CHAPTER 34

ОВЕРЛЕЙНИЙ АНАЛІЗ ПЛАНОВИХ ПЕРЕФОРМУВАНЬ РІЧКИ ПРУТ НА ПЕРЕДГІРНІЙ ДІЛЯНЦІ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Пасічник Микола, Григорійчук Віталій, Мартинова Хавруняк Андре
DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-714-7-34

ВСТУП

Річкові системи Українських Карпат і Передкарпаття перебувають під постійним впливом двох різноспрямованих груп чинників – природної морфодинамічної активності, властивої гірським і передгірним водотокам, і зростаючого антропогенного навантаження на долини річок. Планові переформування русла (бічна ерозія берегів, міграція меандрів, зміна рукавності, звуження чи розширення заплавно-руслового поясу) – природний і невід'ємний процес розвитку будь-якої алювіальної річки. Проте в межах щільно заселених і господарсько освоєних територій Передкарпаття вони набувають виразного прикладного значення, оскільки безпосередньо впливають на стан прибережної інфраструктури, сільськогосподарських угідь і, зокрема, об'єктів централізованого водопостачання населених пунктів.

Річка Прут, яка бере початок у найвищій частині Українських Карпат і послідовно перетинає гірську, передгірну та рівнинну природні зони, є показовим об'єктом для вивчення закономірностей планової динаміки русла: у межах порівняно короткого відтинка долини тут поєднуються риси як активної, так і відносно стабільної руслової морфодинаміки, а густа мережа населених пунктів і господарських об'єктів у заплаві створює практичний запит на розуміння того, де саме і з якою інтенсивністю відбуваються ці зміни.

Актуальність дослідження визначається необхідністю переходу від описового, якісного розуміння руслових процесів до кількісно обґрунтованої, просторово диференційованої оцінки їхньої інтенсивності на конкретних ділянках річища – оцінки, яка може слугувати основою для прийняття рішень щодо берегоукріплення, планування забудови в межах заплави чи оцінки ризиків для вже наявних інженерних споруд. Такий підхід задовольняє

загальну логіку сталого розвитку територій, оскільки поєднує природничо-наукове дослідження геоморфологічних процесів із практичною оцінкою їхніх наслідків для господарської інфраструктури регіону.

Метою роботи є виявлення й аналіз планових переформувань русла річки Прут у межах передгірної ділянки від м. Коломия до гирла р. Черемош на основі оверлейного зіставлення різночасових картографічних і даних дистанційного зондування Землі, а також оцінка практичного значення виявлених закономірностей для окремих об'єктів водогосподарської інфраструктури, які розташовані в межах досліджуваного відтинка долини.

Досягнення поставленої мети передбачало розв'язання таких завдань:

– охарактеризувати природні умови басейну Пруту та теоретичні засади дослідження руслових процесів;

– розробити й застосувати методику опрацювання різночасових картографічних і супутникових матеріалів засобами геоінформаційних систем;

– виконати оверлейний аналіз планового положення русла на репрезентативних ділянках дослідженого відтинка та виявити просторові закономірності інтенсивності руслових деформацій;

– оцінити практичне значення отриманих результатів на прикладі інфільтраційних водозабірних споруд, розташованих у межах або поблизу дослідженої ділянки.

Об'єктом дослідження є русло річки Прут у межах передгірного відтинка долини від м. Коломия до гирла р. Черемош. Предметом дослідження є планові переформування цього русла за період 1884–2025 рр. та їхнє практичне значення для об'єктів водогосподарської інфраструктури (водозаборів) регіону.

Відповідно до поставлених завдань, робота структурована в чотири розділи. Перший розділ висвітлює фізико-географічні умови басейну річки Прут – геолого-геоморфологічну будову, кліматичний і гідрологічний режим, ландшафтну структуру та викладає теоретичні засади сучасного руслознавства, включно з класифікацією типів руслових деформацій і чинників їхнього розвитку. Другий розділ описує програмне та картографічно-інформаційне забезпечення дослідження: використані історичні й сучасні джерела, методику їхньої геоприв'язки та оцифрування, а також інструментарій геоінформаційного аналізу, застосований для зіставлення різночасових положень русла. Третій розділ представляє результати оверлейного аналізу планових переформувань русла на п'яти репрезентативних ділянках дослідженого відтинка за період 1884–2025 рр. Четвертий розділ розкриває практичне значення отриманих результатів на прикладі трьох інфільтраційних водозаборів передгірної ділянки

Пруту, демонструючи безпосередній зв'язок між русловою динамікою та надійністю систем питного водопостачання регіону.

Такий послідовний перехід від природних передумов і теорії до методики, емпіричних результатів і практичного застосування дає змогу розглянути планові переформування русла Пруту не як ізольоване геоморфологічне явище, а як складову ширшої проблематики сталого розвитку річкових природно-антропогенних систем Передкарпаття.

1. Фізико-географічні умови басейну річки Прут та теоретичні засади дослідження руслових процесів

Річка Прут є одним із ключових водних об'єктів південно-західної частини України та належить до транскордонної частини басейну Нижнього Дунаю. Вона є лівою притокою Дунаю і через нього належить до басейну Чорного моря. У межах України Прут пов'язаний передусім із територією Івано-Франківської та Чернівецької областей, а нижче за течією – з територіями Молдови та Румунії. Загальна довжина річки становить близько 967 км, площа водозбірного басейну – близько 27,5 тис. км²[1]. Прут бере початок у Чорногорі, в улоговині між горами Говерла та Брескул, тобто в межах найвищої частини Українських Карпат, що визначає його гірський характер у верхній течії та значну роль орографічних чинників у формуванні стоку[2].

У ряду річок басейну Верхнього Дунаю, що беруть початок в Українських Карпатах, Прут посідає особливе місце завдяки поєднанню значної довжини, великої площі водозбору й повного розвитку гірсько-передгірно-рівнинного профілю в межах порівняно компактної території. На відміну від цілком гірських приток, що зберігають свій характер на всій довжині, або від суто рівнинних водотоків Прут-Дністровського межиріччя, Прут послідовно відображає значну кількість типів руслового процесу – від глибинної ерозії та транспорту валунно-галькового матеріалу у верхів'ях до розвиненого меандрування й акумуляції в нижній течії. Через зазначене він є зручним модельним об'єктом для вивчення закономірностей просторової зміни морфодинаміки річища вздовж поздовжнього профілю, оскільки в межах одного водотоку можна простежити практично всі основні типи планових деформацій, характерні для гірських і передгірних річок Карпатського регіону.

---

[1] Гребінь В. В. Прут // Енциклопедія сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. URL: https://esu.com.ua/article-879390.

[2] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

Транскордонний статус річки надає їй особливого значення не лише як природного, а і як водогосподарського та соціально-економічного об'єкта. Прут послідовно перетинає території з різними адміністративними, господарськими та природоохоронними режимами, що позначається на характері використання його долини, інтенсивності антропогенного навантаження та підходах до регулювання русла. У межах верхньої і середньої течії річка виконує переважно природну функцію дренування гірської та передгірної території, тоді як у пониззі, за межами України, її роль ускладнюється потребами меліорації, судноплавства й прикордонного водокористування. Ця обставина є важливою для дослідження планових переформувань русла, оскільки різні ділянки Пруту перебувають під різним ступенем інженерного втручання, а отже, демонструють різну інтенсивність природної морфодинамічної активності[3].

Природні умови басейну Пруту мають виразну висотну і ландшафтну диференціацію. У працях К. І. Геренчука територія, пов'язана з басейном Пруту, розглядається в системі трьох великих природних блоків: Українських Карпат, Передкарпаття та рівнинних лісостепових територій Прут-Дністровського межиріччя[4]. Для Івано-Франківської області характерне поєднання північно-східної частини Подільської височини, середньої передкарпатської смуги з піднятим і сильно розчленованим рельєфом та південно-західної гірської частини Українських Карпат[5]. У Чернівецькій області долина Пруту виступає важливим природним рубежем: на північ від неї поширюється лісостепова рівнина Прут-Дністровського межиріччя, між Прутом і краєм Карпат розміщене Передгір'я, а на південному заході – гірська частина Буковинських Карпат[6]. Така будова території пояснює контрастність руслових процесів, як-от від вузької гірської долини з великими похилами у верхів'ях до ширших передгірних і рівнинних ділянок із розвиненою заплавою та вищою можливістю планових переформувань.

Важливо відзначити, що межі між виділеними природними блоками не є різкими, а лише перехідними смугами, у яких поступово змінюються геоморфологічні, кліматичні й ландшафтні параметри. Саме в таких перехідних зонах – на межі гір і передгір'я, передгір'я і рівнини – найчастіше спостерігається підвищена морфодинамічна активність річища,

[3] План управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки. Суббасейни Пруту та Сірету / Державне агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dunayu1.

[4] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

[5] Природа Івано-Франківської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1973. 157 с.

[6] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

оскільки тут поєднуються висока енергія потоку, значне надходження уламкового матеріалу і водночас зменшення транспортувальної здатності річки внаслідок зниження похилів. Це робить перехідні ділянки басейну Пруту пріоритетними об'єктами для аналізу планових деформацій русла в межах цього дослідження.

У верхній течії, до району Делятина, Прут має переважно гірський характер: долина V-подібна, місцями ущелиноподібна, русло порожисте, з водоспадами і значними локальними перепадами висот. На ділянці Ворохта – Яремче річка проходить через скельні й валунно-галькові руслові форми; нижче Делятина долина поступово набуває трапецієподібних рис і помітно розширюється[7]. У межах Передкарпаття та передгірних рівнин Прут приймає низку правобережних карпатських приток, серед яких найважливішою для зростання водності є Черемош. Саме після його впадіння водність Пруту істотно збільшується, а до району Чернівців річка вже формує основну частину свого стоку[8]. Це має істотне значення для дослідження руслових деформацій, оскільки поєднання значної водності, паводкового режиму, надходження уламкового матеріалу з Карпат і наявності алювіальних відкладів створює передумови для активної бічної ерозії, переформування берегів і зміни конфігурації русла.

Кожна з приток, що впадає в Прут у межах гірської та передгірної ділянок, привносить власний режим водності й наносів, сформований умовами свого малого водозбору. Притоки з крутими похилами й вузькими долинами постачають переважно грубоуламковий матеріал – валуни та гальку, тоді як притоки, що дренують більш вирівняні ділянки передгір'я, транспортують значну частку піщано-глинистої фракції. У місцях впадання приток у головне русло Пруту нерідко формуються конуси виносу, локальні розширення долини та ділянки підвищеної акумуляції, які, зі свого боку, впливають на конфігурацію головного потоку, спричиняють відхилення динамічної осі течії та створюють передумови для локального підмиву протилежного берега.

Густота річкової мережі басейну Пруту є нерівномірною і закономірно знижується в напрямку від гірської частини до рівнинної. У межах Українських Карпат, де випадає найбільша кількість атмосферних опадів, а рельєф характеризується значним ерозійним розчленуванням, формується густа мережа малих і середніх водотоків із крутими

[7] Гребінь В. В. Прут // Енциклопедія сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. URL: https://esu.com.ua/article-879390.

[8] План управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки. Суббасейни Пруту та Сірету / Державне агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dunayu1.

поздовжніми профілями. Ці водотоки швидко реагують на випадання опадів або сніготанення, забезпечуючи стрімке підняття рівнів у головній річці. У передгірній і рівнинній частинах басейну густота річкової мережі поступово зменшується, а самі малі водотоки мають менші похили та повільніший водообмін із головним руслом. Ця відмінність у структурі гідрографічної мережі є одним із чинників, що визначає різний характер формування паводкової хвилі на різних ділянках Пруту – різку й короткочасну у верхів'ях та відносно пологішу, розтягнуту в часі в середній і нижній течії.

Суттєве значення для морфодинаміки річища має також режим твердого стоку, тобто кількість і фракційний склад наносів, що транспортуються потоком. У гірській частині басейну переважає донний твердий стік, представлений крупноуламковим матеріалом, тоді як у міру просування вниз за течією зростає частка завислих наносів дрібнішої фракції. Зміна співвідношення донного й завислого стоку відображається на морфології русла, оскільки ділянки з переважанням донного транспорту наносів схильні до формування рухливих гальково-гравійних форм і частих локальних перебудов дна, тоді як на ділянках із переважанням завислих наносів активніше відбувається акумуляція на заплаві під час повеней і формування прируслових валів.

Гідрологічний режим Пруту є переважно дощово-сніговим із вагомою роллю паводків теплого періоду. Для річки характерні весняне водопілля, літні дощові паводки, а також підвищений зимовий стік у періоди відлиг і дощів[9]. Офіційні матеріали Плану управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки для суббасейнів Пруту та Сірету підкреслюють, що підвищена зливова діяльність на північно-східних схилах Карпат є однією з головних причин частих паводків, а карпатські притоки мають великі похили, скелясто-валунне й галечникове ложе та умови, сприятливі для швидкого поверхневого стоку[10]. Правовою основою реалізації цього плану є відповідне розпорядження Кабінету Міністрів України[11]. Для морфодинаміки русла це означає, що найбільші зміни планового положення берегових ліній і руслових форм слід очікувати

[9] Гребінь В. В. Прут // Енциклопедія сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. URL: https://esu.com.ua/article-879390.

[10] План управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки. Суббасейни Пруту та Сірету / Державне агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dunayu1.

[11] Про затвердження плану управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки : розпорядження Кабінету Міністрів України від 31.12.2024 № 1347-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1347-2024-%D1%80.

після проходження паводкових хвиль, особливо на ділянках із нестійкими алювіальними берегами, біля розгалужень русла, островів, старорічищ і в місцях контакту потоку з інженерно зміненими берегами.

Для оцінки гідрологічного режиму Пруту важливе значення має мережа спостережних постів, розташованих уздовж річки та на її основних притоках у межах гірської, передгірної та рівнинної ділянок. Дані багаторічних спостережень за рівнями й витратами води дають змогу простежити не лише сезонний хід стоку, а й довгострокові тенденції його змін, пов'язані з коливаннями кліматичних умов і антропогенним навантаженням на водозбір. Так, на українській ділянці річки діють п'ять гідрологічних постів (смт Ворохта, с. Татарів Надвірнянського р-ну, м. Яремче, м. Коломия, м. Чернівці)[12].

