

УДК 528.92

Х. В. БУРШТИНСЬКА<sup>1</sup>, А. В. БАБУШКА<sup>1\*</sup>, І. М. БУБНЯК<sup>2</sup>, Л. В. БАБІЙ<sup>1</sup>, С. К. ТРЕТЯК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна, +38(096)4768773, e-mail: andriy.babushka@gmail.com

<sup>2</sup>Кафедра інженерної геодезії, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна.

<https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.024>

## ВПЛИВ ГЕОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР НА ХАРАКТЕР ЗМІЩЕНЬ РУСЕЛ РІК ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ ДНІСТРА

**Мета** роботи – дослідити вплив Передкарпатського прогину та Волино-Подільської височини на характер зміщень приток Дністра та визначення стійкості їх русел. Об’єктом цього дослідження є річка Дністер та її ліві й праві притоки. Розглядаючи основні чинники, що впливають на природу горизонтальних зміщень русла, спричинених як природними, так і антропогенними чинниками, особливу увагу автори звернули на геологічні структури у районі, де протікає річка Дністер та її притоки. **Методи.** Застосовуючи програмний пакет ArcGIS, автори виконали моніторинг протягом 100 років, використовуючи різні топографічні, геологічні, ґрунтові карти та космічні зображення. Для моніторингу зміщень русел річок правобережно-лівобережних приток Дністра використано: топографічні карти в масштабах 1:100000 та 1:75000 (австрійський період – 1886 р., 1910 р., польський період – 1930 р., радянський період – 1985 р., 1989 р.); космічні зображення Landsat 7 (2000 р.), Landsat 8 (2014 р.) та Sentinel 2 (2016 р., 2017 р.); і ґрунтову карту масштабу 1:200000. Це дає підстави говорити про різний характер зміщень. **Результати.** Річка Дністер протікає на кордоні двох структур – Передкарпатського прогину та Волино-Подільської височини. Правобережні притоки (Бистриця, Лімниця, Стрий тощо), які починаються у Карпатах, перетинають зовнішні та внутрішні межі Передкарпатського прогину і характеризуються стійкістю русла річки в гірській частині, багаторічним і значним меандруванням (особливо для р. Стрий) у межах Прикарпаття. Літологічні родовища істотно впливають у гирлі річки Стрий. У цих приток, за результатами дослідження, спостерігаються великі горизонтальні зміщення, вони поширюються на: річку Лімниця – 500 м, річку Бистриця – 580 м, річку Стрий – 1200 м. До лівобережних приток, розташованих на Волино-Подільській височині, належать річки Золота Липа, Серет, Збруч, Смотрич та Стрипа. Вони сильно звивисті, але набагато стійкіші в горизонтальних зміщеннях. Максимальні зміщення для цих річок – 300–380 м. **Наукова новизна.** Дослідження охоплює вплив геологічних структур на зміщення ліво-правобережних приток річки Дністер та аналіз основних математичних виразів, які використовують для оцінювання стійкості русел річок. **Практичне значення.** Результати моніторингу процесів деформації русла повинні враховуватися під час вирішення завдань, пов’язаних із русловими процесами річки, серед яких: розроблення та будівництво гідротехнічних споруд, проектування мереж електропередачі на перетині річок, розвиток газопроводів, визначення небезпечних зон затоплення, визначення наслідків руйнування після спалахів або сезонних повеней, встановлення меж природоохоронних зон, управління відпочинковою діяльністю, моніторинг стану прикордонних земель та встановлення кордону вздовж річок.

**Ключові слова:** моніторинг; зміщення русла річки; космічні зображення; топографічні карти; геологічна будова.

### *Вступ*

Як відомо, з часом русла річок змінюють своє планове та висотне положення. Залежно від типу річки вона за 50–100 років може зміститись на величину, яка значно перевищує ширину русла, іноді з’являються нові протоки, рукави, змінюється конфігурація русла.

Тому результати моніторингу деформаційних процесів русел рік необхідно враховувати під час

виконання низки завдань, пов’язаних із русловими процесами. Це, зокрема:

- проектування та спорудження гідротехнічних об’єктів;
- проектування ліній електропередач під час переходу через річки;
- проведення газотранспортних мереж;
- визначення зон затоплення та масштабів руйнацій після паводкових чи повеневих явищ;
- встановлення меж охоронних земель;

- здійснення рекреаційної діяльності;
- вивчення стану прикордонних земель за встановлення кордону по фарватеру річок;
- вплив зміщень русла на екологічні процеси.

Витрати на дослідження русла і геологічного середовища становлять декілька відсотків від витрат на будівництво об'єкта, але власне ці інженерно-геологічні обстеження часто визначають успішне використання запроєктованої споруди. Нехтування плановими зміщеннями русел рік часто призводить до непередбачуваних наслідків. Наприклад, унаслідок зміни русла можуть виникнути аварійні ситуації на підводних переходах газопроводів. Підмив берега спричиняє розрив газопроводу, відтак сильний вибух і пожежу, розрив нафтопроводу призводить до забруднення річки нафтою і екологічних порушень. Значні збитки для економіки країни можуть спричинити підмиви опор мостів, ліній електропередач. Інша категорія втрат пов'язана із міждержавними

конфліктами у випадку встановлення міждержавного кордону по річці.

Значні матеріальні втрати і навіть людські жертви під час наводнень та повеней теж пов'язані із русловими процесами. Тому ці процеси відображено у документах ЄС (Directive 2000/60/ES), в Польщі (ISOK) та в Україні (Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, The Water Code of Ukraine).

У виконаних дослідженнях не розглянуто теоретичні аспекти гідрології, зокрема математичні вирази взаємодії потоку і русла, ерозійних процесів, транспорту і акумуляції наносів. Хоча, безумовно, ці чинники є причинами горизонтальних та вертикальних зміщень річки Дністер [Burshtynska, et al., 2016, 2017, 2018] та його приток.

Об'єктом дослідження є ліво- та правобережні притоки другої за величиною в Україні річки Дністер у частині басейну від витоків до каньйонної частини (м. Заліщики) (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд території досліджень

Незважаючи на загальні підходи до вивчення руслових процесів, кожна річка має певні природні особливості та зазнає антропогенного впливу, тому кожен річку та її басейн досліджують окремо. Такі дослідження мають практичне значення, насамперед, стосовно гідротехнічного будівництва, земельного кадастру. В останні десятиліття стрімко розвивається напрям, пов'язаний із екологічним руслознавством, тобто вивченням змін русел внаслідок антропогенних дій на руслові процеси.

На кафедрі фотограмметрії та геоінформатики університету "Львівська політехніка" питання зміщень та зміни конфігурації русел рік Дністра та Тиси стали предметом досліджень із 2010 р. Серед найважливіших робіт за цією тематикою можна відзначити [Бурштинська, та ін., 2010, Burshtynska,

et al., 2016; Шевчук, Бурштинська, 2011]. Встановлено, що за столітній період на деяких ділянках русла рік змістилися до 800–1000 метрів, аналіз карт четвертинних відкладів та ґрунтів дав підстави зробити висновок про значні алювіальні відклади переважно гравійного та піщаного типів, а також масштабне, часто неконтрольоване видобування цієї сировини як основи для створення будівельних матеріалів.

Цікаві дослідження змін русла річки Стрий на підставі аналізу топографічних карт і космічних знімків за 1896–2006 рр. подано в [Горішний, 2014]. Дослідження впливу зміни лісового покриву на території притоки річки Дністер Підбуж, а також особливості меандрування на деяких ділянках Дністра подано в [Байрак, 2016].

Дослідженням структури і динаміки русел Карпатських рік на основі наземного опрацювання є праця [Krzemien, 2006]. Автор підкреслює необхідність поділу рік на ділянки із однорідною морфологічною структурою, а також аналізування змін із використанням картографічних матеріалів та аерозображень. Зроблено висновок про істотний вплив антропогенного чинника на зміну дна долини і стоку за рахунок регулювання русла, спорудження водозбірників, забір гравію і каменю, а також засмічення долини. Підкреслено некорисні зміни ерозії ґрунтів, дослідження деградації стоків. Вказано на необхідності заборони забору гравію з рік, охорону ділянок русел, не знищених надмірною експлікацією приберегових земель і самих русел.

