуваних відрізках станом на 2021–2024 роки стають значно більше звивистими. У цьому періоді через тривалі межені відсутній багаторукавний тип русла, переважає однорукавний тип, лише на 2 відрізку на короткому проміжку існує дворукавне русло. На 4–5 відрізках, де поширений меандрований тип русла, коефіцієнт звивистості найбільший за усі періоди, зросла ширина поясу меандрування та кількість меандр.

Висновки. На основі різночасових даних за 147-річний період досліджено морфодинаміку русла Бистриці. Вона проявилася у змінах із однорукавного на багаторукавне русло і, навпаки, з багаторукавного на дворукавне й однорукавне. У цих типах русла відмічаємо також таку зміну: пряме русло → злегка звивисте → меандроване або пряме (рідше) → злегка звивисте. На відрізках розвитку меандрованого типу русла, воно залишається меандрованим, лише змінюється ширина поясу меандрування, форми і розміри меандр. На морфодинаміку русла безпосередньо впливають кліматичні чинники: кількість опадів і температура, з якою пов’язане випаровування з водної поверхні. Важливими є також водний стік,

інфільтраційні властивості порід, характер неотектонічних рухів, антропогенний вплив. За більшої кількості опадів зростає водність потоку і відповідно русло стає багаторукавним та меандрованим. Якщо кількість опадів зменшується поряд із зростанням літніх температур і малосніжних зимових періодів, ріка перебуває у меженному режимі, то відповідно пересихають другорядні потоки, русло стає здебільшого однорукавним із фрагментами прямих відрізків. У випадку меандрованого тип русла не змінюється, оскільки за нормальної водності у попередні періоди відбулася глибинна ерозія, русло утворило виїмку з доволі високими бортами, якою тече і в маловодні періоди. Спостереження останніх років показали зростання руслових форм – боковиків та островів, русло губиться у власних наносах при виході з гір, а нижче по течії – в гущавині все зростаючих верболозів. За останні 5 років морфодинаміка русла Бистриці була слабкою.

Перспективи подальших досліджень бачимо у з'ясуванні сукупності факторів, які діють на морфодинаміку русла.

Подяка. Дослідження виконано в рамках теми П2-БФ "Географічні основи збалансованого використання басейнових систем в умовах зміни клімату".

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

Байрак, Г., Ковальчук, У. Морфологія і динаміка русла Стривігора на Передкарпатській височині. // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць, 2017. Вип. 1(7). С. 64–76. http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2017.07.1962

Бурштинська, Х. В., Третяк С., Галочкін М. Дослідження горизонтальних зміщень русла річки Дністер з використанням даних ДЗЗ та ГІС-технологій. // Геодинаміка, 2017. Вип. 2(23), 14–24. https://doi.org/10.23939/jgd2017.02.014

Гідрологічні дані за період 2017–2024 рр. URL: http://dnister.meteo.gov.ua/ua/hydro_operational_data#meteo-data-table

Горішний, П. Горизонтальні деформації нижньої течії русла р. Стрий у 1896–2006 рр. // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць, 2014. Вип. 1(4), 68–74. https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/05/Horishnyy-Horyz-deform.pdf

Мудра К. В. Основні характеристики водного режиму річок басейну Дністра в умовах змін клімату. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.07 "Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія". Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2019. 259 с.

Ободовський О. Г., Онищук В. В., Гребінь В. В. Руслові процеси річки Лімниця: монографія. 2010. Київ : Ніка-Центр. ISBN 978-966-521-553-0

Паланичко, О. В. Вивчення умов руслоформування річок Передкарпаття в межах алювіальних рівнин // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць, 2023. Вип. 1(15), 48–65. https://doi.org/10.30970/gpc.2023.1.3947

Пилипович, О. В., Ковальчук, І. П. Геоекологія річково-басейнової системи верхнього Дністра: монографія / за наук. ред. І. П. Ковальчука. Львів–Київ : ЛНУ ім. Івана Франка, 2017. 284 с.

Радзій, І., Заяць, І., Третяк, С. Дослідження зміщень русла ріки Дністер засобами ГІС технологій. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2018. Вип. II (36). С. 106–113. https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/edf61aa3-4001-427f-bb9f-fa699ebee89f/content

Ромащенко, М. І., Савчук, Д. П. Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання; за ред. М. І. Ромащенка. Київ : Аграрна наука, 2002. 304 с.

Сельський, В., Ковальська, Л. Природно-історичний аспект формування русла р. Бистриця. // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: географія, 2007. Вип. 2. С. 26–30. http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/25008

Ющенко, Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел: монографія. Чернівці : Рута, 2005.

Burshtynska K., Bubniak I., Zayats I., Blazhko S., Hrytskiv N. The influence of geological structures on the character of the channels of right-bank tributaries of the Dniester River. // Geodynamics, 2024. № 1(36), pp. 12–26. https://doi.org/10.23939/jgd2024.01.012

Interactions between vegetation and river morphodynamics. Part I: Research clarilcations and challenges / Dov Corenblit, Herver Piergay, Florent Arrignon, Eduardo Gonzarlez-Sargas, Anne Bonis et al. // Earth-Science Reviews. 2024. Issue 253. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104769

Mykhnovych A. Stryvihor river system structure transformation // Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories. Lviv, 2018. Issue. 1(8). P. 221–231.