Порівняння гідрологічних характеристик на постах, розташованих у різних природних зонах басейну, дає змогу кількісно оцінити внесок гірської частини у формування паводкового стоку та простежити його трансформацію в міру просування хвилі паводка вниз за течією, що є важливою передумовою для інтерпретації синхронності чи запізнення руслових деформацій на різних ділянках річки.

Паводковий режим Пруту характеризується не лише сезонною, а й багаторічною мінливістю: роки з підвищеною кількістю опадів у гірській частині басейну супроводжуються серіями паводків, здатних спричиняти каскадні руслові переформування – коли наслідки однієї повені (наприклад, підмив берега чи утворення нового рукава) стають вихідними умовами для розвитку деформацій під час наступного високого стояння води. Такий кумулятивний характер руслової динаміки є однією з причин, чому дослідження планових переформувань Пруту доцільно проводити в багаторічному розрізі, залучаючи різночасові картографічні та дистанційні матеріали, а не лише за окремим станом на певну дату.

Геологічна та геоморфологічна основа басейну Пруту також зумовлює особливості руслових процесів. Гірська частина пов'язана з Карпатською складчастою областю, де поширені флішові товщі, пісковики, глинисті та мергелисті породи, а в долинах річок – четвертинні алювіальні щебеневі, галькові й піщано-галькові відклади[13]. У передгір'ях і на рівнинних територіях важливу роль відіграють терасові комплекси, алювіальні відклади заплави й надзаплавних терас. Саме вони формують літологічну

[12] Гребінь В. В. Прут // Енциклопедія сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. URL: https://esu.com.ua/article-879390.

[13] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

основу сучасної долини і визначають стійкість берегів до розмиву. У зв'язку із цим Прут доцільно розглядати не лише як водотік, а як складну річково-долинну геосистему, у межах якої взаємодіють водний потік, алювіальні відклади, заплава, тераси, схили долини, рослинний покрив і господарське освоєння території.

Ґрунтовий покрив басейну Пруту закономірно змінюється відповідно до висотної поясності та літологічної будови території і опосередковано впливає на інтенсивність надходження продуктів схилової денудації до річкової мережі. У гірській частині переважають гірсько-лісові бурі та дерново-буроземні ґрунти, які на крутих схилах мають обмежену потужність і за порушення природного рослинного покриву легко піддаються площинному змиву та лінійній ерозії. У передгір'ї поширені дерново-підзолисті та ясно-сірі опідзолені ґрунти на лесоподібних суглинках, які через значну розораність території і недостатню протиерозійну облаштованість схилів є одним із джерел дрібнозернистого матеріалу, що надходить у русло Пруту та його допливів під час злив. На рівнинних ділянках Прут-Дністровського межиріччя домінують сірі лісові та чорноземні ґрунти, менш чутливі до площинної ерозії, однак їхнє інтенсивне сільськогосподарське використання посилює роль яружно-балкової ерозії на прилеглих до долини територіях[14].

Рослинність у басейні Пруту виконує важливу водорегулювальну й протиерозійну функцію. У гірській і передгірній частинах значні площі займають широколистяні та хвойні ліси; у передгір'ї поширені дубові, грабові й букові ліси, вище зростає роль бука, ялиці та ялини, а найвищі ділянки Карпат представлені субальпійськими луками й чагарниковими формаціями[15]. На рівнинних і лівобережних ділянках суббасейну, особливо в межах Прут-Дністровського межиріччя, природний рослинний покрив значною мірою трансформований сільськогосподарським використанням. Така зміна природної лісистості на відкриті й розорані землі впливає на поверхневий стік, ерозійні процеси, надходження наносів і стан прибережних захисних смуг.

Прибережна деревно-чагарникова рослинність заслуговує на окрему увагу як безпосередній морфологічний чинник. Смуги верболозів, вільхи та інших вологолюбних порід, що ростуть уздовж берегової лінії, механічно закріплюють ґрунт кореневою системою, зменшують швидкість течії у прибережній зоні та сприяють осіданню завислих наносів, формуючи природні прируслові вали. Там, де така рослинність

[14] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

[15] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

вирубана або витіснена сільськогосподарським чи забудовним освоєнням берегів, спостерігається зниження стійкості берегової лінії до розмиву та пришвидшення бічної ерозії навіть за помірних витрат води. Це підтверджує тісний взаємозв'язок між станом рослинного покриву заплави та інтенсивністю планових деформацій русла[16].

Отже, річка Прут як об'єкт дослідження є гірсько-передгірно-рівнинною транскордонною річковою системою, що поєднує риси високогірного карпатського водотоку, передгірної річки з активним надходженням наносів і рівнинного русла з розвиненою заплавою. Її природна специфіка визначається положенням у межах Українських Карпат, Передкарпаття та Прут-Дністровського межиріччя, значною роллю зливового стоку, паводковістю, високою морфодинамічною активністю окремих ділянок і транскордонним водогосподарським значенням. Для дослідження планових переформувань русла Прут є показовим об'єктом, оскільки у його долині поєднуються природні чинники руслової динаміки та антропогенні впливи, зокрема освоєння заплави, берегоукріплення, транспортна інфраструктура й водогосподарське використання. Прут є однією з головних річкових систем південно-західної частини України та важливим елементом природної структури Українських Карпат, Передкарпаття і прилеглих рівнинних територій. Її геолого-геоморфологічні особливості визначаються положенням у межах кількох природних областей, які істотно відрізняються між собою за будовою рельєфу, літологічним складом порід, характером долин, похилами русла й умовами розвитку сучасних руслових процесів. Прут бере початок у високогірній частині Українських Карпат, у районі Чорногірського масиву, а далі перетинає гірські, передгірні та рівнинні території, що зумовлює значну просторову зміну морфології його долини та русла.

У геоморфологічному відношенні верхня частина басейну Пруту пов'язана з Українськими Карпатами. Ця територія характеризується складною тектонічною будовою, значним вертикальним розчленуванням рельєфу, великими відносними висотами, стрімкими схилами та переважанням ерозійно-денудаційних процесів. У межах Карпат рельєф сформований переважно на флішових товщах, що представлені чергуванням пісковиків, аргілітів, алевролітів, мергелів та інших осадових порід. Така літологічна основа в поєднанні з інтенсивним зволоженням, значними похилами й активною ерозійною діяльністю водотоків сприяє формуванню глибоко врізаних долин і високій динамічності руслових процесів[17].

[16] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

[17] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

Чергування у флішовій товщі порід із різною стійкістю до вивітрювання і розмиву – твердих пісковиків та пластичних глинистих прошарків – зумовлює нерівномірність ерозійного врізання по довжині річища. На ділянках, де в основі русла оголюються більш стійкі пісковикові пачки, формуються локальні пороги й перекати, що виконують роль природних базисів ерозії для вищерозташованих відтинків долини. Натомість там, де в руслі переважають менш стійкі глинисто-мергелисті різновиди, спостерігається пришвидшене поглиблення й розширення річища. Така літологічна вибірковість ерозії є однією з причин нерівномірного поздовжнього профілю Пруту у верхній течії та формування чергування ерозійних і акумулятивних відтинків.

У верхній течії Прут має виразний гірський характер. Його долина тут переважно вузька, місцями ущелиноподібна, з крутими схилами, значними похилами русла та високою швидкістю течії. Русло складене переважно крупноуламковим матеріалом – валунами, галькою, гравієм, що надходять із гірських схилів і приток. Для цієї частини річки характерні активна глибинна ерозія, локальні руслові перебудови, переміщення донного матеріалу під час паводків, утворення порогів, перекатів і кам'янисто-галькових руслових форм. Обмеженість долини схилами зменшує можливості широкої бічної міграції русла, тому руслові процеси тут переважно пов'язані з вертикальним врізанням, локальним розмивом берегів і перебудовою руслового дна[18].

Нижче за течією, у межах Передкарпаття, геоморфологічні умови істотно змінюються. Річка виходить із гірської ділянки в передгірну смугу, де зменшуються похили, розширюється долина, змінюється характер алювіальних відкладів і посилюється роль акумулятивних процесів. Передкарпаття, описане у працях за редакцією К. І. Геренчука, є перехідною природною зоною між гірськими структурами Карпат і рівнинними територіями. Для нього характерне поєднання хвилястого й розчленованого рельєфу, терасованих долин, алювіальних рівнин і схилових форм, що виникли внаслідок тривалої взаємодії тектонічних, ерозійних та акумулятивних процесів[19].

На передгірних ділянках Пруту зростає значення бічної ерозії та акумуляції. Зменшення похилу русла призводить до часткового відкладання матеріалу, який переноситься з гірської частини басейну. У таких умовах формуються гальково-гравійні побочні, острови, коси, заплавні протоки, а русло може набувати ознак розгалуження. Саме перехід від гірських до

[18] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

[19] Природа Івано-Франківської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1973. 157 с.

передгірних умов часто є зоною підвищеної руслової динаміки, оскільки енергія потоку ще залишається значною, але транспортна здатність поступово зменшується. Це створює умови для чергування розмиву й акумуляції, зміни положення головного русла, утворення нестійких алювіальних форм і переформування заплави[20].

Розгалуженість русла на передгірних ділянках заслуговує на окремий коментар з погляду морфодинаміки. У багаторукавних відтинках потік розподіляється між кількома рукавами з різною пропускною здатністю, унаслідок чого частка витрати води в кожному з них може суттєво змінюватися залежно від фази водного режиму. У маловодні періоди другорядні рукави замулюються й заростають, тоді як у паводки саме вони нерідко приймають на себе основне навантаження і швидко розмиваються, перетворюючись на провідні русла. Такий перерозподіл витрат між рукавами є одним із головних механізмів планових переформувань річища на розгалужених ділянках Пруту і потребує систематичного моніторингу за різночасовими знімками.

У межах Чернівецької області Прут набуває рис передгірно-рівнинної річки. За природним районуванням територія області охоплює гірську частину Буковинських Карпат, Передгір'я та рівнинне Прут-Дністровське межиріччя. Долина Пруту тут є важливою геоморфологічною межею між різними природними комплексами. На північ від річки поширені рівнинні й хвилясті лісостепові території, а південніше простежується перехід до передгірних і гірських ландшафтів[21]. Така позиція Пруту зумовлює складну будову його долини, у якій поєднуються заплава, надзаплавні тераси, алювіальні рівнини, схилові ділянки та антропогенно трансформовані поверхні.

Геологічна будова долини Пруту в межах передгірних і рівнинних ділянок значною мірою представлена четвертинними алювіальними відкладами. Вони складають заплаву, руслові форми та терасові рівні. До їхнього складу входять галька, гравій, пісок, супіски й суглинки. Такі відклади мають різну стійкість до розмиву, що безпосередньо впливає на характер руслових процесів. Ділянки, складені пухкими піщано-гравійними та супіщаними відкладами, є більш вразливими до бічної ерозії, тоді як відтинки з більш стійкими берегами або штучним укріпленням мають обмежену рухливість. Унаслідок цього вздовж течії Пруту формуються ділянки з різною інтенсивністю руслових переформувань[22].

[20] Природа Івано-Франківської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1973. 157 с.
[21] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.
[22] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

Важливим елементом геоморфологічної будови долини Пруту є заплава. Вона формується внаслідок періодичного затоплення, акумуляції алювію та міграції русла. У природних умовах заплава виконує важливу функцію простору, у межах якого річка може розсіювати енергію паводкового потоку, формувати нові руслові й заплавні форми, змінювати положення берегових ліній і підтримувати динамічну рівновагу системи «потік–русло–заплава». На ділянках, де заплава ширша і менш обмежена схилами або інженерними спорудами, можливості планового зміщення русла зростають. Там, де долина звужена або заплава зайнята забудовою, дорогами, дамбами чи берегоукріпленнями, природна динаміка русла обмежується.

У межах широкої заплави морфологічна різноманітність форм рельєфу є значно вищою, ніж у звужених ділянках долини. Тут трапляються прируслові вали, притерасні зниження, старорічища на різних стадіях заростання, гриви колишніх рукавів і локальні понижений мікрорельєф, що фіксують попередні положення русла. Аналіз просторового розташування цих форм дає змогу реконструювати напрямки й амплітуду історичної міграції річища навіть за відсутності повного набору різночасових карт, оскільки самі елементи рельєфу заплави є своєрідним «літописом» руслових деформацій[23].

Надзаплавні тераси Пруту відображають етапи врізання річки та зміну базису ерозії впродовж геологічного часу. Їхня наявність свідчить про складну історію формування долини, пов’язану із чергуванням фаз ерозії та акумуляції. У межах передгірних і рівнинних територій терасові комплекси мають важливе значення для розуміння розвитку долини, оскільки вони фіксують попередні рівні русла і заплави. Сучасне русло Пруту функціонує в межах наймолодшого алювіального комплексу, який є найбільш динамічним і найчутливішим до змін водності, паводкового режиму й антропогенного втручання[24].

З методологічного погляду для дослідження планових переформувань русла принципове значення має чітке розрізнення сучасного алювіального комплексу заплави, у межах якого відбуваються активні руслові деформації, і давніших терасових рівнів, що вже вийшли з-під безпосереднього впливу річки. Помилкове віднесення окремих ділянок надзаплавної тераси до діючої заплави і навпаки здатне суттєво спотворити оцінку інтенсивності

[23] План управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки. Суббасейни Пруту та Сірету / Державне агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dunayu1.

[24] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

бічної міграції русла за різночасовими матеріалами. Тому аналіз геолого-геоморфологічної будови долини, зокрема виділення меж заплави та терасових рівнів на основі польових і дистанційних даних, є необхідним підготовчим етапом перед безпосереднім картографуванням планових переформувань річища Пруту.