У праці [Żelaziński, 2014] детально проаналізовано зміни морфології русла Вісли, спричинених регуляцією річки. Еволюцію із використанням карт та інших даних змін форми русла гірської Вісли простежено за період 1737–1990 рр. Перша фаза тривала до половини XIX ст. і характеризується впливом розвитку рільництва, вирубки лісів на зміни русла, що спричинило посилення ерозії та збільшення переміщення продуктів ерозії до русла. Друга фаза розпочалася з 1890 р. інтенсивними регуляторними процесами. Ці інженерні роботи спричинили скорочення довжини річки, звуження русла, побудову дамб для захисту від повеней. Однак на підставі математичних викладок показано, що “регуляція гірської Вісли спричинила значне збільшення частоти появи катастрофічних повеней”. Одночасно висвітлено причини таких явищ.

Масштабні, різні за характером дослідження стосовно деформацій русел річок ведуться у багатьох країнах. На вплив топографії, геології, клімату, рослинності та землекористування на просторову і часову зміну руслових процесів у Тихоокеанському Північному Заході вказано в [Buffington, et al., 2003]. Автори досліджують вплив типів русел на фізичні моделі, які можна використати для прогнозування зміни морфології русла.

Зв'язок між топографією земної поверхні та гідравлічними характеристиками русла, зокрема впливом наземного та підземного стоків води, а також дослідження морфології і структури русла річки Амазонки подано в працях [Pirmez, et al., 1995].

Науковці з Великої Британії [Friend, & Sinha, 1993] досліджували переплетення та звивистість однорукавних та багатурукавних русел річок із визначенням коефіцієнтів звивистості та переплетення. Виявлено, що багатурукавні річки є звивистішими, ніж однорукавні.

Дослідження проблем руслових процесів у ріках Західної Австралії подано у звіті [Janicke, 2000]. Відзначено вплив антропогенних чинників на транспортування осаду та замулення. Звернено увагу на вирішення проблеми деградації річок та

руслових процесів, якою займається спеціальна водна комісія Water & Rivers commission.

У дослідженні [Guneralp, et al., 2011] проаналізовано міграцію русла річки Бразос у Техасі за 1910–2010 рр. Використано топографічні карти та супутникові знімки різних років. Досліджено не лише міграцію русла, але і меандри, нахил та форму русла цієї ріки. Визначено зони міграції русла, які поєднують у собі історичні зміщення русла та прогноз зміщення русла в майбутньому, що є аналітичним інструментом для визначення районів, які можуть опинитися під загрозою катастрофічних подій та повеней.

У статті [Legg, & Olson, 2014] об'єктом дослідження слугують річки західного Вашингтону, зокрема міграція русел річок. Вказано, що русла мігрують по заплавах через процеси розширення русла, зміни вигинів та їх частоти.

З літератури [Ободовський, та ін., 2005] відомо, що у кожній річці свої властивості залежно від природних та антропогенних чинників. Чинники, що впливають на деформаційні процеси русел річок, поділяють на дві групи: природні та антропогенні, які, своєю чергою, поділено на прямі та непрямі. Класифікацію основних чинників впливу на зміщення русла річки наведено в табл. 1 [Ободовський, 2001].

Аналізуючи природні чинники з табл. 1, ми встановили, що у дослідженому регіоні домінує вплив геологічної будови, яка опосередковано впливає на інші чинники (зокрема на ерозію) за однакового впливу гідрометеорологічних умов.

### *Мета*

**Мета** роботи – дослідити вплив Передкарпатського прогину та Волино-Подільської височини на характер зміщень приток Дністра та визначення стійкості їх русел. Об'єктом цього дослідження є річка Дністер, її ліві та праві притоки. Під час розгляду основних чинників, що впливають на природу горизонтальних зміщень русла, спричинених як природними, так і антропогенними чинниками, особливу увагу звернено на геологічні структури у районі, де протікає річка Дністер та її притоки.

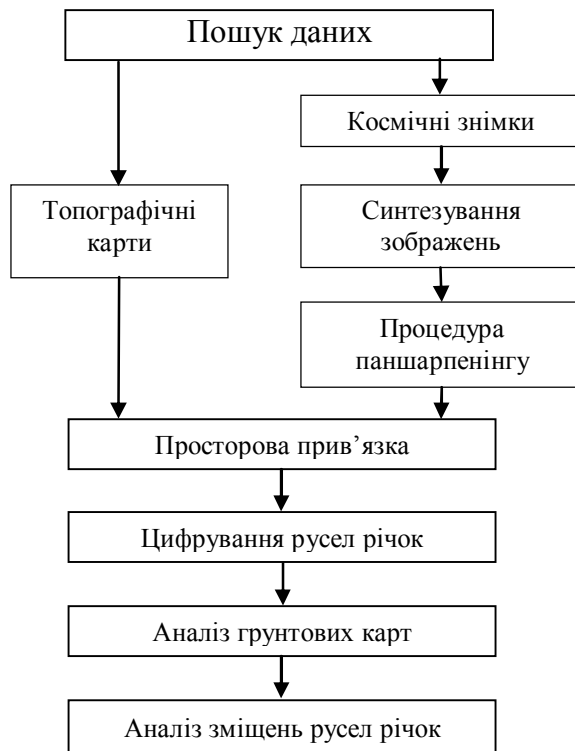
### *Методи*

Застосовуючи програмний пакет ArcGIS, автори виконали моніторинг за 100 років, використовуючи різні топографічні, геологічні, ґрунтові карти та космічні зображення. Для моніторингу зміщень русел річок правобережно-лівобережних приток Дністра використано: топографічні карти в масштабах 1:100000 та 1:75000 (австрійський період – 1886 р., 1910 р., польський період – 1930 р., радянський період – 1985 р., 1989 р.); космічні зображення Landsat 7 (2000 р.), Landsat 8 (2014 р.) та Sentinel 2 (2016 р., 2017 р.); ґрунтову карту масштабу 1:200000.

**Класифікація основних чинників, які впливають на зміщення русел річок [Ободовський, 2001]**

Руслові процеси				
Природні			Антропогенні	
Безпосередні		Опосередковані	Безпосередні	Опосередковані
Стік води	Зсувий осипи берегів	Стік води	Зсуви й осипи берегів	Стік води
Стік наносів	Вітрова ерозія берегів	Стік наносів	Вітрова ерозія берегів	Стік наносів
Геолого-геоморфологічна будова	Хвилювання на річках	Геолого-геоморфологічна будова	Хвилювання на річках	Геолого-геоморфологічна будова
	Льодові явища		Льодові явища	
	Рослинність в річці й на заплаві		Рослинність в річці й на заплаві	

Технологічну схему досліджень подано на рис. 2. Візуалізацію та аналіз конфігурацій русел правобережних та лівобережних приток річки Дністер виконано за допомогою програмного забезпечення ArcGIS 10.1. Оскільки використані топографічні карти створено в різні часові періоди та в різних картографічних проєкціях, а космічні зображення у проєкції UTM, необхідно всі матеріали привести до універсальної топографічної проєкції Меркатора UTM.



**Рис. 2.** Технологічна схема досліджень

**Загальна характеристика ліво- та правобережних приток Дністра**

Досліджувані річки розташовані на таких двох структурах першого порядку: платформи та орогені. До платформної частини належать Східно-Європейська та Західно-Європейська, до орогенної – Українські Карпати. На ці дві структури накладений Передкарпатський передовий прогин. У західних областях України перед Карпатським орогеном виділяють платформи: давню Східно-Європейську та молодшу Західно-Європейську. Основою їхнього розділення є час консолідації фундаменту. Давні платформи творилися у дорифейський час консолідації фундаменту, а молоді – у рифейський та палеозойський. Давня Східно-Європейська платформа у перерізі складається із кристалічного фундаменту та осадового чохла. Осадовий чохол виповнює так звану Волино-Подільську плиту. Фундамент складений метаморфізованими (зміненими) осадовими, осадово-вулканогенними та інтрузивними (глибинними магматичними) породами.

Палеозойські та мезозойські відклади утворюють чохол Східно-Європейської платформи, юрські відклади формують Стрийський прогин, а крейдові відклади виповнюють Львівсько-Люблінський.