River Morphodynamics. 2024. URL : https://vtchl.illinois.edu/river-morphodynamics/

Rybak N., Dubis L. Horizontal deformations of the Sukil riverbed within the Pre-carpathian height in 1880–2019. // Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats. 2021. Vyp. 1 (12). P. 197–211. http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2021

REFERENCES

Bayrak, G., Kovalchuk, U. Morfolohiia i dynamika rusla Stryvihora na Peredkarpatskii vysochyni. // Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats, 2017. Vyp. 1(7). S. 64–76. http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2017.07.1962. (In Ukrainian).

Burshtynska, Kh. V., Tretiak S., Halochkin M. Doslidzhennia horyzontalnykh zmishchen rusla richky Dnister z vykorystanniam danykh DZZ ta HIS-tekhnolohii. // Heodynamika, 2017. Vyp. 2(23), 14–24. https://doi.org/10.23939/jgd2017.02.014. (In Ukrainian).

Hidrolohichni dani za period 2017–2024 rr. URL: http://dnister.meteo.gov.ua/ua/hydro_operational_data#meteo-data-table

Horishnyi, P. Horyzontalni deformatsii nyzhnoi techii rusla r. Stryi u 1896–2006 rr. // Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats, 2014. Vyp. 1(4), 68–74. https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/05/Horishnyy-Horyz-deform.pdf. (In Ukrainian).

Mudra K. V. Osnovni kharakterystyky vodnoho rezhymu richok baseinu Dnistra v umovakh zmin klimatu. Dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata heohrafichnykh nauk za spetsialnistiu 11.00.07 "Hidrolohiia sushi, vodni resursy, hidrokhimiia". Kyivskyi natsionalnyi universytet imeni Tarasa Shevchenka, Kyiv, 2019. 259 s. (In Ukrainian).

Obodovskyi, O. H., Onyshchuk V. V., Hrebin V. V. Ruslovi protsesy richky Limnytsia: monohrafiia. 2010. Kyiv : Nika-Tsentr. ISBN 978-966-521-553-0. (In Ukrainian).

Palanychko, O. V. Vyvchennia umov rusloformuvannia richok Peredkarpattia v mezhakh aliuvialnykh rivnyn // Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats, 2023. Vyp. 1(15), 48–65. https://doi.org/10.30970/gpc.2023.1.3947. (In Ukrainian).

Pylypovych, O. V., Kovalchuk, I. P. Heoekolohiia richkovo-baseinovoi systemy verkhnoho Dnistra: monohrafiia / za nauk. red. I. P. Kovalchuka. Lviv–Kyiv : LNU im. Ivana Franka, 2017. 284 s. (In Ukrainian).

Radzii, I., Zaiats, I., Tretiak, S. Doslidzhennia zmishchen rusla riky Dnister zasobamy HIS tekhnolohii. Cuchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva, 2018. Vyp. II (36). S. 106–113. https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/edf61aa3-4001-427f-bb9f-fa699ebee89f/content. (In Ukrainian).

Romashchenko, M. I., Savchuk, D. P. Vodni stykhii. Karpatski poveni. Statystyka, prychyny, rehuliuvannia; za red. M. I. Romashchenka. Kyiv : Ahrarna nauka, 2002. 304 s. (In Ukrainian).

Selskyi, V., Kovalska, L. Pryrodno-istorychnyi aspekt formuvannia rusla r. Bystrytsia. // Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriia: heohrafiia, 2007. Vyp. 2. S. 26–30. http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/25008. (In Ukrainian).

Yushchenko, Yu. S. Heohidromorfolohichni zakonomirnosti rozvytku rusel: monohrafiia. Chernivtsi : Ruta, 2005. (In Ukrainian).

Burshtynska K., Bubniak I., Zayats I., Blazhko S., Hrytskiv N. The influence of geological structures on the character of the channels of right-bank tributaries of the Dniester River. // Geodynamics, 2024. № 1(36), pp. 12–26. https://doi.org/10.23939/jgd2024.01.012

Interactions between vegetation and river morphodynamics. Part I: Research clarilcations and challenges / Dov Corenblit, Herver Piergay, Florent Arrignon, Eduardo Gonzarlez-Sargas, Anne Bonis et al. // Earth-Science Reviews. 2024. Issue 253. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104769

Mykhnovych, A. Stryvihor river system structure transformation // Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories. 2018. Issue. 1(8). P. 221–231.

River Morphodynamics. 2024. URL : https://vtchl.illinois.edu/river-morphodynamics/

Rybak N., Dubis L. Horizontal deformations of the Sukil riverbed within the Pre-carpathian height in 1880–2019. // Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats. 2021. Vyp. 1 (12). P. 197–211. http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2021

Стаття надійшла в редакцію 15.10.2024
Прийнято до друку 22.11.2024
Дата публікації 16.12.2024