Геолого-геоморфологічні умови Пруту безпосередньо впливають на характер руслових процесів. У гірській частині переважають процеси глибинної ерозії, транспортування крупноуламкового матеріалу та локальної перебудови русла. У передгірній частині активізуються акумуляція, формування гальково-гравійних руслових форм, бічна ерозія і розгалуження русла. У рівнинних ділянках зростає роль меандрування, розвитку заплави, формування стариць, рукавів, побочнів і зон планового зміщення русла. Така послідовна зміна процесів уздовж течії є наслідком зменшення похилу, розширення долини, зміни складу наносів і поступового переходу від ерозійного до ерозійно-акумулятивного й акумулятивного типів руслового розвитку.

Наведена поздовжня зональність типів руслового процесу узгоджується із загальновизнаною в річковій геоморфології концепцією поздовжнього профілю рівноваги, згідно з якою річка прагне виробити такий поздовжній профіль, за якого енергія потоку врівноважується опором ложа й транспортованим матеріалом. Для Пруту ця рівновага постійно порушується як природними чинниками – нерівномірністю літологічної будови, паводковою активністю, так і антропогенними – регулюванням стоку, вилученням алювію, спорудженням берегоукріплень, що в кожному конкретному випадку зумовлює локальне посилення або послаблення ерозійних чи акумулятивних процесів.

Клімат басейну річки Прут формується під впливом його положення в межах Українських Карпат, Передкарпаття та прилеглих рівнинних територій. Така просторова неоднорідність зумовлює значні відмінності температурного режиму, кількості атмосферних опадів, тривалості снігового покриву й умов формування поверхневого стоку. Загалом для басейну характерний помірно континентальний клімат, однак у гірській частині він набуває більш вологих і прохолодних рис, тоді як у передгірних і рівнинних районах стає теплішим і менш зволоженим.

Найважливішою кліматичною особливістю басейну Пруту є висотна диференціація кліматичних умов. У верхів’ях, у межах Чорногірського масиву та інших гірських територій Українських Карпат, зі збільшенням висоти знижується температура повітря, зростає кількість опадів, збільшується тривалість залягання снігового покриву та посилюється роль снігового живлення річок. Саме гірська частина басейну є основною

зоною формування стоку Пруту, оскільки тут випадає найбільша кількість опадів і створюються умови для швидкого стікання води по крутих схилах і густій річковій мережі[25].

У передгірній частині басейну кліматичні умови мають перехідний характер. Тут ще зберігається значний вплив Карпат, зокрема підвищена кількість опадів і часті дощові паводки, однак температурний режим є м'якшим, а тривалість снігового покриву меншою, ніж у гірській частині. Передкарпаття виступає зоною, де водний стік, сформований у горах, поєднується з місцевим поверхневим стоком. Унаслідок цього на передгірних ділянках Пруту часто посилюється паводкова активність, що має безпосередній вплив на руслові процеси, бічну ерозію та акумуляцію наносів[26].

У межах Чернівецької області клімат басейну Пруту поступово набуває більш рівнинних рис. На північ і північний схід від річки поширені лісостепові території Прут-Дністровського межиріччя, де порівняно з Карпатами вищі середні температури, менша кількість опадів і слабший вплив снігового живлення. Водночас близькість до передгір'я зумовлює збереження паводкової небезпеки, особливо у випадках інтенсивних дощів у гірській частині басейну. Тому навіть рівнинні ділянки Пруту можуть зазнавати різких коливань рівнів води внаслідок проходження паводкових хвиль, сформованих у Карпатах[27].

Режим атмосферних опадів є одним із головних чинників формування стоку Пруту. Для басейну характерне поєднання снігового та дощового живлення, однак провідну роль у формуванні високих витрат води часто відіграють дощові паводки теплого періоду. Інтенсивні зливи в гірській і передгірній частинах басейну спричиняють швидке підняття рівнів води, збільшення швидкості течії та активізацію транспорту наносів. У таких умовах посилюється розмив берегів, переміщення гальково-гравійного матеріалу, перебудова перекатів, кіс, островів і заплавних проток. Саме тому кліматичний чинник безпосередньо пов'язаний із розвитком руслових процесів Пруту.

Окремої уваги заслуговує тенденція до зміни характеру опадів у контексті загальних кліматичних змін останніх десятиліть, яка простежується для більшості річкових басейнів Карпатського регіону: зростання частки зливових опадів високої інтенсивності на тлі загального перерозподілу річної кількості опадів. Для морфодинаміки Пруту це потенційно означає почастішання короткочасних, але потужних

[25] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.
[26] Природа Івано-Франківської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1973. 157 с.
[27] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

паводкових хвиль, здатних спричиняти різкі одноактні зміни конфігурації русла, на відміну від повільнішої трансформації річища під впливом тривалих помірних водопіль. Цей чинник доцільно враховувати під час інтерпретації різночасових картографічних матеріалів, оскільки окремі значні переформування русла можуть бути наслідком поодиноких подій, а не поступової еволюції.

Сніговий покрив також має важливе значення для гідрологічного режиму річки. У гірській частині басейну він формується раніше, утримується довше і має більшу водність, ніж у передгірних і рівнинних районах. Весняне танення снігу сприяє підвищенню водності Пруту, однак найбільш небезпечні ситуації виникають тоді, коли сніготанення поєднується з дощами. У таких випадках зростає імовірність формування високих вод і паводків, здатних спричиняти активні руслові переформування[28].

Клімат басейну Пруту впливає не лише на водність річки, а й на стан схилів, ґрунтово-рослинного покриву та інтенсивність ерозійних процесів. У гірських районах значна кількість опадів, круті схили та зливовий характер дощів сприяють розвитку поверхневого змиву й надходженню уламкового матеріалу до руслової мережі. У передгірних і рівнинних районах важливу роль відіграє ступінь зволоження ґрунтів, стан прибережної рослинності та характер землекористування. За умов надмірного зволоження або після тривалих дощів береги стають менш стійкими до розмиву, що підсилює бічну ерозію під час підвищених витрат води[29].

Кліматична поясність басейну Пруту тісно пов'язана з поширенням рослинних формацій, які, зі свого боку, впливають на водорегулювальні властивості території. У найвологіших і найхолодніших верхніх поясах Карпат, де випадає максимальна кількість опадів, переважає ялиновий і ялицево-буковий ліс, здатний затримувати значну частину атмосферних опадів кронами й підстилкою, уповільнюючи їх надходження до річкової мережі. У міру зниження висоти та зменшення зволоження в передгір'ї ліси поступаються місцем лучним і сільськогосподарським угіддям зі значно нижчою водорегулювальною здатністю, а в рівнинній частині басейну природний рослинний покрив майже повністю замінений орними землями. Ця узгоджена зміна клімату й рослинності вздовж висотного профілю басейну є одним із головних чинників, що визначає закономірне посилення нерівномірності поверхневого стоку і, відповідно, паводкової активності в напрямку від верхів'їв до передгірних і рівнинних ділянок Пруту.

---

[28] План управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки. Суббасейни Пруту та Сірету / Державне агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dunayu1.

[29] Природа Івано-Франківської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1973. 157 с.

Отже, клімат басейну річки Прут є одним із визначальних чинників формування її гідрологічного режиму та руслової динаміки. Найбільше значення мають висотна зміна температур і опадів, значна зволоженість гірської частини, снігове живлення у верхів'ях, інтенсивні дощі теплого періоду та паводковий характер стоку. Саме поєднання гірських, передгірних і рівнинних кліматичних умов зумовлює нерівномірність водного режиму Пруту та створює передумови для активних руслових процесів, особливо під час проходження паводкових хвиль.

Ландшафтна структура басейну річки Прут відзначається значною різноманітністю, що зумовлено його положенням у межах Українських Карпат, Передкарпаття та прилеглих рівнинних територій. Басейн охоплює природні комплекси, які істотно відрізняються між собою за рельєфом, геологічною будовою, кліматичними умовами, ґрунтово-рослинним покривом, ступенем зволоження та характером господарського використання. Саме тому ландшафти басейну Пруту доцільно розглядати в напрямку від гірських верхів'їв до передгірних і рівнинних ділянок, де поступово змінюються природні умови та характер взаємодії річки з прилеглими територіями.

У верхній частині басейну Прут формується в межах високогірних і середньогірних ландшафтів Українських Карпат. Для цих територій характерні значні абсолютні й відносні висоти, глибоке ерозійне розчленування, круті схили, висока зволоженість і добре виражена висотна поясність природних комплексів. У ландшафтній структурі переважають гірсько-лісові комплекси, а в найвищих частинах – субальпійські та альпійські луки. Лісові ландшафти виконують важливу водорегулювальну, ґрунтозахисну та протиерозійну функцію, оскільки впливають на інфільтрацію опадів, затримання поверхневого стоку і зменшення інтенсивності схилової ерозії.

Гірські ландшафти верхнього басейну Пруту мають важливе значення для формування водності річки. Саме тут випадає значна кількість атмосферних опадів, формується сніговий покрив і виникають умови для швидкого поверхневого стоку під час інтенсивних дощів або сніготанення. Поєднання крутих схилів, густої річкової мережі та значного зволоження сприяє активному надходженню води й уламкового матеріалу до русла. Це визначає високу енергію потоку у верхній течії Пруту та впливає на транспортування наносів, формування гальково-валунного русла, розвиток перекатів, порогів і локальних зон розмиву[30].

[30] Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

Нижче за течією гірські ландшафти поступово змінюються передгірними. Передкарпаття виступає перехідною смугою між Карпатами та рівнинними територіями. Для нього характерні хвилясті й горбисті поверхні, терасовані долини, поширення алювіальних і делювіальних відкладів, поєднання лісових, лучних і сільськогосподарських ландшафтів. У межах цієї частини басейну Пруту значно зростає роль освоєних територій, населених пунктів, транспортної інфраструктури та сільськогосподарських угідь. Природні ландшафти тут істотно трансформовані, однак вони й надалі зберігають важливе значення для регулювання поверхневого стоку й умов розвитку руслових процесів.

Передгірні ландшафти є особливо важливими з погляду взаємодії річки з долиною. У цій частині басейну зменшується похил русла, розширюється долина, збільшується площа заплавних і терасових поверхонь, а річка отримує більше простору для бічної міграції. Саме тут частіше формуються гальково-гравійні побочні, острови, коси, рукави та заплавні протоки. Ландшафтні умови Передкарпаття сприяють чергуванню ерозійних і акумулятивних процесів, що має безпосереднє значення для дослідження планових переформувань русла Пруту[31].

У межах Чернівецької області басейн Пруту охоплює гірські, передгірні та рівнинні ландшафти. За природними особливостями територія області поєднує Буковинські Карпати, Передгір'я та Прут-Дністровське межиріччя. Долина Пруту є важливою ландшафтною межею, оскільки відділяє північніші рівнинні лісостепові комплекси від передгірних і гірських територій на південному заході. У цьому полягає одна з головних природних особливостей Пруту: річка не лише формує власну долинно-заплавну систему, а й проходить через території з різною ландшафтною структурою[32].

Природна цінність долинних ландшафтів Пруту зумовлює наявність у його межах об'єктів природно-заповідного фонду різних категорій – від локальних заказників і пам'яток природи до ділянок, що входять до складу ширших природоохоронних територій регіону. Заплавні луки, старорічища, ділянки природних заплавних лісів і чагарників виконують функцію екологічних коридорів, які підтримують міграцію та відтворення водно-болотних і навколоводних видів фауни, а також слугують місцями зростання вологолюбних рослинних угруповань. Наявність природоохоронного статусу окремих ділянок долини накладає додаткові обмеження на характер господарського використання прибережних територій і опосередковано

[31] Природа Івано-Франківської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1973. 157 с.
[32] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

впливає на збереження природної морфодинаміки русла, оскільки на заповідних ділянках інженерне втручання в береги здебільшого відсутнє або суттєво обмежене.

Рівнинні ландшафти басейну Пруту, зокрема в межах Прут-Дністровського межиріччя, мають переважно лісостеповий характер. Тут поширені хвилясті межирічні рівнини, розчленовані балками й долинами малих водотоків, а значні площі зайняті сільськогосподарськими угіддями. Природна рослинність на цих територіях значною мірою змінена внаслідок тривалого землеробського освоєння. Це впливає на поверхневий стік, ерозійні процеси, надходження дрібнозему до річкової мережі та стан прибережних територій. На рівнинних ділянках особливо важливого значення набувають заплава Пруту, надзаплавні тераси, старорусловi зниження, заболочені й лучні ділянки, які є частиною сучасного долинного ландшафту[33].

Окремим елементом рівнинних і передгірних ділянок долини Пруту є заплавні водойми – стариці, притерасні озера й заболочені зниження, що виникають унаслідок відчленування колишніх рукавів русла під час його планових переформувань. Такі водойми проходять послідовні стадії розвитку – від активного рукава, з'єднаного з основним потоком, через поступове замулення й заростання водною рослинністю, до повного перетворення на заболочену або суху низину, помітну в рельєфі як дугоподібне зниження. Наявність у долині серії стариць різного віку й ступеня заростання є прямим морфологічним свідченням історичної мінливості положення русла і слугує додатковим джерелом інформації для реконструкції напрямків його планових переформувань за періоди, що передують наявним картографічним матеріалам.

Заплавні ландшафти Пруту є найдинамічнішою частиною басейнової ландшафтної системи. Вони формуються під впливом періодичного затоплення, акумуляції алювію, бічної міграції русла та зміни положення руслових форм. До них належать русло, острови, побочні, прируслові вали, заплавні протоки, стариці, лучні й чагарникові ділянки. У природному стані заплава виконує важливу водорегулювальну функцію: приймає частину паводкового стоку, зменшує енергію потоку, сприяє акумуляції наносів і підтримує різноманітність річково-долинних ландшафтів. Водночас саме заплава найбільше зазнає антропогенного впливу через забудову, розорювання, прокладання доріг, спорудження дамб і берегоукріплень[34].

---

[33] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

[34] План управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки. Суббасейни Пруту та Сірету / Державне агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dunayu1.