Крейдові відклади в досліджуваному регіоні формувались у двох різко відмінних тектонічних та палеогеографічних умовах – платформних та геосинклінальних.

*Українські Карпати.* В цьому районі протікають досліджувані праві притоки ріки Дністер. Карпати тектонічно поділяють на Внутрішні та Зовнішні. Підставою для такого поділу є час завершальної (головної) складчастості. Для Внут-

рішніх Карпат головними були крейдові (65 млн років), а для Зовнішніх – кайнозойські (11 млн років). Ці два тектонічні регіони розділені вузькою Пенінською зоною (рис. 3).

На тектонічних схемах виділено покриви, насунуті в північно-західному напрямі. Товщина насунутого комплексу в межах Українських Карпат місцями становить 12 км. На основі детальних геологічних досліджень, даних буріння, аналізу співвідношення наймолодших перекритих насувами відкладів та наймолодших відкладів, що захоплені насувами, виявлено фази складчастості в Карпатах та Внутрішній зоні Передкарпатського прогину.

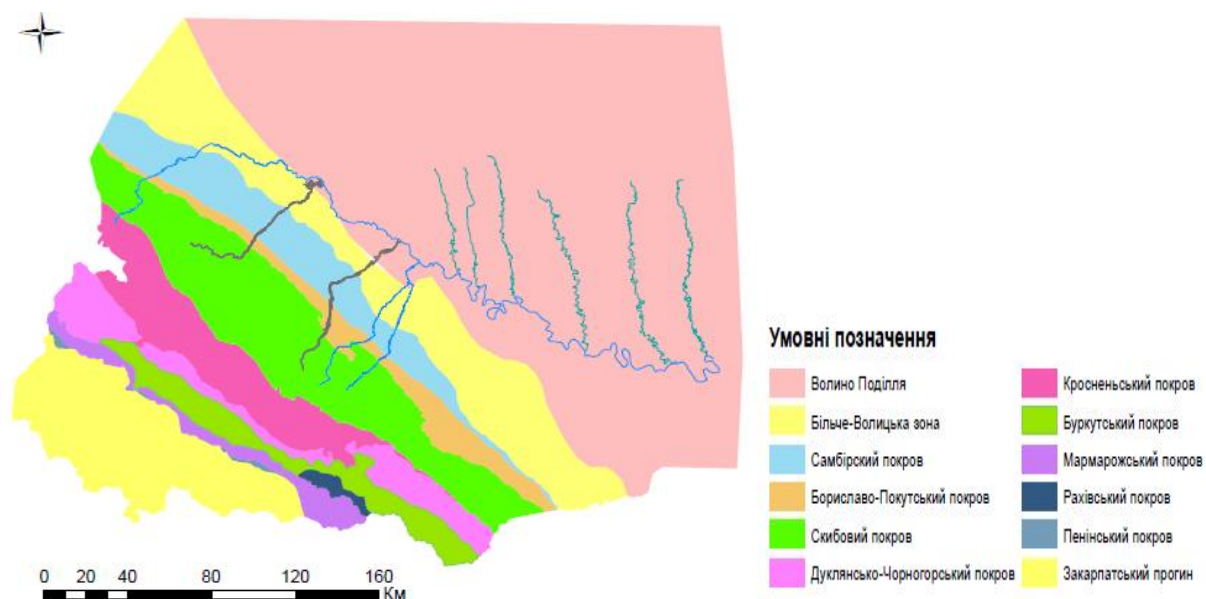
Описувані ріки перетинають Скибову зону (покрив) Українських Карпат та Внутрішню зону Передкарпатського прогину. Напрямок русел більшості рік зумовлений тектонічними чинниками, а саме поперечними до Карпат регіональними розломами. Хоча є винятки, наприклад меандр річки Стрий у районі с. Рибник може бути зумовлений складом та механічними властивостями гірських порід. Також важливу роль відіграє тріщинуватість (орієнтація тріщин, їх розмір) гірських порід у формуванні русел рік. Передкарпатський передовий прогин Українських Карпат вивонений моласовими утвореннями віком від егебургію до сармату міоценового віку.

Плейстоценові відклади описуваної території розділені на нижні, середні й верхні. Вони складаються із різноманітних генетичних типів порід – долинних морен, льодовикових і водно-льодовикових відкладів, флювіогляціальних пісків. Літологічно вони утворені такими породами: валунно-галечними, супіщано-глинистими. Грубо-уламковий матеріал складений переважно піскови-

ками, алевролітами, роговиками, кварцом і незначними домішками інших порід. Торфовища описано на поверхні заплави та перших надзаплавних терас річок (верхньодністровські болота), древніх долинах стоку талих льодовикових вод, рідше на водорозділах і в заглибленнях карів. Товщина їх становить 2–3 м.

Проаналізовано такі правобережні притоки: Стрий (232 км), Лімниця (122 км), Бистриця (17 км), Бистриця Надвірнянська (94 км) та Бистриця Солотвинська (82 км)). Правобережні притоки характеризуються повеневим режимом протягом усього року.

Вивчено п'ять основних лівобережних приток річки Дністер: Золота Липа (85 км), Стрипа (147 км), Серет (242 км), Збруч (244 км) та Смотрич (169 км). Ліві притоки р. Дністер, що зароджуються на Волино-Подільській височині, протікають на низьких берегах. Біля річки Дністер вони розмивають суцільну скелю, завдяки чому береги стають крутими і високими. Лівобережні притоки – це меридіанні річки, що впадають у Дністер у глибокій долині каньйону. На вищих районах ці притоки протікають уздовж крутих схилів долин із відслоненнями давніх скель. Для лівого берега характерно швидке осушення та весняні опади, часті літні дощові повені. Швидкість потоку цих приток невелика – від 0,5 до 1,20 м/с. Русла лівих приток неширокі, долини вузькі й неглибокі, а в нижніх частинах течії стають глибокими. Максимальна витрата води на рік під час весняних паводків. Літні дощові паводки досягають рівня весняних паводків, але на деяких територіях більшість річок регулюються та накопичують воду у водоймах.



**Рис. 3.** Накладання досліджуваних річок на тектонічні структури Західної України



Результати та дискусія

Таблиця 2

Як визначено в довідниках географічних характеристик річок, властивості русел правобережних приток річки Дністер дають підстави виділити три основні частини: гірську, передгірську та рівнинну для р. Стрий, для річок Бистриця та Лімниця (гірську, горбисту з болотистою рівниною та рівнинну). Ліві притоки поділено на дві частини, залежно від характеру русла: північна частина – горбиста, із ширшими заплавами рік і південна – каньйонна.

Завдання передбачає вивчення горизонтальних зміщень правих та лівих приток річки Дністер, визначення ділянок максимальних зміщень, аналіз різних математичних виразів для оцінки стійкості русла, поданих у спеціалізованій літературі [Ободовський, О., 2001], і розрахунку коефіцієнта стійкості з урахуванням зміщення русла річки.

Однією із принципів характеристик річок є коефіцієнт звивистості  $K_I$ , який визначають із залежності (табл. 2, 3):

$$K_I = L'/L, \quad (1)$$

де  $L'$  – довжина русла ділянки ріки;  $L$  – довжина русла річки між крайніми точками, виміряна по прямій лінії.

Використовуючи прийнятий у спеціальній літературі поділ річок стосовно звивистості: порівняно прямолінійні –  $<1,1$ , дуже слабкозвивисті –  $1,10-1,20$ , слабкозвивисті –  $1,21-1,40$ , помірно звивисті –  $1,41-1,60$ , звивисті –  $1,61-1,80$ , сильно звивисті –  $1,81-2,00$ , надзвичайно звивисті –  $>2,00$ , розрахунки за виразом (1) дають підстави вважати, що: річка Стрий належить до категорії слабкозвивистих; річка Бистриця з притоками – до категорії дуже слабкозвивистих, окрім I частини притоки Солотвинської, яка є порівняно прямолінійною, як і річка Лімниця.

Коефіцієнти звивистості правих приток

Річка	Коефіцієнт звивистості		
	I	II	III
Стрий	1,30	1,20	1,30
Бистриця Надвірнянська	1,16	1,19	1,11
Бистриця Солотвинська	1,03	1,11	–
Лімниця	1,08	1,07	1,06

Таблиця 3

Коефіцієнти звивистості правих приток

Річка	Коефіцієнт звивистості	
	I	II
Золота Липа	1,00	1,56
Стрипа	1,18	1,46
Серет	1,43	1,51
Збруч	1,36	1,92
Смотрич	1,17	1,92

Лівобережні притоки під час розрахунку звивистості поділено на дві частини (рис. 4). Горбиста частина цих річок є менш звивистою, ніж каньйонна. Горбиста частина річки Золота Липа належить до категорії порівняно прямолінійних через гідротехнічні роботи, виконувани починаючи з 30-х років. Горбиста частина річок Стрипа та Смотрич є дуже слабкозвивистою, а річок Серет та Збруч – слабкозвивистою. Каньйонна частина річок Золота Липа, Стрипа та Серет належить до категорії помірно звивистих. Найзвивистішою є каньйонна частина річок Збруч та Смотрич, де зауважено великі вигини русла. Оцифровані русла річок подано на рис. 5 (річка Стрий) за різні часові періоди ( $a$  – гірська частина;  $b$  – горбиста частина;  $c$  – рівнинна частина).

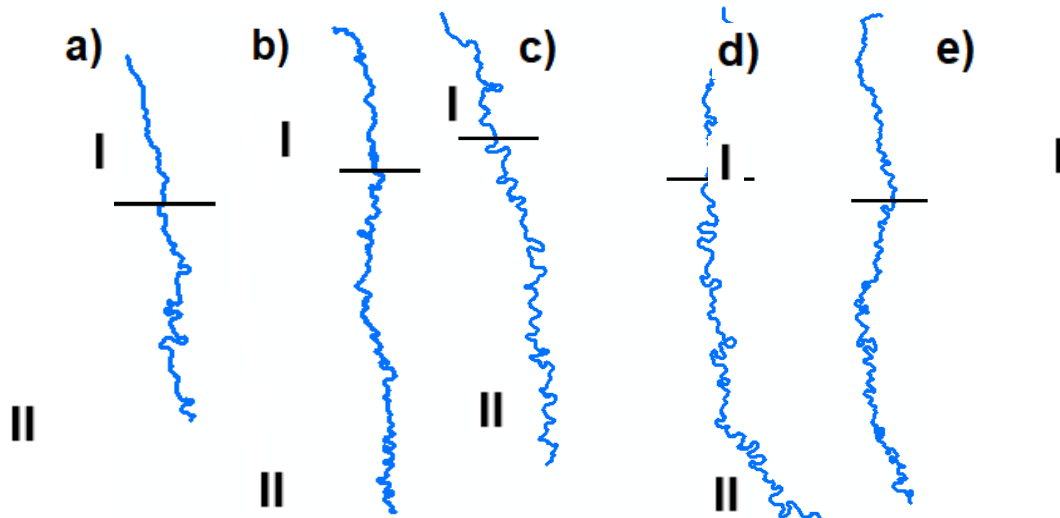
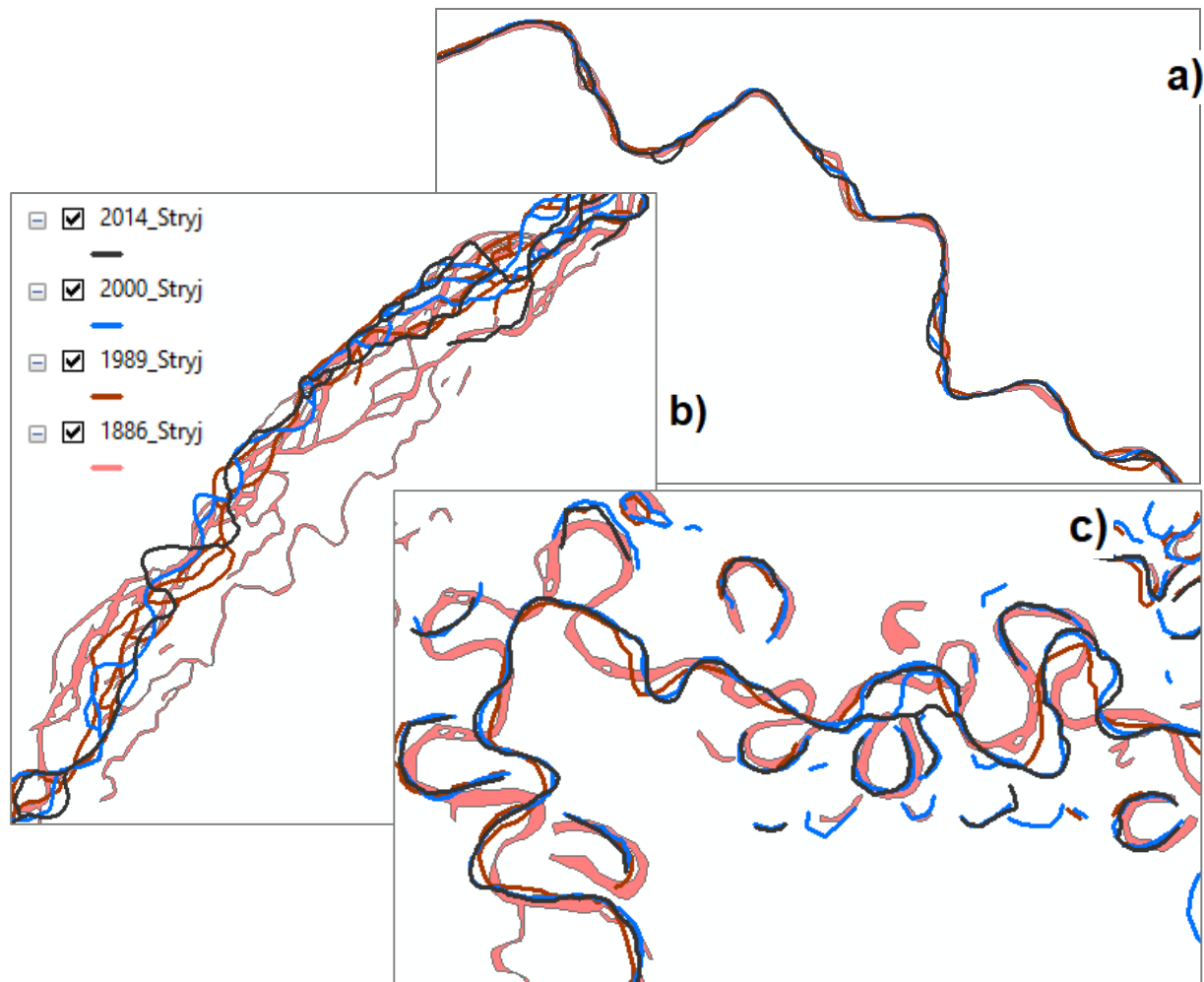


Рис. 4. П'ять лівих приток Дністра, поділених на дві частини: а – Золота Липа, б – Стрипа; в – Серет; д – Збруч; е – Смотрич. I – горбиста частина, II – каньйонна частина



**Рис. 5.** Праві притоки Дністра: а – гірська частина; б – горбиста частина; с – рівнинна частина

Гірська частина річки Стрий характеризується малими зміщеннями, максимальне – 159 м. У цій частині для визначення зміщень набрано тільки п'ять точок, оскільки у цій частині русла практично накладаються. Довжина гірської частини – 25 км. Передгірська частина річки Стрий характерна багаторукавністю (рис. 5, б).

У табл. 4 наведено зміщення правої притоки річки Стрий. Характер зміщень інших праві притоки подібний. Тому ми не подавали їх в окремих таблицях. У табл. 4 подано зміщення за два часові періоди, оскільки зміщення між 2000 і 2014 рр. мало різняться. Максимальні зміщення усіх приток подано в табл. 10.