Просторова конфігурація заплавних ландшафтів безпосередньо відображає історію планових переформувань русла. Тому за характером розташування стариць, лучних грив і чагарникових масивів можна простежити колишні положення потоку та реконструювати загальний вектор його багаторічної міграції в межах долини. У ділянках, де заплавні ландшафти збережені у природному або близькому до природного стані, річка має ширші можливості для саморегулювання – розсіювання енергії паводків, природного відновлення рослинного покриву на ділянках, звільнених від русла, і поступового «загоєння» ерозійних форм. Натомість фрагментація заплавних ландшафтів унаслідок господарського освоєння звужує простір для таких природних процесів і концентрує енергію потоку на обмежених ділянках берегової лінії, що часто підсилює локальну бічну ерозію.

Антропогенна трансформація ландшафтів басейну Пруту є важливим чинником сучасного розвитку річкової долини. У гірських і передгірних районах значення мають вирубування лісів, лісогосподарська діяльність, дорожнє будівництво та локальна забудова долин. У передгірних і рівнинних частинах посилюється роль сільськогосподарського освоєння, урбанізації, берегоукріплювальних робіт і зміни природної структури заплави. Такі зміни впливають на водний режим, ерозійні процеси, стійкість берегів і просторові можливості русла для природного саморегулювання.

Історію господарського освоєння долини річки відображає тривалий період. Це пояснюється тим, що приурочені до заплавних і надзаплавних терас родючі ґрунти здавна приваблювали населення для землеробства й поселенської діяльності, унаслідок чого значна частина долини в межах передгірних і рівнинних ділянок нині зайнята населеними пунктами, дорогами та сільськогосподарськими угіддями. У XX столітті додатковим чинником трансформації долини стало проведення масштабних меліоративних і берегоукріплювальних робіт, спрямованих на захист прилеглих земель і населених пунктів від паводків, а також видобування нерудних будівельних матеріалів безпосередньо з русла й заплави. Ці види діяльності, здійснювані здебільшого без урахування природної динаміки річища, у низці випадків призвели до порушення природного балансу наносів і посилення ерозійних процесів на ділянках, розташованих нижче за течією від місць інтенсивного антропогенного втручання[35].

Сукупний ефект антропогенних чинників у басейні Пруту проявляється по-різному, залежно від ділянки річки. У гірській частині основний вплив пов’язаний зі змінами умов формування поверхневого і схилового стоку

[35] Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

внаслідок лісогосподарської діяльності, що позначається передусім на паводковому режимі та надходженні уламкового матеріалу до русла. У передгірній і рівнинній частинах домінує пряме втручання в морфологію долини – спрямлення ділянок русла, зведення дамб і берегозахисних споруд, видобування піщано-гравійної суміші з русла й заплави. Кожен із цих видів впливу по-своєму змінює природний баланс ерозійно-акумулятивних процесів: одні втручання локально стабілізують берегову лінію, тоді як інші, навпаки, посилюють ерозію на суміжних, незахищених ділянках, переносячи проблему вниз або вгору за течією. Урахування цієї просторової неоднорідності антропогенного навантаження є необхідною умовою коректної інтерпретації виявлених планових переформувань русла Пруту.

Таким чином, ландшафти басейну річки Прут мають складну висотно-поясну та просторову структуру. У верхів'ях переважають гірські лісові та високогірні ландшафти, у середній частині передгірні ерозійно-акумулятивні комплекси, а в нижчих ділянках української частини басейну – рівнинні лісостепові, заплавні й терасові ландшафти. Така різноманітність визначає відмінності у формуванні стоку, надходженні наносів, розвитку ерозійних і акумулятивних процесів, а також у характері руслових переформувань. Для дослідження річки Прут особливе значення мають заплавно-руслові ландшафти, оскільки саме в їхніх межах найвиразніше проявляється взаємодія водного потоку, алювіальних відкладів, рослинності та господарського освоєння долини.

Узагальнюючи викладене, зазначимо, що фізико-географічні умови басейну річки Прут – його геологічна й геоморфологічна будова, кліматичний режим, ландшафтна структура та рослинний покрив – формують цілісний природний комплекс, у межах якого гірські, передгірні й рівнинні чинники діють узгоджено, визначаючи просторову та часову нерівномірність руслових процесів. Це підтверджує доцільність комплексного, ландшафтно-геоморфологічного підходу до подальшого аналізу планових деформацій русла Пруту, який враховує не лише безпосередньо гідрологічні характеристики потоку, а й увесь спектр природних та антропогенних чинників, що діють у межах річково-долинної геосистеми.

Окремо потрібно нагадати, що руслові процеси – це сукупність змін морфологічної будови русла, його планового положення, поздовжнього та поперечного профілю, берегових ліній, заплавно-руслових форм і співвідношення ерозійно-акумулятивних процесів у часі. У руслознавстві ці зміни розглядаються як зовнішній прояв руслового процесу, тобто взаємодії водного потоку, наносів, геологічної будови долини, рельєфу,

рослинності та антропогенних чинників. Річкове русло не є сталою формою рельєфу: воно постійно саморегулюється відповідно до водності, кількості й гранулометричного складу наносів, похилу долини, стійкості берегів та змін базису ерозії. Саме тому руслові переформування доцільно розглядати не як випадкові зміни берегової лінії, а як закономірний процес розвитку річкової системи[36].

Формування уявлень про руслові процеси як предмет самостійного наукового напряму – руслознавства, пройшло тривалий шлях розвитку, у якому можна виділити описовий, гідравлічний і сучасний геосистемний етапи. На описовому етапі увага дослідників зосереджувалася переважно на фіксації видимих змін берегової лінії та класифікації руслових форм. Гідравлічний етап увів у науковий обіг кількісні характеристики потоку – швидкість течії, витрати води й наносів, дотичну напругу – як основу пояснення механізмів ерозії та акумуляції; помітну роль у його становленні відіграли і класичні праці західної флювіальної геоморфології. Сучасний геосистемний етап, представлений передусім працями О. Г. Ободовського, Ю. С. Ющенка та їхніх послідовників, розглядає руслові процеси в нерозривному зв'язку із ширшою річково-долинною геосистемою, охоплюючи не лише саме русло, а й заплаву, тераси, водозбір і характер його господарського освоєння.

У працях О. Г. Ободовського, зокрема присвячених гідролого-екологічній оцінці руслових процесів[37], вони трактуються як результат взаємодії водного потоку з руслом, унаслідок чого відбуваються розмив, транспортування й акумуляція наносів, формування перекатів, плес, островів, кіс, бокових і серединних побочнів, рукавів, заплавних проток та інших морфологічних елементів[38]. Важливим у цьому підході є поєднання гідрологічної та гідроморфологічної оцінки, де руслоформування залежить не лише від величини витрат води, а й від здатності потоку переміщувати тверді частинки, перебудовувати руслові форми та змінювати конфігурацію русла. Тому під час аналізу руслових переформувань належить враховувати руслоформувальні витрати води, паводковий режим, стійкість русла, морфологічний тип русла, характер наносів і ступінь господарської трансформації долини.

Професор Ю. С. Ющенко розглядає розвиток русел у межах геогідроморфологічного підходу, де русло є не ізольованим водним

[36] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

[37] Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів : на прикладі річок України. Київ : Ніка-Центр, 2001. 274 с.

[38] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

об'єктом, а складовою річково-долинної геосистеми[39]. У цьому підході особливе значення має поняття самоформування русел, тобто здатності річкового потоку створювати й перебудовувати власну морфологічну структуру відповідно до природних умов.

Руслові переформування в такому розумінні є не лише гідравлічним явищем, а й просторово-географічним процесом, що відображає зв'язок між водним потоком, долиною, заплавою, терасами, молодими алювіальними поверхнями та антропогенними елементами долинного ландшафту. Саме тому в дослідженнях Ю. С. Ющенка, М. Д. Пасічника та інших науковців важливе місце посідає аналіз територіальної структури річкових долин, однорідних ділянок русла і заплави та молодих річкових ландшафтів, а також територіальної структури умов і проявів руслоформування річок загалом[40]. Аналогічний підхід застосовано і в регіональних монографічних дослідженнях руслових процесів окремих карпатських річок, зокрема Латориці[41], а закономірності руслоформування безпосередньо в річковій системі Верхнього Пруту докладно розкрито в окремому дисертаційному дослідженні[42].

У межах геогідроморфологічного підходу молодий річковий ландшафт розглядається як просторово-часова одиниця, що об'єднує русло та прилеглу активну заплаву в межах спільної історії формування впродовж останнього, найдинамічнішого етапу розвитку долини. На відміну від суто гідравлічного трактування, що обмежується аналізом власне водного потоку, геогідроморфологічний підхід дає змогу враховувати весь комплекс територіальних умов і проявів руслоформування – від літологічної будови долини й характеру рослинного покриву до інтенсивності господарського освоєння конкретної ділянки. Це робить його придатним інструментом саме для комплексного дослідження планових переформувань русла Пруту, оскільки дозволяє поєднати аналіз власне морфологічних змін річища з ширшим ландшафтним контекстом, у якому ці зміни відбуваються[43].

---

[39] Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел. Чернівці : Рута, 2005. 320 с.

[40] Ющенко Ю. С., Кирилюк А. О., Костенюк Л. В., Опеченик В. М., Паланичко О. В., Пасічник М. Д. Територіальна структура умов та проявів руслоформування річок. *Фізична географія та геоморфологія*. 2012. Вип. 2 (66). С. 72–79.

[41] Латориця: гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси : монографія / О. Г. Ободовський, В. В. Онищук, З. В. Розлач та ін. ; за ред. О. Г. Ободовського. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2012. 319 с.

[42] Костенюк Л. В. Закономірності руслоформування у річковій системі Верхнього Пруту : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 11.00.07. Чернівці, 2012. 20 с.

[43] Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел. Чернівці : Рута, 2005. 320 с.

За характером прояву руслові переформування поділяють на планові, вертикальні та внутрішньоруслові. Планові переформування охоплюють зміни положення русла в горизонтальній площині: міграцію меандрів, розмив увігнутих берегів, наростання алювію на опуклих берегах, зміщення головного русла, утворення або відмирання рукавів, прориви шийок меандрів, формування стариць і зміни ширини багаторічної смуги руслоформування. Саме планові зміни найкраще фіксуються за різночасовими картами, аерофотознімками, супутниковими знімками та результатами ГІС-аналізу. Вертикальні переформування пов'язані з врізанням або підняттям дна русла, зміною глибини потоку, перебудовою поздовжнього профілю, розвитком ерозійних уступів і трансформацією рівня взаємодії русла із заплавою. Внутрішньоруслові переформування стосуються переміщення перекатів, плес, побочнів, руслових гряд, островів і локальних зон розмиву та акумуляції[44].

Тісно пов'язаною з наведеною класифікацією є типологія руслових форм за морфологічним рисунком, яка традиційно виділяє прямолінійні, звивисті (меандруючі) та розгалужені (багаторукавні) типи русел, а також перехідні форми між ними. Прямолінійні відтинки русла трапляються здебільшого на коротких ділянках і зазвичай є нестійкими: за відсутності жорсткого геологічного контролю потік у них поступово формує первинні вигини, які згодом розвиваються в меандри. Звивисте русло характеризується закономірним чергуванням плесів і перекатів, розмивом угнутих і намивом опуклих берегів, унаслідок чого відбувається поступове збільшення кривизни закрутів аж до їх природного прориву. Розгалужене русло формується там, де надходження наносів перевищує транспортну здатність потоку за одночасно значної ширини долини, що є типовим саме для передгірних ділянок гірських річок, зокрема Пруту нижче виходу з гірської частини басейну.

Кількісною характеристикою планової форми русла є коефіцієнт звивистості (сінуозності) – відношення довжини русла на певній ділянці до довжини відповідного відтинка долини. Русла з коефіцієнтом, близьким до одиниці, вважаються практично прямолінійними, тоді як зростання цього показника свідчить про розвиток меандрування. Для гірських річок коефіцієнт звивистості зазвичай є невисоким через жорсткий контроль долини схилами, тоді як на передгірних і рівнинних ділянках, де річка отримує простір для вільного розвитку вигинів, він може суттєво зростати[45].

---

[44] Ющенко Ю. С., Пасічник М. Д., Паланичко О. В., Вудвуд М. М., Закревський О. В. Природний територіальний устрій ландшафту р. Прут в межах Чернівецької області, його антропогенні трансформації та особливості функціонування системи потік – русло – заплава. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія*. 2023. Вип. 845. С. 41–51.

[45] Ободовський О. Г., Ярошевич О. Є. Гідроморфологічна оцінка якості річок басейну Верхньої Тиси / за ред. О. Г. Ободовського. Київ : Інтертехнодрук, 2006. 70 с.

Відстеження зміни коефіцієнта звивистості на конкретній ділянці Пруту за різночасовими картографічними матеріалами є одним із практичних інструментів кількісної оцінки інтенсивності планових переформувань.

У міжнародній флювіальній геоморфології подібні положення розвинуті в працях Л. Леопольда, М. Волмана, Дж. Міллера та С. Шумма[46]. Згідно з їхнім підходом, річкова система функціонує як відкрита динамічна система, у якій форма русла залежить від співвідношення водного стоку, стоку наносів, похилу, ширини та глибини русла, шорсткості, стійкості берегів і часових масштабів змін. Будь-яке порушення рівноваги – збільшення паводковості, зменшення надходження наносів, видобуток алювію, будівництво берегоукріплень або мостових переходів – може спричинити морфологічну перебудову русла. Ця перебудова проявляється або у врізанні, або в акумуляції, або в зміні планового рисунка русла.

У цьому контексті важливим є поняття потужності потоку (stream-power), яке відображає здатність течії виконувати роботу з розмиву та транспортування наносів і визначається як добуток витрати води, похилу русла та питомої ваги води, віднесений до одиниці довжини або ширини русла. Ділянки з підвищеною питомою потужністю потоку – зазвичай звужені відтинки долини з великими похилами – характеризуються переважанням ерозійних процесів, тоді як ділянки зі зниженою потужністю, де долина розширюється, а похил зменшується, є зонами переважної акумуляції[47]. Саме закономірна зміна потужності потоку вздовж поздовжнього профілю Пруту, від гірської до рівнинної частини басейну, багато в чому пояснює послідовну зміну домінантних типів руслового процесу, описану в цьому дослідженні.