Наведемо кількість рукавів і виміряну ширину відстані між крайніми рукавами (табл. 5). За 1886 р. максимальна ширина багаторукавності – до 1,5 км, річка поділяється на три–чотири рукави. Через майже 100 років (1989 р.) ширина між крайніми рукавами зменшується до 500 м, однак зауважено значне переплетіння русла, яке спостерігаємо і на космічному знімку (2000 р.). На космічному

знімку (2016 р.) русло р. Стрий у цій ділянці однорукавне. На передгірській ділянці зміщеннями слугують різниці між шириною багаторукавності. Довжина ділянки – 50 км. Для характеристики зміщень рівнинної ділянки набрано вісім точок (рис. 4). На рівнинній ділянці визначено найбільші зміщення, які досягають величини 1,2 км. Довжина рівнинної частини р. Стрий – 18 км. На австрійській карті зауважено 20 стариць та 12 островів, але з часом ця кількість зменшилась і на космічному знімку 2014 р. зауважено 12 стариць та два острови. Власне на передгірській та рівнинній ділянках причиною зміни характеру русел вважаємо значний вплив антропогенного чинника, зокрема відбір гравійних та піщаних матеріалів [Рудько, Петришин, 2014].

У гірській частині довжина – 13 км (Бистриця Надвірнянська), 34 км (Бистриця Солотвинська). Вимірювання виконано на точках із максимальними зміщеннями, які становлять: для Бистриці Надвірнянської – 170 м, Бистриці Солотвинської – 270 м. Друга частина Бистриці Надвірнянської

характерна тим, що русло 1886 р. однорукавне, на решті зображень (1989, 2000 та 2014 рр.) спостерігається багаторукавність та переплетення русел на деяких ділянках (рис. 6, а). Найбільша ширина багаторукавності 756 м (2016 р.). Русло розділяється на два рукави. Ця частина заболочена, довжина цієї ділянки 19 км. На другій ділянці зміщеннями слугують різниці між шириною багаторукавності. На вигині біля м. Івано-Франківська дві притоки (Солотвинська та Надвірнянська) зливаються в одну річку Бистриця. На рівнинній частині максимальна ширина багаторукавності 500–700 м. Русло у всі часові періоди розділяється на два–три рукави зі значним переплетенням. Максимальні значення зміщень в обох притоках річки Бистриця в цій частині – понад 700–1000 м у різних точках між руслом на карті 1886 р. та космічним знімком 2016 р. Складний характер русла зі значним переплетенням не дає змоги визначити зміщення для конкретних часових періодів.

Таблиця 4

**Зміщення русла річки Стрий**

Частина річки	№ точок	Зміщення русла, м	
		1886–1989	1989–2014
I	1	90	105
	2	155	-155
	3	-160	50
	4	-	145
	5	30	160
III	1	1150	135
	2	765	-15
	3	-325	-55
	4	-645	15
	5	500	-165
	6	165	270
	7	-360	-250
	8	-195	-165

Таблиця 5

**Кількість рукавів і відстань між крайніми рукавами річки Стрий у 1886, 1989, 2000, 2014 рр.**

№ то-чок	1886		1989		2000		2014	
	Ширина, м	Кіль-кість	Ширина, м	Кіль-кість	Ширина, м	Кіль-кість	Ширина, м	Кіль-кість
1	1520	4	445	3	450	2	0	1
2	665	2	430	3	0	1	0	1
3	1355	5	235	1	0	1	0	1
4	945	4	565	2	375	3	1035	4
5	390	3	595	2	560	5	255	2
6	520	3	0	1	55	2	260	2
7	785	5	0	1	0	1	0	1
8	1170	4	0	1	240	2	0	1
9	810	2	190	2	685	2	0	1

Довжина частини русла ріки Лімниці у гірській частині – 21 км. У гірській частині річки Лімниця майже не зауважено зміщень. Зафіксовано тільки одну точку зі зміщенням, яке досягає 250 м. Друга частина характерна значною багаторукавністю річки (рис. 6, b), русло розділяється на три рукави. Ширина між рукавами досягає 1000–1300 м (1910 р.). Довжина цієї частини – 29 км. У цій частині теж не можна виміряти зміщень через багаторукавність, яка спостерігається і у третій частині русла, але вона значно зменшується на цій ділянці. Ширина багаторукавності тут – максимум 604 м на карті 1910 р. і 250 та 200 м – у 1989, 2000 і 2016 рр. Русло розгалужується на два рукави. Довжина цієї частини річки 35 км. Тут виміряно найбільші зміщення, максимальне становить 490 м за 1910–1989 рр. А на інших вимірних точках зміщення становлять 200–300 м (1910–1989 рр.). Для русла характерні значна звивистість і вигини.

Зміщення вимірювали здебільшого на характерних вигинах. Їх кількість вказано в табл. 6 та 7. Річка Золота Липа має довжину 85 км, максимальне зміщення русла – 383 м (табл. 6). На заболоченій рівнині у верхів'ях річки проведено осушувальну каналізацію. Довжина річки Серет 242 км, максимальне зміщення – 269 м. Річка Збруч є найбільшою лівою притокою Дністра. Її довжина 247 км, максимальне зміщення – 343 м. Стрипа – це річка завдовжки 147 км. Русло у верхів'ї зарегульоване водосховищами. Максимальне зміщення – 248 м. Під час аналізу виявлено місця, де річка сильно змістилась унаслідок проведення меліоративних робіт, адже русло зарегульоване на великій відстані (500–550 м). Довжина річки Смотрич 169 км. Унікальність річки – каньйон біля міста Кам'янець-Подільський. Під час дослідження зауважено, що раніше, ще за австрійських часів, цього каньйону не було. Максимальне зміщення – 315 м.



У табл. 6 та 7 подано зміщення лівобережних приток.

Додатково до зміщення русел річок проаналізовано їхню стабільність на основі математичних залежностей, які запропонували різні автори.

Що стосується вимірів, які характеризують стійкість русла річки, то в спеціальній літературі описано два підходи. Відповідно до першого підходу коефіцієнт стійкості русла визначають на

певних ділянках незначної довжини, де заплановано гідротехнічні роботи і де характеристики річки однакові [Heegen, et al., 2012; Simon & Klimetz, 2008]. Другий підхід визначає показники стійкості за даними морфометричних характеристик великих ділянок ріки з використанням відповідних математичних виразів [Чалов, Маккавеев, 1986; Крыленко, и др., 2005]. В цій роботі стійкість визначено на підставі другого підходу.

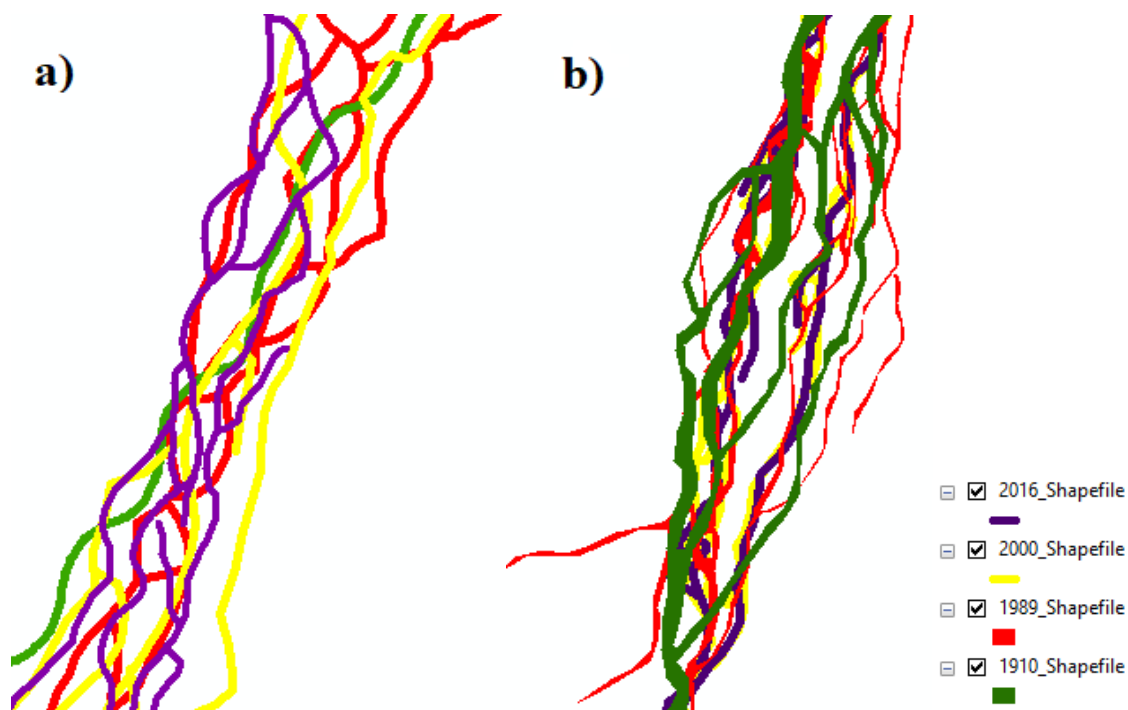


Рис. 6. Характер другої частини річок:  
а – Бистриці; б – Лімниці

Таблиця 6

Зміщення лівобережних приток  
(Золота липа і Збруч)

№ точок	Частина ріки	Зміщення русла річки Золота Липа, м			Частина ріки	Зміщення русла річки Збруч, м		
		1910– 1930	1930– 1985	1985– 2017		1910– 1930	1930– 1985	1985– 2017
1	I	30	–	55	I	–160	–	65
2		70	–30	385		310	–	–75
3		–220	35	–		–320	–	85
6	II	–250	20	35	I	–300	–	–
7		235	50	–50		–160	–180	70
8		225	–80	–		–280	–60	60
9		220	–65	55		–200	–140	–
10		–185	20	–80		215	–	50
11		–280	95	–		230	–	–
12		300	–	25	–340	95	–	

**Зміщення лівобережних приток  
(Стрипа, Серет та Смотрич)**

№ точок	Час- тина ріки	Зміщення русла річки Стрипа, м			Зміщення русла річки Серет, м			Час- тина ріки	Зміщення русла річки Смотрич, м		
		1910– 1930	1930– 1985	1985– 2017	1910– 1930	1930– 1985	1985– 2017		1910– 1930	1930– 1985	1985– 2017
1	I	-95	-60	30	-55	-145	-	I	150	85	-
2		30	-155	60	-120	-40	25		-190	145	-
3		160	-30	30	45	75	65		-20	165	40
4		40	90	30	-125	20	-		105	70	50
5		-	75	30	-185	-	-		200	-40	40
6		-40	-	<b>-145</b>	-95	-70	70		265	-35	-
7		-	130	80	-120	-30	<b>150</b>		85	<b>190</b>	-
8		-95	-40	-20	-90	-105	105		110	115	-20
9		35	25	60	-155	55	-		-70	130	-
10		65	-65	105	-160	-	-35		-150	-130	-40
11	II	85	90	-	-110	160	40	II	-240	-	50
12		125	50	-30	-230	160	-		-150	-	30
13		<b>250</b>	15	15	-125	<b>185</b>	-		-170	-40	-
14		-35	115	-15	-150	-	40		-280	-30	-
15		210	-85	-	-240	105	-		-235	-	45
17		130	50	-	-200	40	-15		-250	45	-25
18		175	-	60	-230	-	-		170	80	<b>-80</b>
19		135	<b>175</b>	-	<b>-270</b>	60	-		<b>-315</b>	55	-25

Коефіцієнт звивистості може бути одним з показників стійкості лише для ділянок із незначною шириною заплави.

У формули, які використовують для оцінки стійкості, не входить такий визначальний параметр, як ширина заплави, пов'язана з виникненням повеневих явищ. Ширину заплави виміряно для кожної ділянки досліджуваних річок на четвертинних картах за кількістю точок – 50–70 через кожні 3–4 км. Запропоновано показати коефіцієнт стійкості русла як співвідношення ширини заплави до ширини русла річки:

$$K = \frac{k \cdot B'}{B}, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт ерозії,  $B'$  – ширина заплави, визначена за картами четвертинних відкладів масштабу 1:50000.

Критерії стабільності подано в табл. 8. У табл. 9 наведено основні морфометричні характеристики зазначених трьох ділянок русел кожної правобережної притоки ріки Дністер, а в табл. 10 – розрахункові показники стійкості русла за виразами, наведеними в першій колонці. [Крыленко, и др., 2005]. У табл. 11 вказано основні морфометричні характеристики русел кожної лівобережної притоки ріки Дністер, а в табл. 12 наведено підрахунки стійкості русла. Стійкість оцінено на підставі розрахованих коефіцієнтів із порівнянням їх за критеріями стійкості. Критерії

стійкості подано за результатами аналізу різних типів річок [Ободовський, 2001; Крыленко, и др., 2005]. В [Крыленко, и др., 2005] вказано, що критерієм стійкості можуть слугувати зміщення русел рік. Аналіз стійкості в нашому дослідженні виконано на підставі порівняння визначених коефіцієнтів стійкості та горизонтальних зміщень окремо для правобережних (табл. 9, 10) і лівобережних рік (табл. 11, 12).

Таблиця 8

**Критерії стійкості лівобережних і правобережних приток Дністра [Burshtynska, et al., 2018]**

Характеристика стабільності	Коефіцієнт стабільності	
	Праві	Ліві
Стабільне	1–4	1–10
Порівняно стабільне	4–10	10–20
Порівняно нестабільне	10–20	20–40
Нестабільне	>20	>40

Аналіз таблиці, яка стосується стійкості правобережних рік, дає підстави зробити висновок про узгодженість визначених коефіцієнтів зі зміщеннями рік, за винятком виразу (5) (табл. 10). У виразі (3) (табл. 10) не узгоджується значення стійкості для передгірської частини річки Стрий.

Таблиця 9

## Основні морфометричні характеристики трьох частин правобережних приток Дністра

Морфометричні параметри	Стрий			Бистриця з притокою Надвірнянська			Бистриця з притокою Солотвинська		Лімниця		
	I	II	III	I	II	III	I	II	I	II	III
Довжина $l$ , км	25	50	18	12	19	39	33	38	21	29	35
Падіння річки $\Delta H$ , м	70	90	8	134	163	160	339	193	287	191	98
Похил водної поверхні $I$ , м/км	2,8	1,8	0,44	11,1	8,5	4,1	10,2	5	13,6	6,58	2,8
Середня ширина русла $B$ , м	40	50	50	10	20	32	10	25	22	40	50
Глибина річки $h$ , м	0,5	0,8	1,0	0,5	1,5	2	0,5	1	0,5	1,0	1,5
Середній діаметр наносів $d$ , мм	50	10	1	50	10	1	50	2	50	10	2
Ширина заплави $B'$ , м	265	1025	1477	98	420	900	97	800	200	1002	1500

Таблиця 10

## Розраховані коефіцієнти стабільності (правобережні притоки Дністра)

Формули	Критерій стійкості	Стрий			Бистриця з притокою Надвірнянська			Бистриця з притокою Солотвинська		Лімниця		
		I	II	III	I	II	III	I	II	I	II	III
1 $L = d/I$	2 < 50	17,8	5,5	2,2	4,5	1,1	0,2	4,9	0,4	3,6	1,5	0,7
2 $L_o = (d/I) \cdot (B/h) \cdot A$ ( $A$ – коефіцієнт ерозії (0,03))	2 < 50	42,7	10,3	3,3	2,7	0,4	0,1	2,9	0,3	4,7	1,8	0,7
3 $K_s = 1000 \cdot (d/B \cdot I)$	6 > 100	446	111	45,4	450	58,8	7,6	490	16	167	38	14,2
4 $\Psi = d/h \cdot I$	1–15	35,7	6,9	2,2	9	0,8	0,1	9,8	0,4	7,3	1,5	0,5
5 $G = (\sqrt{B})/h$	18–1	12,6	8,8	7	6,3	3	2,8	6,3	5	9,3	6,3	4,7
6 $K_u = \sqrt{(B \cdot d)/h}$	5–40	63,2	25	7	31,6	11,5	4	31,6	7	46,9	20	8
7 $K_r = (d \cdot B)/(h \cdot I)$	30–1500	1428	347	113	90	15,7	4	98	10	161,7	60,7	23,8
8 $K = B'/B$	100–1	6,6	20,5	29,5	9,8	21	28	9,7	32	9	25	30
Макимальні зміщення, м		250–570	–	900–1100	50–100	–	300–550	150–250	280–570	70–250	–	300–500