Для гірських і передгірних річок, до яких належить Прут у верхній та середній течії, руслові переформування мають підвищену інтенсивність. Це зумовлено великими похилами, високою енергією потоку під час паводків, значним надходженням гальково-валунного матеріалу, нестійкістю берегів і різкою зміною гідравлічних умов на переході від гірських до передгірних і рівнинних ділянок. У таких умовах русло може швидко змінювати ширину, рукавність, положення головного потоку, конфігурацію островів і заплавних проток. Для річок Передкарпаття характерним є поєднання природної морфодинамічної активності з антропогенним впливом: видобутком руслового алювію, регулюванням берегів, будівництвом мостів, дамб, водозахисних споруд, зміною землекористування в заплаві[48].

---

[46] Leopold L. B., Wolman M. G., Miller J. P. Fluvial Processes in Geomorphology. San Francisco : W. H. Freeman and Company, 1964. 522 p.

[47] Lane E. W. The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*. 1955. Vol. 81. Paper 745. P. 1–17.

[48] Руслові процеси річки Лімниця : монографія / О. Г. Ободовський, В. В. Онищук, В. В. Гребінь та ін. ; за ред. О. Г. Ободовського. Київ : Ніка-Центр, 2010. 256 с.

Розгалужені (багаторукавні) відтинки річища заслуговують на окремий коментар, оскільки саме вони є найбільш морфологічно нестійкими серед усіх типів русел. У межах такого відтинка потік розподіляється на кілька рукавів різної провідності, розділених островами й побочнями, складеними рухливим гальково-гравійним матеріалом. Розподіл витрат між рукавами залежить від фази водного режиму: у межень другорядні рукави можуть майже пересихати й заростати рослинністю, тоді як під час паводків саме вони нерідко концентрують основний потік, швидко поглиблюючись і перебираючи на себе функцію головного русла. Такий перерозподіл є одним із класичних механізмів раптової планової перебудови річища на розгалужених ділянках і потребує систематичного зіставлення різночасових знімків для коректної фіксації[49].

У дослідженнях річки Прут у межах Чернівецької області руслові переформування доцільно аналізувати через систему «потік – русло – заплава». Такий підхід дає змогу оцінювати не лише зміни лінії русла, а й ширину багаторічної смуги руслоформування, стан заплави, ступінь збереження природної рукавності, наявність антропогенного врізання та зміну взаємодії русла із заплавними поверхнями. Основною операційною одиницею такого аналізу можуть виступати однорідні ділянки русла й заплави річки, на основі яких виділяються молоді річкові ландшафти. Це важливо для практичного дослідження, оскільки руслові переформування не є однаковими вздовж усієї течії. На одних ділянках домінує бічна ерозія, на інших – акумуляція, на третіх – антропогенне стиснення русла, а на окремих відтинках спостерігається поєднання кількох процесів.

Виділення однорідних ділянок русла і заплави передбачає групування суміжних відтинків річища за подібністю провідних морфодинамічних характеристик – типу руслового процесу, ступеня стійкості берегів, ширини багаторічної смуги руслоформування та рівня антропогенного навантаження. Межі між такими ділянками зазвичай приурочені до природних чи антропогенних рубежів: місць впадання значних приток, ділянок зі зміною літологічної будови берегів, мостових переходів, гідротехнічних споруд або меж населених пунктів. Застосування цього підходу до Пруту в межах Чернівецької області дає змогу перейти від суцільного, недиференційованого аналізу річища до порівняльної оцінки конкретних відтинків, що суттєво підвищує точність виявлення закономірностей планових переформувань русла[50].

---

[49] Паланичко О. В. Закономірності руслоформування річок Передкарпаття : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 11.00.07. Київ, 2010. 22 с.

[50] Ющенко Ю. С., Пасічник М. Д., Паланичко О. В., Вудвуд М. М., Закревський О. В. Природний територіальний устрій ландшафту р. Прут в межах Чернівецької області, його антропогенні трансформації та особливості функціонування системи потік – русло – заплава. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія*. 2023. Вип. 845. С. 41–51.

Підводячи проміжний підсумок, зазначимо, що руслові переформування річок – це просторово-часові зміни морфології русла, які виникають унаслідок взаємодії водного потоку, наносів, рельєфу долини, геологічної будови, рослинності й антропогенної діяльності. Для дослідження Пруту найбільш доцільним є поєднання класичного руслознавчого підходу, представленого працями О. Г. Ободовського, Леопольда і Шумма, з геогідроморфологічним та ландшафтно-гідроморфологічним підходом Ю. С. Ющенка, М. Д. Пасічника, О. В. Паланичко, Л. В. Костенюк та інших науковців-гідрологів. Саме таке поєднання дає змогу розглядати руслові переформування не лише як зміну берегової лінії, а як комплексну трансформацію молодого річкового ландшафту, заплавно-руслової системи та багаторічної смуги руслоформування.

Відомо, що руслові процеси формуються під впливом комплексу взаємопов'язаних природних і антропогенних чинників. Їх не можна пояснити лише величиною витрат води або формою русла, оскільки русло річки є результатом постійної взаємодії водного потоку, наносів, геологічної будови долини, рельєфу, рослинності, кліматичних умов і господарської діяльності людини. У руслознавстві русло розглядається як динамічна система, що реагує на зміну водності, твердого стоку, похилу, стійкості берегів і зовнішніх обмежень. Якщо змінюється хоча б один із цих елементів, річкова система поступово або різко перебудовується, що проявляється в бічному зміщенні русла, врізанні, акумуляції наносів, утворенні островів, розгалуженні русла, відмиранні рукавів або зміні ширини багаторічної смуги руслоформування[51].

Одним із головних факторів руслових процесів є гідрологічний режим річки. Витрати води, їх сезонна мінливість, повторюваність паводків, тривалість високих рівнів води та швидкість проходження паводкових хвиль безпосередньо визначають енергію потоку і його здатність виконувати ерозійну, транспортну й акумулятивну роботу. Найбільший вплив на русло мають не середні витрати води, а руслоформувальні витрати, здатні переміщувати донні наноси, розмивати береги, перебудовувати перекати, острови, коси та заплавні протоки. У періоди маловоддя русло здебільшого зберігає вже сформовану морфологічну структуру, тоді як під час паводків відбувається активне переміщення наносів, зміна положення головного потоку та переформування берегових ліній.

Поняття руслоформувальних витрат води є одним із центральних у методології руслознавства, оскільки саме воно дає змогу відокремити ту частину гідрологічного режиму, яка безпосередньо відповідає за морфологічну перебудову русла від решти водного режиму, що

[51] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

на морфологію практично не впливає. У руслознавчій традиції руслоформувальними зазвичай вважають витрати, близькі до тих, що заповнюють русло до рівня берегів (тобто відповідають витратам, які річка переповнює на заплаву), оскільки саме за таких умов дотична напруга потоку на дно й береги є максимальною, а сумарна робота з транспортування наносів за багаторічний період – найбільшою. Визначення величини руслоформувальних витрат для конкретних ділянок Пруту є необхідною передумовою для коректного зіставлення інтенсивності виявлених планових деформацій із гідрологічними умовами їх формування[52].

Для Пруту гідрологічний чинник має особливе значення через гірсько-передгірний характер значної частини басейну. У верхній і середній течії річка та її карпатські притоки реагують на інтенсивні дощі швидким підняттям рівнів води, збільшенням швидкості течії та різким зростанням транспортної здатності потоку. Саме паводкові події створюють умови для інтенсивного розмиву берегів, переміщення гальково-гравійного матеріалу, руйнування нестійких заплавних поверхонь і формування нових руслових форм. У межах передгірних і рівнинних ділянок Пруту паводковий імпульс поєднується зі збільшенням ширини долини, розвитком алювіальних відкладів і більшою свободою планового зміщення русла. Тому на таких ділянках можуть проявлятися не лише вертикальні зміни дна, а й активні планові переформування: зміщення меандрів, відокремлення стариць, утворення островів і рукавів, локальне розширення або звуження русла[53].

Додатковим ускладнювальним чинником для гідрологічного режиму Пруту є накладання паводкових хвиль, сформованих різними притоками басейну. Оскільки карпатські притоки мають різну площу водозбору, експозицію схилів і час добігання стоку, інтенсивна злива, що охоплює одразу кілька суміжних притокових басейнів, здатна спричинити практично одночасне надходження їхніх паводкових хвиль у головне русло Пруту. Таке накладання суттєво підвищує пікові витрати води порівняно із ситуацією, коли паводкові хвилі приток надходять розосереджено в часі, і, відповідно, підсилює морфодинамічний ефект окремої повені. Ця обставина є ще одним аргументом на користь аналізу руслових деформацій Пруту не лише у прив'язці до окремих гідрологічних постів на головній річці, а й з урахуванням синхронності паводкоутворення в межах усього басейну[54].

---

[52] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

[53] Ющенко Ю. С., Пасічник М. Д., Чернега П. І. Територіальна структура річкових долин. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія*. 2012. Вип. 612–613. С. 188–196.

[54] Гідроекологічне обґрунтування безпечного та збалансованого розвитку річкових природно-антропогенних систем Передкарпаття : монографія / Ю. С. Ющенко, О. М. Гончар, В. В. Григорійчук та ін. ; за ред. Ю. С. Ющенка. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2017. 472 с.

Важливим гідрологічним фактором є співвідношення рідкого і твердого стоку. Якщо водний потік має достатню енергію, але надходження наносів є обмеженим, річка може посилювати глибинну ерозію та врізатися в дно. Якщо ж надходження наносів перевищує транспортну здатність потоку, відбувається акумуляція, підвищення дна, формування побочнів, островів і розгалужених ділянок русла. У класичній флювіальній геоморфології це співвідношення пояснюється через рівновагу між витратою води, витратою наносів, похилом русла та розміром частинок донного матеріалу. Для гірсько-передгірних річок така рівновага є дуже нестійкою, оскільки під час сильних паводків транспортна здатність потоку може різко зростати, а після спаду води значна частина матеріалу відкладається у вигляді кіс, гравійних полів, островів і руслових гряд[55].

З ідеєю про рівновагу рідкого та твердого стоку тісно пов'язане явище поздовжнього сортування наносів у руслі. У верхів'ях Пруту, де потік має значну потужність, переважає крупноуламковий матеріал – валуни й груба галька, тоді як із просуванням вниз за течією і зменшення похилу відбувається поступове подрібнення й сортування наносів. При цьому більші фракції відкладаються раніше, а дрібніші – пісок, гравій – переносяться на значно більші відстані. Порушення цього природного сортувального процесу, наприклад унаслідок вилучення великих обсягів гальково-гравійної суміші на окремих ділянках, здатне змінити гранулометричний склад наносів нижче за течією, що опосередковано впливає на стійкість дна й берегів на цих відтинках.

Геологічні та геоморфологічні умови визначають просторові межі, у яких може розвиватися русло. До цієї групи чинників належать літологічний склад порід і алювіальних відкладів, тектонічна будова території, форма долини, похил русла, ширина заплави, наявність терас, стійкість берегів і характер контакту русла зі схилами долини. У гірських районах русло часто обмежене схилами, скельними виходами або вузькою долиною, тому можливості його планового зміщення менші, але вертикальна ерозія, переміщення крупноуламкового матеріалу та локальні руслові перебудови можуть бути дуже активними. У передгірних і рівнинних умовах, де долина ширша, а береги складені пухкими алювіальними відкладами, зростає роль бічної ерозії, меандрування, рукавності та заплавного переформування[56].

З геоморфологічного погляду ступінь обмеження русла долиною доцільно оцінювати через співвідношення ширини заплави до ширини

[55] Ободовський О. Г., Ярошевич О. Є. Гідроморфологічна оцінка якості річок басейну Верхньої Тиси / за ред. О. Г. Ободовського. Київ : Інтертехнодрук, 2006. 70 с.

[56] Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел. Чернівці : Рута, 2005. 320 с.

самого русла: чим воно більше, тим ширшим є простір, доступний для бічної міграції потоку, і тим імовірнішими є значні планові переформування впродовж багаторічного періоду. На вузьких, обмежених схилами відтинках долини це співвідношення близьке до одиниці, русло практично позбавлене можливості вільного зміщення, тоді як на широких передгірних і рівнинних ділянках воно може сягати кількох десятків, що створює простір для розвиненого меандрування чи розгалуження. Важливим є також поняття базису ерозії – рівня, до якого річка здатна врізатися на певній ділянці; його зміна, природна (наприклад, унаслідок тектонічних рухів) або антропогенна (унаслідок спорудження гребель чи поглиблення нижче розташованих відтинків), спричиняє хвилю регресивної ерозії, яка поширюється вгору за течією та може виявлятися у прискоренні як вертикальних, так і планових деформацій русла на значній відстані від первинного джерела порушення[57].

Для річок Передкарпаття геологічний і геоморфологічний чинники відіграють особливу роль через перехід від гірських до передгірних і рівнинних умов. На цьому переході змінюються похили, швидкість течії, характер наносів і будова долини. Потік, який у горах має високу енергію і здатний переносити крупний уламковий матеріал, на передгірних ділянках поступово втрачає частину транспортної здатності. Унаслідок цього активізується акумуляція, виникають гальково-гравійні руслові форми, острови, побочні та розгалуження. Водночас під час сильних паводків ці ж форми можуть швидко руйнуватися або переміщуватися вниз за течією. Саме тому для передгірних річок характерна значна морфологічна мінливість русла в часі[58].

У межах річкової долини важливу роль відіграє стійкість берегів. Вона залежить від складу відкладів, вологості ґрунтів, кореневої системи рослинності, висоти берегових уступів, наявності тріщин, підмиву основи берега та інтенсивності господарського використання прибережної смуги. Береги, складені гальково-піщаними, супіщаними або суглинистими відкладами, можуть швидко руйнуватися під час паводків, особливо якщо вони не закріплені природною рослинністю. Навпаки, ділянки з добре розвиненою прибережною деревно-чагарниковою рослинністю мають вищу опірність розмиву. Однак навіть рослинність не завжди стримує руслові процеси під час проходження високих паводків, коли потік підмиває основу берегового уступу і спричиняє обвалювання значних блоків заплавного матеріалу[59].