Таблиця 11

## Основні морфометричні характеристики двох частин лівобережних приток Дністра

Морфометричні параметри	Золота Липа		Стрипа		Серет		Збруч		Смогрич	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Довжина $l$ , км	23	48	23	80	30	107	30	100	45	85
Падіння річки $\Delta H$ , м	14	55	7	128	19	119	43	106	56	61
Похил водної поверхні $I$ , м/км	0,6	1,14	0,3	1,6	0,6	1,1	1,43	1,06	1,2	0,71
Середня ширина русла $B$ , м	15	17	18	18	22	50	32	39	16	26
Глибина річки $h$ , м	1	1,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Середній діаметр наносів $d$ , мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Ширина заплави $B'$ , м	32	15	19	9	12	7	16	7	25	10

Розраховані коефіцієнти стабільності (лівобережні притоки Дністра)

	Формули	Критерій стійкості	Золота Липа		Стрипа		Серет		Збруч		Смотрич	
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	$L = d/I$	2-<50	33,3	17,5	66,6	12,5	33,3	18,1	13,9	18,8	16,6	28,1
2	$L_o = (d/I) \cdot (B/h) \cdot A$ (A – коефіцієнт ерозії (0,03))	2-<50	14,9	5,9	35,9	6,7	14,6	18,1	8,8	14,6	5,3	14,6
3	$K_s = 1000 \cdot (d/B \cdot I)$	6->100	2222	1031	3703	694	1515	363	437	483	1041	1083
4	$\Psi = d/h \cdot I$	1-15	33,3	11,7	66,6	12,5	22,2	12,1	9,3	12,5	11,1	18,7
5	$G = (\sqrt{B})/h$	18-1	3,8	2,7	4,2	4,2	3,1	4,7	3,7	4,1	2,6	3,4
6	$K_u = \sqrt{B \cdot d/h}$	5-40	17,3	15	19	19	17	25,8	20,6	22,8	14,6	18,6
7	$K_r = (d \cdot B)/(h \cdot I)$	30-1500	500	198	151	225	488	606	298	490	177	488
8	$K = B' \cdot B$	100-1	32	15	19	9	12	7	16	7	25	10
	Максимальні зміщення, м		200-380	200-300	170-250	100-150	200-270	100-150	200-340	200-320	200-320	150-270

Для лівобережних приток розходження у стійкості між виразами і величинами зміщень виявлено для більшості значень горбистої частини річок Золота Липа, Серет, Збруч та Смотрич. Однак мусимо зауважити, що власне в цій частині річки проводили гідротехнічні роботи. Для річок, друга частина яких належить до стійких структур, неузгодженість для трьох рік отримано за виразом 7 (табл. 12).

Запропонований вираз (8) для оцінювання стійкості (табл. 10, 12), за яким враховують ширину заплави річки, узгоджується для правобережних і лівобережних приток оптимально.

Інтенсивний розвиток методів дистанційного зондування Землі для отримання інформації про гідрографічні об'єкти, використання історичних топографічних карт, а також спеціальних карт, зокрема ґрунтів та четвертинних відкладів із опрацюванням усіх типів вхідних даних за допомогою геоінформаційних систем, відкривають нові можливості моніторингу русел рік. Власне такий комплексний підхід запропоновано і реалізовано для визначення змін русла другої за величиною річки України Дністра та її лівобережних та правобережних приток.

Сьогодні ефективних досліджень цієї важливої для природокористування річки немає. Є поодинокі праці, які стосуються деяких приток Дністра (найчастіше Стрипа) – видобування каменю та гравію або вирубування лісів на деяких ділянках, що спричиняє зміну гідрологічного режиму.

У власних дослідженнях русла Дністра, вказаних у бібліографічному описі, ми зосередились на визначенні горизонтальних зміщень річки за більш ніж столітній період, який припав на різні історичні часи. Таке підкреслення часових періодів має сенс, оскільки картографічні матеріали

створювали в різних картографічних проєкціях із різними технологічними можливостями. Опрацювання матеріалів з прив'язкою до однієї картографічної проєкції WGS84 дало змогу визначити зміщення русел річок.

Частково в попередніх дослідженнях [Burshynska, et al., 2017] ми торкнулися міграції пісків, утворення островів та їх змін під впливом гідрологічного режиму.

У цьому дослідженні нам вдалось виявити чіткий вплив геологічних структур на характер змін лівобережних і правобережних приток Дністра. За майже однакового гідрометеорологічного режиму право- і лівобережних рік зауважено цілком інші характер і величини зміщень, тому зроблено висновок про домінуючий вплив геологічних структур: Українських Карпат, Волинсько-Подільської плити та Передкарпатського прогину.

І насамкінець, здійснено докладний аналіз стійкості рік як однієї із домінуючих характеристик. Для визначення стійкості автори подають різні математичні вирази, керуючись наземними спостереженнями і дослідженням річок за різних гідрологічних режимів. Маккавеев та інші автори встановили критерії, за якими річки можна зараховувати до певної категорії.

У літературі [Чалов, Маккавеев, 1986; Ободовський, 2001] підкреслено, що власне горизонтальні зміщення можуть слугувати критеріями стійкості. В нашому дослідженні проаналізовано значення величин стійкості для різних ділянок річок і їх узгодження із критеріями, які запропонували різні автори, а також встановленими зміщеннями. Виявлено, що не всі вирази є достовірними для різних ділянок. Водночас запропоновано вираз стійкості на підставі визначення

ширини заплави, який узгоджується із горизонтальними зміщеннями русла, адже власне заплава є показником зміни русла під час повеневих явищ.

### Висновки

1. Опрацьовано методологію вивчення горизонтальних зміщень гідрографічних об'єктів на основі використання космічних знімків та топографічних карт різночасових періодів, а також карт четвертинних відкладів та ґрунтів, зокрема досліджено горизонтальні зміщення та вплив геологічних структур на руслові процеси правобережних та лівобережних приток річки Дністер.

2. Правобережні притоки річки Дністер проходять через Скибовий покров Українських Карпат, Внутрішню зону Передкарпатського прогину. Ці ріки із однорукавного русла в гірській частині перетворюються на багатурукавні в передгірській її частині та річки зі значним меандруванням і горизонтальними зміщеннями в рівнинній частині приток. Лівобережні притоки річки Дністер перетинають Волино-Подільську плиту. Вони характерні значною звивистістю, однорукавністю і втричі меншими горизонтальними зміщеннями. Напрямок русел у багатьох випадках контролюється тектонічними елементами – розломами та тріщинами. В зовнішній зоні Передкарпатського прогину напрям русел часто зумовлений літологічними особливостями, що особливо характерно для річки Стрий.

3. Аналіз правобережних приток свідчить, що горизонтальні зміщення залежать від умов протікання руслового протоку. За характером зміщення їх поділено на три частини. Стрий: – на гірську, передгірську та рівнинну, а Лімницю і Бистрицю – на гірську, горбисту із болотистою рівниною та рівнинну. Річка Стрий характерна звивистістю, багатурукавністю та значними зміщеннями у рівнинній частині. Лімниця та Бистриця теж притаманна багатурукавність, але порівняно менша, ніж річці Стрий. Максимальні зміщення русел: р. Стрий – 1200 м; р. Лімниця – 490 м; р. Бистриця – 580 м.

4. Проаналізовано лівобережні притоки Дністра. Їх відповідно поділено, залежно від звивистості, на дві частини: горбисту і каньйонну. Характер зміщень лівобережних приток відрізняється від правобережних. Для них характерні значна звивистість і водночас – менші зміщення. Максимальні зміщення – 340 м (р. Збруч) та 380 м (р. Золота Липа) в деяких точках.

5. Для других частин правобережних приток характерні багатурукавність та переплетеність, ширина багатурукавності становить за картами 1886–1910 рр. від 600–1500 м, за картами 1989 р. ширина багатурукавності зменшилась і становить до 500 м, у 2000–2014 рр. русла стають однорукавними, за винятком однієї частини річки Бистриці.

6. У спеціальній літературі часто звивистість корелює зі стійкістю русел. Як показує аналіз характеру лівобережних рік, що за структурою сильно звивисті, особливо у каньйонній частині, горизонтальні зміщення є меншими порівняно із правобережними притоками, тобто геологічні структури суттєво впливають на величину стійкості річок.

7. Із проаналізованих виразів, які застосовують для оцінювання стійкості правобережних та лівобережних приток річки Дністер, які належать до різних типів геологічних структур, доцільно застосовувати вирази (6) та (8) (табл. 10, 12).