[57] Schumm S. A. The Fluvial System. New York : John Wiley & Sons, 1977. 338 p.

[58] Leopold L. B., Wolman M. G., Miller J. P. Fluvial Processes in Geomorphology. San Francisco : W. H. Freeman and Company, 1964. 522 p.

[59] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

У руслознавстві розрізняють два основні механізми руйнування берегів: безпосередній гідравлічний розмив, коли потік поступово вимиває частинки ґрунту з поверхні берегового укосу, і масові обвалення (гравітаційні механізми), де підмита водою нижня частина берегового уступу втрачає опору, а верхня, більш зв'язна частина берега (часто скріплена кореневою системою або пронизана тріщинами усихання) обвалюється у вигляді окремих блоків. Перший механізм переважає на пологих, слабозв'язних берегах, другий типовий для високих, крутих уступів, складених шаруватими алювіальними відкладами з прошарками різної щільності. Поєднання обох механізмів, що часто спостерігається під час проходження високих паводкових хвиль, здатне спричиняти значно швидше й масштабніше відступання берегової лінії, ніж дія кожного з механізмів окремо.

В окрему групу виділяють кліматичні чинники, що впливають на руслові процеси через режим опадів, температуру повітря, сніготанення, частоту злив і тривалість посушливих періодів. Для Пруту, як річки з карпатською частиною басейну, важливі інтенсивні дощі теплого періоду, поєднання дощових паводків із попереднім зволоженням ґрунтів, а також зимові й ранньовесняні відлиги. Збільшення повторюваності інтенсивних злив може підсилювати паводкову активність, збільшувати ерозійний потенціал потоку та сприяти швидшим плановим змінам русла. Водночас тривалі маловодні періоди можуть зменшувати активність руслових процесів, сприяти заростанню окремих рукавів, закріпленню побочнів і поступовому перетворенню частини руслових форм на заплавні поверхні.

Опосередкований вплив клімату на руслові процеси реалізується також через стан рослинного покриву водозбору. Тривалі посушливі періоди послаблюють трав'яний і чагарниковий покрив на схилах і в заплаві, знижуючи його протиерозійні властивості, унаслідок чого перший же значний паводок після посухи здатний спричинити непропорційно велике надходження змитого матеріалу до русла порівняно з паводком такої самої водності, що настав після тривалого періоду достатнього зволоження. Це явище – залежність інтенсивності ерозійної реакції водозбору від попередніх кліматичних умов, а не лише від параметрів самого паводка. Воно визначається як важливе методологічне застереження для інтерпретації окремих епізодів різкого посилення руслових деформацій, зафіксованих на картографічних чи дистанційних матеріалах[60].

Антропогенні чинники – одні з найважливіших у сучасному розвитку русел. До них належать берегоукріплення, будівництво дамб, мостових

[60] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

переходів, водозабірних споруд, спрямлення русел, видобуток руслового алювію, розорювання заплави, забудова прибережних територій, вирубування заплавної рослинності, зміна природного режиму стоку тощо. Такі впливи можуть як обмежувати природну рухливість русла, так і, навпаки, провокувати посилення ерозії на суміжних ділянках. Наприклад, берегоукріплення стабілізує певний відтинок берега, але може змінити напрямок потоку й перенести ерозійну активність нижче за течією або на протилежний берег. Видобуток гравійно-галькового матеріалу з русла знижує рівень дна, порушує баланс наносів і може спричинити антропогенне врізання русла.

Характерною особливістю антропогенного впливу на руслові процеси є його здатність поширюватися далеко за межі ділянки безпосереднього втручання – так званий каскадний, або ланцюговий, ефект. Локальне вилучення алювію з русла спричиняє дефіцит наносів нижче за течією, що потік компенсує посиленою ерозією дна й берегів на суміжних відтинках, поступово «переносячи» деформований профіль вниз за течією. Аналогічно жорстке берегоукріплення одного відтинка річища перенаправляє динамічну вісь потоку до протилежного, незахищеного берега або до ділянки безпосередньо нижче укріплення, де швидкість течії залишається підвищеною[61]. Через це оцінку антропогенного впливу на руслові процеси Пруту доцільно проводити не лише в межах окремої ділянки втручання, а в масштабі значно довшого відтинка річища, що враховує можливі низові й рідше верхові наслідки.

Для Пруту антропогенний вплив проявляється через тривале освоєння заплави, наявність населених пунктів, доріг, мостів, захисних дамб, берегоукріплювальних споруд і зміну структури землекористування. У межах Чернівецької області це особливо помітно на ділянках, де русло наближене до забудови, транспортної інфраструктури або сільськогосподарських угідь. На таких відтинках природна свобода русла часто обмежена, а заплава частково втратила здатність виконувати природні водорегулювальні й руслорегулювальні функції.

У дослідженнях природного територіального устрою ландшафту Пруту в межах Чернівецької області підкреслюється значення системи «потік – русло – заплава» та необхідність оцінки антропогенних трансформацій молодого річкового ландшафту[62]. Такий підхід дає змогу аналізувати

[61] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

[62] Ющенко Ю. С., Пасічник М. Д., Паланичко О. В., Вудвуд М. М., Закревський О. В. Природний територіальний устрій ландшафту р. Прут в межах Чернівецької області, його антропогенні трансформації та особливості функціонування системи потік – русло – заплава. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія*. 2023. Вип. 845. С. 41–51.

не тільки саме русло, а й прилеглу заплаву, яка є важливою частиною руслоформувальної системи.

Суттєвим наслідком антропогенного впливу є зміна просторової неоднорідності руслових процесів. У природних умовах річка має певну свободу для саморегулювання: під час паводків вона може розширювати русло, активізувати заплавні протоки, формувати нові алювіальні поверхні та частково гасити енергію потоку в межах заплави. Якщо ж заплава забудована, обвалована або відокремлена від русла дамбами, потік концентрується в обмеженому русловому коридорі. Це може збільшувати швидкість течії, підсилювати розмив дна й берегів, змінювати місця акумуляції наносів і створювати додаткові ризики для інфраструктури. Тому сучасні руслові процеси на Пруті треба розглядати як результат накладання природної морфодинаміки на історично сформовану систему господарського освоєння долини[63].

Важливо також враховувати, що різні фактори руслових процесів діють не ізольовано, а в комплексі. Наприклад, сильний паводок може не спричинити значних планових змін на ділянці зі стійкими берегами та вузькою долиною, але на відтинку з пухкими алювіальними відкладами й ослабленою прибережною рослинністю він може викликати інтенсивний розмив і зміщення русла. Так само берегоукріплення може бути відносно стабільним за умов середніх витрат води, але під час екстремального паводку змінити напрямок потоку та спричинити розмив нижче за течією. Отже, оцінка руслових процесів повинна спиратися не на один показник, а на комплексний аналіз гідрологічних, геологічних, геоморфологічних, біотичних та антропогенних умов.

Практичним наслідком цієї комплексності є те, що дві морфологічно подібні ділянки річища, розташовані навіть відносно недалеко одна від одної, можуть демонструвати суттєво різну динаміку впродовж того самого періоду спостережень, якщо вони відрізняються хоча б за одним із визначальних чинників – літологією берегів, станом прибережної рослинності чи ступенем господарського освоєння прилеглої заплави. Це унеможливлює механічне перенесення висновків, отриманих для однієї ділянки Пруту, на інші без додаткової перевірки й водночас обґрунтовує доцільність виділення в межах досліджуваного відтинка річища відносно однорідних ділянок русла та заплави як самостійних одиниць аналізу планових переформувань[64].

Для дослідження планових переформувань русла Пруту найбільш важливими є такі групи чинників: паводковий режим і руслоформувальні

[63] Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

[64] Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел. Чернівці : Рута, 2005. 320 с.

витрати води; надходження та транспорт наносів; похил русла та зміна енергії потоку вздовж течії; літологічна будова берегів і заплави; ширина долини та наявність простору для бічної міграції русла; стан заплавної рослинності; наявність берегоукріплень, дамб, мостів та інших інженерних споруд; ступінь господарського освоєння прибережних територій. Саме поєднання цих факторів визначає, які процеси домінують на конкретній ділянці: бічна ерозія, акумуляція, врізання, рукавність, стабілізація русла або його антропогенне стиснення.

Практичне застосування наведеного переліку чинників передбачає їх послідовну оцінку для кожної виділеної однорідної ділянки русла й заплави Пруту: спершу визначаються гідрологічні характеристики (руслоформувальні витрати, повторюваність і тривалість паводків), далі – геолого-геоморфологічні умови (літологія берегів, ширина долини, наявність терас), після чого оцінюються стан рослинного покриву заплави та ступінь антропогенної трансформації ділянки. Лише на основі такого комплексного профілю умов можна коректно інтерпретувати виявлені за різночасовими матеріалами планові деформації русла – відрізнити деформації, зумовлені переважно природною морфодинамікою, від тих, що є прямим або опосередкованим наслідком господарської діяльності в межах конкретного відтинка долини.

Руслові процеси Пруту формуються під впливом складної взаємодії природних і антропогенних чинників. Гідрологічні фактори визначають енергію потоку та здатність річки переміщувати наноси; геологічні й геоморфологічні умови задають межі та напрямки розвитку русла; антропогенна діяльність змінює природний баланс між потоком, руслом і заплавою. Для наукового аналізу таких процесів доцільно використовувати підходи О. Г. Ободовського до гідролого-екологічної та гідроморфологічної оцінки руслових процесів, геогідроморфологічний підхід Ю. С. Ющенка, а також ландшафтно-гідроморфологічне розуміння системи «потік – русло – заплава», застосоване в дослідженнях річки Прут у межах Чернівецької області[65].

Отже, фізико-географічні умови басейну річки Прут і теоретичні засади вивчення руслових процесів утворюють нерозривну методологічну основу для подальшого аналізу планових деформацій річища. Природна диференціація басейну на гірську, передгірну та рівнинну частини безпосередньо визначає характер руслових процесів: саме поєднання геолого-геоморфологічної будови долини, кліматичного й гідрологічного

[65] Ющенко Ю. С., Пасічник М. Д., Паланичко О. В., Вудвуд М. М., Закревський О. В. Природний територіальний устрій ландшафту р. Прут в межах Чернівецької області, його антропогенні трансформації та особливості функціонування системи потік – русло – заплава. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія.* 2023. Вип. 845. С. 41–51.

режиму та ландшафтної структури формує ті природні передумови, у межах яких розгортаються описані вище механізми ерозії, транспорту наносів, акумуляції та планової міграції русла.

Поєднання класичного руслознавчого підходу з ландшафтно-гідроморфологічним розумінням системи «потік – русло – заплава» дає змогу розглядати Прут не як ізольований водний об'єкт, а як складну річково-долинну геосистему, чутливу як до природних, так і до антропогенних чинників. Викладені в цьому розділі положення про природні умови басейну, типи руслових деформацій і чинники їхнього розвитку є безпосередньою основою для методики дослідження, викладеної в наступному розділі, і для інтерпретації його емпіричних результатів.

2. Програмне та картографічно-інформаційне забезпечення

Для виконання гідрологічних досліджень, пов'язаних із виявленням та аналізом планових змін русел річок, використано програмний комплекс ArcGIS Desktop 10.7.1 (демоверсія з тимчасовою ліцензією). Використовувана нами збірка версії ArcGIS Desktop 10.7.1 дає змогу точно ідентифікувати програмне середовище, у якому виконувалися просторові операції. Це важливо для відтворюваності дослідження, оскільки різні версії програмного забезпечення можуть мати відмінності в роботі окремих інструментів геообробки, підтримці форматів даних або реалізації алгоритмів просторового аналізу.

Принцип відтворюваності є одним із базових методологічних вимог до досліджень, що спираються на геоінформаційний аналіз. Без чіткої фіксації версії програмного забезпечення, переліку використаних інструментів геообробки, параметрів трансформацій і системи координат результати такого дослідження практично неможливо перевірити чи повторити незалежним дослідником. Тому кожен етап опрацювання просторових даних – від геоприв'язки вихідних матеріалів до кінцевого overlay-аналізу – супроводжується фіксацією використаних інструментів, їхніх параметрів і послідовності виконання операцій. Такий підхід відповідає загальній практиці документування геопросторового аналізу, прийнятій у сучасних географічних та картографічних дослідженнях, і дає змогу в подальшому доповнити чи уточнити отримані результати за появи нових картографічних або дистанційних матеріалів без необхідності повторювати весь цикл опрацювання з нуля.

У межах дослідження планових змін русел річок основним робочим середовищем виступав модуль ArcMap. Саме в ньому здійснювалося завантаження вихідних картографічних матеріалів і космічного знімка, налаштування проєкції, візуальна інтерпретація русла, створення

shapefile-шарів, ручне оцифрування різночасових положень русла та подальше просторове накладання отриманих контурів. Для організації вхідних і похідних матеріалів використовувався ArcCatalog, через який створювалися робочі папки, shapefile-файли та структура збереження даних за окремими часовими зрізами. У дослідженні було сформовано три основні часові зрізи: положення русла за матеріалами Atlas geologiczny Galicyi кінця XIX ст., що для досліджуваної території відповідає часовому зрізу 1884 р.; положення русла за топографічними картами Генерального штабу масштабу 1 : 100 000, створеними та уточненими в 1977–1982 рр.; сучасне положення русла за космічним знімком Sentinel від 10 серпня 2025 р., завантаженим із Copernicus Browser.

Вибір саме цих трьох часових зрізів обумовлений принципом максимально можливого хронологічного охоплення за наявності якісних, придатних для геоприв'язки джерел. Проміжок між першим (1884 р.) і другим (1977–1982 рр.) зрізами становить приблизно століття, що дає змогу виявити довгострокові тенденції планового розвитку русла, зумовлені переважно природною морфодинамікою та поступовим господарським освоєнням долини в довоєнний і повоєнний періоди. Проміжок між другим і третім (2025 р.) зрізами, що охоплює чотири-п'ять десятиліть, дає змогу простежити зміни, пов'язані вже із сучасним етапом господарювання, включно з активізацією видобутку алювію, розширенням берегоукріплювальних споруд і зміною характеру землекористування в заплаві після здобуття Україною незалежності. Проміжні картографічні джерела, що потенційно могли б уточнити динаміку в межах кожного з цих великих інтервалів, не залучалися до основного аналізу через обмеження доступності якісних, придатних до геоприв'язки матеріалів для досліджуваної ділянки, однак це є одним із напрямів можливого розширення дослідження в майбутньому.

Усі просторові дані в межах проєкту були приведені до єдиної картографічної основи – проєкції UTM Zone 35N. Це забезпечило коректне суміщення історичних карт, топографічних карт і сучасного космічного знімка в одному координатному середовищі. Космічний знімок Sentinel було завантажено з Copernicus Browser уже в проєкції UTM 35N, тому він використовувався як сучасна просторова основа для ручного дешифрування русла. Відповідно до документації Copernicus Data Space Ecosystem, продукти Sentinel-2 подаються у картографічній геометрії UTM/WGS84, що дає змогу використовувати їх як базове джерело для просторового аналізу та зіставлення з іншими геоданими[66]. У цьому

[66] Copernicus Sentinel-2 Collection 1 MSI Level-1C. Sentinel Online. URL: https://sentinels.copernicus.eu/sentinel-data-access/sentinel-products/sentinel-2-data-products/collection-1-level-1c.

дослідженні автоматичне виділення водної поверхні за спектральними індексами не виконувалося; русло на знімку Sentinel дешифрувалося візуально і вручну обводилося окремим shapefile-шаром.

Свідомий вибір на користь ручного візуального дешифрування, а не автоматизованої класифікації водних об'єктів за спектральними індексами (наприклад, за нормалізованим водним індексом) обумовлений методологічною потребою забезпечення порівнянності підходу до виділення русла на всіх трьох часових зрізах. Оскільки для історичних карт і топографічних матеріалів Генерального штабу автоматизована спектральна класифікація апріорі неможлива – ці джерела є картографічними, а не багатоканальними растровими зображеннями, застосування різних методів виділення русла для різних часових зрізів (автоматичного для сучасного знімка й ручного для історичних матеріалів) могло б внести систематичну методологічну відмінність у саму процедуру визначення контуру, що ускладнило б коректне зіставлення результатів. Ручне дешифрування, застосоване одноманітно до всіх трьох джерел, хоч і поступається автоматизованим методам за швидкістю обробки великих масивів даних, забезпечує єдність методологічного підходу, що є пріоритетним для завдання порівняльного аналізу планових переформувань річища.

Для просторового прив'язування історичних і топографічних карт використовувалася панель Georeferencing в ArcMap. Згідно з документацією Esri, геоприв'язування растра полягає у визначенні його просторового положення через координати карти та узгодженні з іншими географічними даними[67]. Карти Генерального штабу масштабу 1 : 100 000 прив'язувалися за координатною сіткою, нанесеною безпосередньо на аркушах карт. Такий підхід дав змогу перенести скановані растрові зображення у спільну проєкцію проєкту та зіставити їх із сучасним космічним знімком. Після додавання контрольних точок виконувалася трансформація растра, перевірялося його положення відносно інших шарів і зберігався результат геоприв'язування.

Кількісним критерієм якості геоприв'язки в середовищі ArcGIS слугує середньоквадратична похибка (RMS error), яка обчислюється як сукупне відхилення положення контрольних точок на трансформованому растрі від їхнього фактичного положення на референтній основі. Що менше значення RMS error, то точніше растр узгоджений із картографічною основою проєкту. Оскільки абсолютного нульового значення похибки досягти практично неможливо, особливо для історичних матеріалів зі

[67] Fundamentals of georeferencing a raster dataset. ArcMap Documentation. Esri. URL: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/fundamentals-for-georeferencing-a-raster-dataset.htm.

значним віком і можливими деформаціями паперової основи, важливим є не саме абсолютне значення похибки, а її рівномірний розподіл по площі аркуша: локалізація великих відхилень в одній частині карти є сигналом про необхідність додавання контрольних точок саме в цій зоні або перегляду вже наявних. Контроль RMS error виконувався на кожному етапі уточнення прив'язки, а остаточний результат приймався лише після того, як похибка була зведена до прийнятного для масштабу відповідного джерела рівня.

Карти з Atlas geologiczny Galicyi прив'язувалися у два етапи. Спочатку використовувалися координатні орієнтири, наявні на картографічному аркуші, що давало можливість виконати первинне позиціонування растра. Після цього просторове положення карти уточнювалося за стабільними маркерами місцевості, які могли бути надійно ідентифіковані як на історичній карті, так і на сучасній основі. До таких маркерів належали населені пункти, перехрестя доріг, мости, залізничні лінії, характерні елементи забудови та інші об'єкти, положення яких є відносно сталим у часі. Берегові лінії та саме русло річки не використовувалися як основні контрольні точки, оскільки їхнє зміщення є предметом дослідження. Такий підхід дав змогу мінімізувати ризик штучного «підтягування» історичного русла до сучасного положення.

Методологічно принциповим є саме виключення руслових об'єктів із переліку контрольних точок, оскільки використання русла для геоприв'язки перетворило б дослідження на замкнене логічне коло: якщо історичне русло примусово суміщається із сучасним положенням через контрольні точки, будь-яке подальше зіставлення цих же контурів автоматично покаже штучно занижену або й нульову величину планового зміщення незалежно від реальної картини. Тому критерієм відбору контрольних точок слугувала не лише візуальна впізнаваність об'єкта на обох джерелах, а і його незалежність від досліджуваного процесу – геоморфологічної динаміки річища. Додатковою вимогою до контрольних точок була їх рівномірність просторового розподілу вздовж досліджуваної ділянки долини, а не концентрація суто в межах населених пунктів, оскільки нерівномірний розподіл контрольних точок здатний спричинити локальне погіршення точності прив'язки саме на позаселенних відтинках річища, які нерідко становлять найбільший інтерес для аналізу природної морфодинаміки.

Після геоприв'язування картографічних матеріалів виконувалося ручне оцифрування русел. Для цього в ArcCatalog створювалися окремі shapefile-шари для кожного часового зрізу. Формат shapefile є векторним форматом Esri, призначеним для збереження геометричного положення

й атрибутивної інформації географічних об'єктів. У межах дослідження shapefile використовувався як основний формат для фіксації контурів русла за різними джерелами. Для кожного часового зрізу створювався окремий шар: русло за Atlas geologiczny Galicyi 1884 р., русло за картами Генштабу 1977–1982 рр. і русло за знімком Sentinel від 18 червня 2025 р. Це дало змогу уникнути змішування джерел різного часу та забезпечило можливість подальшого коректного накладання шарів.

Для безпосереднього оцифрування використовувався модуль Editor в ArcMap. Після запуску режиму Start Editing активувався відповідний shapefile-шар, обирався інструмент створення полігональних або лінійних об'єктів, після чого русло вручну обводилося за видимими контурами на кожному джерелі. На історичних і топографічних картах русло дешифрувалося за картографічним зображенням водного об'єкта, а на космічному знімку Sentinel – за візуально вираженою водною поверхнею та морфологічними межами руслової смуги. Для уникнення розривів, самоперетинів і неточного стикування контурів застосовувалися інструменти Snapping та стандартні засоби редагування вершин. Після завершення оцифрування для кожного шару зберігалися редагування, а в атрибутивній таблиці зазначалися рік або період джерела, тип матеріалу та коротка характеристика походження даних.

Параметри допуску прив'язки вершин (snapping tolerance) підбиралися індивідуально залежно від масштабу й деталізації конкретного джерела: для дрібномасштабніших історичних карт застосовувався більший допуск, що відповідає нижчій точності вихідного матеріалу, тоді як для сучасного супутникового знімка з високою просторовою розрізненістю використовувався менший допуск, щоб точніше фіксувати незначні вигини берегової лінії без ризику штучного «згладжування» реальної форми русла. Крім прив'язки до вершин (vertex snapping), застосовувалася також прив'язка до існуючих ребер (edge snapping) для коректного продовження ліній на межі суміжних аркушів карт, що дало змогу уникнути розривів русла саме в зонах стику картографічних листів – ділянках, де без належного контролю найчастіше виникають технічні артефакти оцифрування, які можна помилково вважати реальними плановими деформаціями.

Основна аналітична операція полягала у просторовому накладанні різночасових shapefile-шарів русла. Для цього використовувався набір інструментів Analysis Tools, насамперед група Overlay. У документації Esri зазначено, що інструменти Overlay призначені для накладання кількох класів просторових об'єктів з метою поєднання, стирання, оновлення або модифікації геометрії та атрибутів, унаслідок чого створюється новий клас просторових об'єктів. У межах цього дослідження overlay-аналіз

застосовувався для зіставлення положень русла за 1884 р., 1977–1982 рр. і 2025 р. Накладання цих шарів дало змогу виявити ділянки збігу русла, ділянки його зміщення, фрагменти старих руслових положень і сучасні ділянки, які не збігаються з історичними контурами.

Для порівняння часових зрізів використовувалися інструменти Union, Intersect, Erase та Symmetrical Difference. Інструмент Union застосовувався для об'єднання геометрії кількох різночасових шарів в один узагальнений шар, що дало можливість простежити просторову структуру багаторічного руслового поясу. Intersect використовувався для виявлення ділянок просторового збігу русла між різними часовими зрізами. Erase дав змогу виділити частини русла одного періоду, які не збігалися з іншим періодом. Symmetrical Difference застосовувався для встановлення ділянок просторової відмінності між двома положеннями русла. У підсумку було отримано основу для якісного аналізу планових змін: визначення стабільних ділянок русла, зон зміщення, фрагментів відмерлих або змінених руслових положень і нових ділянок сучасного русла.

Окрім якісного зіставлення контурів, площі ділянок розмиву та акумуляції, отримані за результатами Symmetrical Difference, придатні для кількісної оцінки: обчислення площі полігону, що відповідає зоні відступу берегової лінії за певний проміжок часу, дає змогу розрахувати середньорічну швидкість бічного зміщення русла на конкретній ділянці, якщо цю площу поділити на довжину відповідного відтинка берегової лінії та на кількість років між часовими зрізами. Такий підхід, що спирається на стандартний функціонал інструментів геообробки ArcGIS, дає змогу перейти від суто візуального опису «русло змістилося» до порівнюваного кількісного показника – метрів зміщення на рік, який можна зіставляти між різними ділянками річки або з літературними даними для інших річок Карпатського регіону. Для лінійних об'єктів русла додатково застосовувався інструмент Buffer, який дав змогу побудувати навколо контуру русла певного часового зрізу смугу заданої ширини та перевірити, які ділянки сусіднього часового контуру виходять за її межі, що є додатковим способом візуалізації зон найбільш активного планового переформування.

Таким чином, у дослідженні планових змін русел річок у середовищі ArcGIS Desktop 10.7.1 використовувалися такі основні модулі та інструменти: ArcMap – для роботи з просторовими даними, візуального дешифрування та картографування; ArcCatalog – для створення й організації shapefile-шарів; Data Frame Properties – для встановлення єдиної проєкції проєкту UTM Zone 35N; Georeferencing – для просторового прив'язування карт Atlas geologiczny Galicyi та карт Генерального штабу;

Editor – для ручного оцифрування русла за кожним часовим зрізом; Snapping – для підвищення точності стикування й редагування контурів; Analysis Tools / Overlay – для накладання різночасових положень русла; Union, Intersect, Erase і Symmetrical Difference – для виявлення просторових збігів і відмінностей між контурами русла різних періодів. Комплексне використання цих інструментів забезпечило повний цикл роботи – від підготовки та геоприв'язування вихідних матеріалів до створення різночасових shapefile-шарів русла й виконання overlay-аналізу планових змін.

Важливо підкреслити, що жоден із перелічених інструментів окремо не дає змоги отримати достовірний результат аналізу планових переформувань. Якість фінальних висновків визначається саме послідовністю й узгодженістю їх застосування – від контролю точності геоприв'язки на найраннішому етапі до топологічної перевірки готових векторних шарів на завершальному. Помилка чи недостатня увага на будь-якому проміжному етапі (наприклад, недостатня кількість контрольних точок під час геоприв'язки історичного аркуша або вибір неоптимального типу трансформації) неминуче позначається на точності всіх подальших операцій, включно з підсумковим overlay-аналізом. Тому опис програмного та картографічно-інформаційного забезпечення в цьому розділі слід розглядати не як перелік окремих незалежних інструментів, а як цілісний методологічний ланцюг, кожна ланка якого впливає на достовірність кінцевого результату дослідження планових деформацій русла Пруту.

У дослідженні використано три аркуші історико-картографічні карти з видання Atlas geologiczny Galicyi: Kuty, Śniatyn і Kołomyja. Atlas geologiczny Galicyi є одним із перших системних серійних видань геологічних карт для території Галичини. За бібліографічними описами, атлас видавався у Кракові впродовж 1887–1911 рр. під егідою Комісії фізіографічної Академії умінь у Кракові й складався з 25 частин, кожна з яких супроводжувалася пояснювальним текстом[68]. За даними M. Graniczny, J. Kacprzak, H. Urban і S. Wołkowicz, загалом було опубліковано 99 аркушів карт масштабу 1 : 75 000, а для виконання геологічної зйомки в багатьох випадках застосовувалося детальніше польове картування, переважно в масштабі 1 : 25 000[69]. Це свідчить, що аркуші атласу мають не лише картографічну, а й польову геологічну основу.

[68] Atlas geologiczny Galicji w Archiwum WIG. Geoforum.pl. 19.05.2015. URL: https://geoforum.pl/news/19839/atlas-geologiczny-galicji-w-archiwum-wig.

[69] Graniczny M., Kacprzak J., Urban H., Wołkowicz S. Atlas Geologiczny Galicyi – pierwsza seryjna edycja map geologicznych ziem polskich. *Przegląd Geologiczny*. 2007. Vol. 55, nr 5. S. 368–372. URL: https://www.pgi.gov.pl/images/stories/przeglad/pg_2007_05_13.pdf.