8. Результати дослідження можуть використовувати організації, які займаються проектуванням гідротехнічних споруд на річках, а також підприємства земельного кадастру для коригування меж охоронних земель прирічкових територій.

### Список літератури

- Байрак Г. Зміни русел малих рік в контексті змін лісистості їхніх басейнів (на прикладі р. Підбуж Старосамбірського району). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*, 2016. Вип. 1. С. 18–31.
- Бурштинська Х., Маланій, В. Шевчук. Моніторинг деформаційних процесів русел рік. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць Західного геодез. товариства УТГК*, 2010. Вип. I (19). С. 216–226.
- Горішний П. Горизонтальні деформації нижньої течії русла річки Стрий у 1896–2006 рр. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*, 2014. С. 68–74.
- Крыленко И. В., Дзаганя Е. В., Крыленко В. В. Оценка устойчивости русел горных рек. *Екотехнология*, 2005. <https://www.proza.ru/2011/07/06/225>
- Ободовський О. Г. (2001). Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). К.: Ніка-Центр, 2001. 274 с.
- Ободовський О. Г., Онищук В. В., Ярошевич О. Є. Аналіз руслових процесів та рекомендації щодо управління руслозаплавним комплексом на передгірно-рівнинній ділянці р. Тиси. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. зб.*, 2005. Том 7. С. 69–88.
- Рудько Г. І., Петришин В. Ю. Характеристика родовищ валунно-гравійно-піщаних порід у Львівській області та їх вплив на екологічний стан природного середовища. *Мінеральні ресурси України*, 2014. № 1. С. 39–47.
- Чалов Р. С., Маккавеев Н. И. *Русловые процессы*. М.: МГУ, 1986. С. 264.
- Шевчук В. М., Бурштинська Х. В. Методика моніторингу рік на урбанізованих територіях. *Геодезія, картографія і аерофотознімання. Львів, 2011. Вип. 75, С. 73–82.*

- Buffington, J., Woodsmith, R., Booth, D. & Montgomery, D. (2003). Fluvial Processes in Puget Sound Rivers and the Pacific Northwest. *In Restoration of Puget Sound Rivers*, 46–78.
- Burshtynska, Kh., Halochkin, M., Tretyak S. & Zayac I. (2017). Monitoring of the riverbed of river Dnister of the Carpathian Region using GIS technologies. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 29, 25–36. doi:10.14681/afkit.2017.002.
- Burshtynska, Kh., Shevchuk, V., Babushka, A., Tretyak, S. & Halochkin, M. (2018, September). Research of the morphology of river Dnister using remote sensing and cartographic data. *25th Anniversary Conference Geographic Information Systems Conference and Exhibition "GIS ODYSSEY 2018". Conference proceedings*, 64–72.
- Burshtynska, Kh., Shevchuk, V., Tretyak, S. & Vekliuk, V. (2016). Monitoring of the riverbeds of rivers Dnister and Tisza of the Carpathian region. *XXIII ISPRS Congress, Commission VII (Vol. XLI-B7)*, 177–182. doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B7-177-2016
- Friend, P. & Sinha, R. (1993). Braiding and meandering parameters. *Geological Society London Special Publications*, vol. 75, issue 1, 105–111.
- Guneralp, I. (2011). Channel avulsion processes on the lower Brazos river, Texas/Guneralp I., Billy U. Hales, Anthony M. Filippi. *TWDB Final Report, 904830968*, 88.
- Heeren, D. M., Mittelstet, A. R., Fox, G. A., Storm, D. E., Al-Madhhachi, A. T., Midgley, T. L., ... & Tejral, R. D. (2012). Using rapid geomorphic assessments to assess streambank stability in Oklahoma Ozark streams. *Transactions of the ASABE*, 55(3), 957–968.
- Janicke, S. (2000). *Stream channel processes*. Fluvial Geomorphology. Water & Rivers Commission Report, 6, 1–12.
- Krzemień, K. (2006). Badania struktury i dynamiki koryt rzek Karpackich. *Infrastruktura i ekologia terenow wiejskich*, No. 4/1, 131–142.
- Legg, N. & Olson, P. (2014). *Channel Migration Processes and Patterns in Western Washington: A Synthesis for Floodplain Management and Restoration*. Ecology Publication, 36 p.
- Pirmez, C. Flood, R. D. Piper, D. & Klaus A. (1995). Morphology and structure of Amazon channel, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, 155, 23–45.
- Simon, A., & Klimetz, L. (2008). Magnitude, Frequency, and Duration Relations for Suspended Sediment in Stable ("Reference") Southeastern Streams 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 44(5), 1270–1283..
- Żelaziński, J. (2014). Identyfikacja i opis zmian morfologii koryta Wisły wywołanych obwałowaniem i regulacją wraz z oceną ich wpływu na ryzyko powodziowe. Załącznik 1. *Projekt: Rewitalizacja, ochrona bioróżnorodności i wykorzystanie walorów starorzeczy Wisły, zatrzymanie degradacji doliny górnej Wisły jako korytarza ekologicznego*, 26 p.

K. V. BURSHTYNSKA<sup>1</sup>, A. V. BABUSHKA<sup>1\*</sup>, I. M. BUBNIAK<sup>2</sup>, L. V. BABIY<sup>1</sup>, S. K. TRETYAK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine, +38(096)4768773, e-mail: andriy.babushka@gmail.com

<sup>2</sup>Department of Engineering Geodesy, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine.

#### INFLUENCE OF GEOLOGICAL STRUCTURES ON THE NATURE OF RIVERBED DISPLACEMENTS FOR THE RIVERS OF THE DNISTER BASIN UPPER PART

**Aim** of work is to investigate the influence of the Precarpathian bend and the Volynian-Podolian upland for the nature of displacement of the Dnister River tributaries and to determine stability of river channels. The object of this research is the Dnister River and its left and right tributaries. Considering the main factors influencing the nature of the horizontal riverbed displacements caused by both natural and anthropogenic factors, special attention is focused on the geological structures in the area on which Dnister River and its tributaries flow. **Methods.** Applying the software package ArcGIS authors had implemented the monitoring for a 100 year period using various topographical, geological, ground maps, and space images. For monitoring of displacements of the riverbeds of right and left bank tributaries of the Dnister there were used: topographic maps at scales 1:100000 and 1:75000 (Austrian period – 1886, 1910, Polish period –1930, the Soviet period – 1985, 1989); space images Landsat 7 (2000), Landsat 8 (2014) and Sentinel 2 (2016, 2017); and soil map scale 1:200000. It allows declaration about the different nature of the displacements. **Results.** The Dnister River flows on the border of two structures – the Precarpathian bend and the Volynian-Podolian upland. The right bank tributaries (Bystrytsia, Limnytsia, Stryi, and others) that begin in the Carpathians, cross the outer and inner boundaries of the Precarpathian bend, and are characterized by riverbed stability in the mountainous part, with multithreading and considerable meandering (especially for the Stryi River) within the Precarpathian bend. Lithological deposits have a significant influence at the mouth of the Stryi River. For these tributaries, according to the results of the study, large horizontal displacements are observed, they extend for: Limnytsia river – 500 m, Bystrytsia river – 580 m, Stryi River – 1200 m. The left bank tributaries, which are located on the Volynian-Podolian upland,



include Zolota Lypa, Seret, Zbruch, Smotrych, and Strypa rivers. They are highly sinuous but much more stable in horizontal displacements. The maximum displacements for these rivers are 300–380 m. **Scientific novelty.** Investigation includes the influence of geological structures on the displacements of the left and right bank tributaries of the Dnister River and an analysis of the basic mathematical expressions that are used to evaluate the stability of the riverbeds. **The practical significance.** The results of monitoring riverbed deformation processes have to be considered while solving tasks related to riverbed processes, namely for: development and building of hydraulic engineering facilities, design of power transmission network when crossing rivers, development of gas transmission pipelines, determination of flood hazard zones and consequences of destruction after flash floods or seasonal floods, establishment of boundaries of land conservation areas, management of recreation activities, monitoring of the condition of frontier lands, and establishment of the border along the midstream of rivers.

*Key words:* monitoring; riverbed displacements; space images; topographic maps; geological structure.

Надійшла 05.09.2019 р.