Аркуш Kuty – «Кути» має номенклатурне позначення Pas 11, Słup XIII і входить до 2-го зошита атласу. За каталогом Національної бібліотеки Польщі, 2-й зошит містив шість карт: Nadwórna, Mikuliczyn, Żabie, Kuty, Krzyworównia, Popadia-Hryniawa; місце і рік видання – Kraków, 1888[70]. Пояснювальний текст до цього зошита підготував Рудольф Зубер; у цифровому описі Pedagogiczna Biblioteka Cyfrowa вказано назву праці Atlas geologiczny Galicyi. Tekst do zeszytu drugiego (Nadwórna, Mikuliczyn, Żabie, Kuty, Krzyworównia, Popadia-Hryniawa), автора Rudolf Zuber і дату 1888 р. На самому аркуші Kuty зазначено: Badania geologiczne przeprowadził Dr Zuber, тобто геологічні дослідження виконав доктор Зубер. Також на нижньому полі аркуша вказано: Wyk. w c. k. Zakładzie wojsk geograficznym w Wiedniu, що означає виконання карти в цісарсько-королівському військово-географічному закладі у Відні. У центрі нижнього поля подано масштаб Stosunek 1 : 75 000, а видавцем зазначено Wyd. nakładem Wydziału Krajowego Królestwa Galicyi i Lodomeryi.



Рис. 1. Аркуш Kuty Pas 11, Słup XIII використаний для дослідження басейну р. Прут

[70] Zuber R. Atlas geologiczny Galicyi. Tekst do zeszytu drugiego: Nadwórna, Mikuliczyn, Żabie, Kuty, Krzyworównia, Popadia-Hryniawa. Kraków : Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, 1888. Pedagogiczna Biblioteka Cyfrowa. URL: https://pbc.uken.krakow.pl/dlibra/publication/1160/edition/1137.

На самому аркуші Kuty окремої друкованої дати польової зйомки або дати уточнення даних не зазначено. Тому в роботі доцільно вказувати, що геологічні дослідження були виконані Р. Зубером до публікації 2-го зошита, тобто не пізніше 1888 р., але точний рік польового знімання за самим аркушем не встановлюється. За змістом цей аркуш є особливо важливим для дослідження планових деформацій річки Черемош, оскільки охоплює район Кутів, передгірно-гірську частину Покутсько-Буковинських Карпат, долинні комплекси Черемошу та прилеглих водотоків. У легенді виділено алювіальні відклади, річковий і місцевий дилювій, міоценові, олігоценові, еоценові та крейдові утворення, а також тектонічні лінії і напрями падіння пластів. Для бакалаврського дослідження цей аркуш може використовуватися для уточнення історичних меж алювіальної рівнини, аналізу геологічної основи долини, співвідношення русла, заплави, терас і схилових комплексів.



Рис. 2. Аркуш Śniatyn Pas 11, Słup XIV і входить до 18-го зошита атласу Національної бібліотеки Польщі використаний для дослідження

Аркуш Śniatyn – «Снятин» має позначення Pas 11, Słup XIV і входить до 18-го зошита атласу. За каталогом Національної бібліотеки Польщі, зошит 18 містив три карти: Stanisławów, Kołomyja і Śniatyń; місце та рік видання вказані як Kraków, 1901[71]. У Polona цей зошит також подано як Atlas geologiczny Galicyi. Z. 18, Kart trzy[72]. Пояснювальний текст до 18-го зошита підготував проф. Ярослав Л. М. Ломницький; він був виданий у Кракові в 1905 р. під назвою Atlas geologiczny Galicyi: tekst do zeszytu osiemnastego[73]. На самому аркуші Śniatyn[74] зазначено, що геологічні дослідження виконав Prof. J. Łomnicki. На нижньому полі також вказано виконання у c. i k. Zakładzie wojskowym geograficznym w Wiedniu, масштаб 1 : 75 000 і видавця – Akademia Umiejętności w Krakowie.

Окремого друкованого періоду польової зйомки чи дати оновлення на аркуші Śniatyn не подано. На правому нижньому полі наявні пізніші рукописні або інвентарні позначки, зокрема «1953» і «M-953», однак вони не є датою створення карти або польової зйомки. У тексті до 18-го зошита Ломницький подає уточнення та критичну оцінку раніше виконаних геологічних матеріалів, зокрема щодо території Покуття й аркуша Śniatyn. Він розглядає долину Пруту, тераси, алювіальні відклади, карпатські гравії, лесові глини та покутські намули. Тому цей аркуш доцільно використовувати як джерело для ширшої геолого-геоморфологічної характеристики Покуття, долини Пруту та регіонального контексту формування алювіальних рівнин, пов'язаних із річковими системами Черемошу і Пруту.

Аркуш Kołomyja – «Коломия» має позначення Pas 10, Słup XIII і також належить до 18-го зошита. У бібліографічному описі зошита 18 він поданий разом з аркушами Stanisławów і Śniatyn; рік видання зошита в каталозі Національної бібліотеки Польщі – 1901[75]. Цифрова бібліотека Університету Вроцлава подає цей аркуш як Atlas geologiczny Galicyi 1 : 75 000 – Pas 10 Słup XIII Kołomyja, а творцем зазначає Jarosław

[71] Mapy i atlasy : katalog zbiorów kartograficznych Biblioteki Narodowej. Warszawa : Biblioteka Narodowa. URL: https://www.bn.org.pl/download/document/1533557307.pdf.

[72] Graniczny M., Kacprzak J., Urban H., Wołkowicz S. Atlas Geologiczny Galicyi – pierwsza seryjna edycja map geologicznych ziem polskich. *Przegląd Geologiczny*. 2007. Vol. 55, nr 5. S. 368–372. URL: https://www.pgi.gov.pl/images/stories/przeglad/pg_2007_05_13.pdf.

[73] Łomnicki J. L. M. Atlas geologiczny Galicyi: tekst do zeszytu osiemnastego: Stanisławów, Kołomyja, Śniatyn. Kraków : Nakładem Akademii Umiejętności, 1905. 145 s. Google Books. URL: https://books.google.com/books/about/Atlas_geologiczny_Galicyi.html?id=RTx60AEACAAJ.

[74] Łomnicki J. Atlas geologiczny Galicyi 1:75 000 – Pas 11 Słup XIV Śniatyn. Biblioteka Cyfrowa Uniwersytetu Wrocławskiego. URL: https://bibliotekacyfrowa.pl/publication/114720.

[75] Mapy i atlasy : katalog zbiorów kartograficznych Biblioteki Narodowej. Warszawa : Biblioteka Narodowa. URL: https://www.bn.org.pl/download/document/1533557307.pdf.

Łomnicki[76]. На самому аркуші Кołомyja вказано: Badania geologiczne przeprowadził Prof. J. Łomnicki, тобто геологічні дослідження виконав професор Я. Ломницький. У нижньому полі також зазначено, що карту виконано у c. і k. Zakładzie wojskowym geograficznym w Wiedniu, масштаб становить 1 : 75 000, а видання здійснено накладом Академії умінь у Кракові.

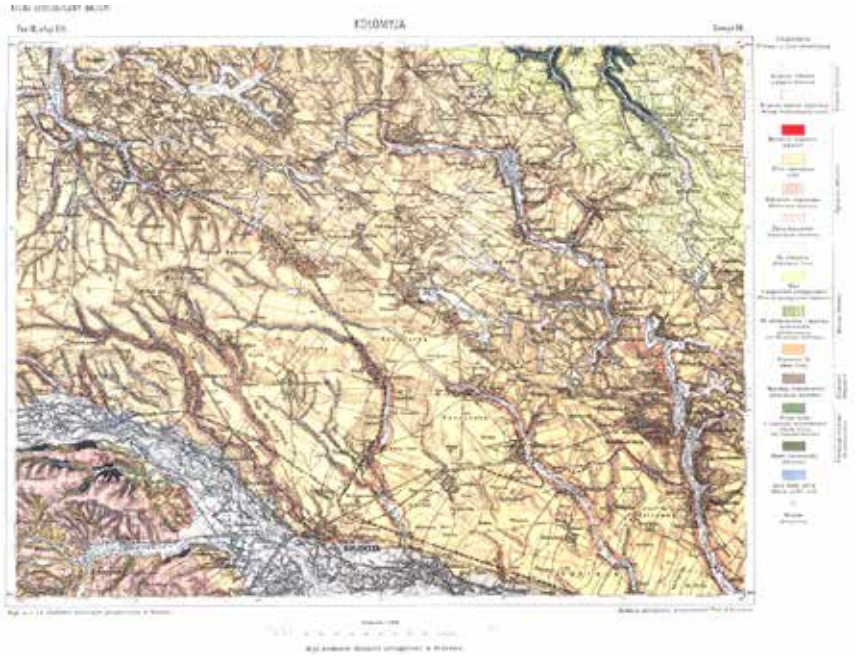


Рис. 3. Аркуш Кołомyja Pas 10, Słup XIII використаний для дослідження планових деформацій р. Прут

На аркуші Кołомyja немає друкованої дати польового знімання або окремого зазначення про уточнення даних. У правій верхній частині аркуша видно штамп «14 MARZ 1933», але його слід трактувати як пізнішу бібліотечну, архівну або інвентарну позначку, а не як дату створення чи публікації карти. Зміст аркуша важливий для аналізу передгірної ділянки долини Пруту та суміжних територій Покуття. У легенді відображено

[76] Łomnicki J. Atlas geologiczny Galicyi 1 : 75 000 – Pas 10, Słup XIII, Kołomyja [карта]. Digital Library of University of Wroclaw. URL: https://bibliotekacyfrowa.pl/en/dlibra/metadatasearch?action=AdvancedSearchAction&type=-3&val1=Title%3A%22Atlas+Geologiczny+Galicyi%22.

молодший і старший алювій, карпатські гравії, лесові відклади, покутські глини, добротівські шари, крейдові та юрські утворення, а також соляні прояви. Для дослідження планових деформацій русла Черемошу цей аркуш має порівняльне значення, оскільки дає змогу простежити особливості будови суміжних долинних систем передгірного типу, виявити поширення алювіальних і терасових поверхонь та оцінити зв'язок між літологічною будовою і потенційною русловою рухливістю.

Отже, три використані аркуші – Kuty, Śniatyn і Kołomyja – є цінними джерелами для історико-геоморфологічного аналізу. Вони створені на основі австрійської топографічної карти масштабу 1 : 75 000; у повідомленні Geoforum про цифрове архівування аркушів зазначено, що публікація ґрунтувалася на австрійській карті цього масштабу, а серед оцифрованих матеріалів трапляються аркуші з авторськими поправками[77]. На трьох розглянутих аркушах безпосередньо зазначені виконавці геологічних досліджень, масштаб, місце картографічного виконання та видавці, однак не вказані точні роки польового знімання. Тому в разі використання цих карт слід розрізняти: по-перше, дату публікації зошита; по-друге, автора геологічних досліджень; по-третє, наявність або відсутність спеціальних позначок про уточнення даних. Для аркуша Kuty датою публікації є 1888 р., для аркушів Śniatyn і Kołomyja – 1901 р. за бібліографічним описом карт, тоді як пояснювальний текст до 18-го зошита вийшов у 1905 р. Саме ці джерела доцільно використовувати для реконструкції історичної геологічної основи долин, визначення меж алювіальних рівнин, аналізу заплавно-терасових комплексів і пояснення природних передумов планових деформацій русла річки Черемош.

Порівняно з топографічними картами аркуші геологічного атласу мають істотно вищу деталізацію польової геологічної основи (масштаб 1 : 75 000 проти 1 : 100 000 у карт Генерального штабу), однак поступаються їм у точності відображення власне гідрографічної мережі, оскільки основним призначенням атласу була фіксація геологічної будови території, а не картографування водних об'єктів як таких. Це визначає комплементарний, а не взаємозамінний характер використання цих двох типів джерел у цьому дослідженні: геологічний атлас передусім слугує для реконструкції найдавнішого доступного часового зрізу планового положення русла та для розуміння літологічної основи долини, тоді як топографічні карти Генерального штабу і супутниковий знімок Sentinel-2 забезпечують точнішу й послідовну фіксацію власне контуру русла для

[77] Atlas geologiczny Galicji w Archiwum WIG. Geoforum.pl. 19.05.2015. URL: https://geoforum.pl/news/19839/atlas-geologiczny-galicji-w-archiwum-wig.

двох пізніших часових зрізів. Саме поєднання цих різнотипних, але взаємодоповнювальних джерел дало змогу сформувати тривалий, майже півторастолітній ряд спостережень за плановим положенням русла в межах досліджуваної ділянки басейну Пруту.

Для картографічного забезпечення дослідження використано комплект із двох суміжних аркушів радянської топографічної карти Генерального штабу масштабу 1 : 100 000: M-35-123 «Коломыя» та M-35-124 «Снятын». Обидва аркуші входять до колекції Russian Military Topographic Maps, оцифрованої та оприлюдненої Indiana University Libraries. Каталожний запис IU DataCORE для аркуша M-35-123 подає його як набір даних із територіальним охопленням району Kolomyia, Ivano-Frankivsk oblast, Ukraine, координатами 48.333, 25, 48.667, 25.5 та відкритою ліцензійною позначкою No Copyright – United States[78]. Для аркуша M-35-124 «Снятын» запис IU Digital Collections подає ідентифікатор VAC9619-003247, координати 48.333, 25.5, 48.667, 26 та пряме посилання на DataCORE Dataset Download[79]. Додатково сторінка BTAA Geoportal для M-35-124 підтверджує публічний доступ до матеріалу і формат GeoTIFF[80].

Комплект карт охоплює територію між 25°00′ і 26°00′ сх. д. та 48°20′ і 48°40′ пн. ш., тобто простір Покуття, Передкарпаття та прилеглих буковинських територій. Аркуш M-35-123 відображає західну частину досліджуваної території, зокрема район Коломиї, долину р. Прут, передгірні ділянки в напрямку Косова, Пістиня, Заболотова та суміжні терасово-рівнинні простори. Аркуш M-35-124 є східним продовженням цього картографічного покриття і включає райони Снятина, Заболотова, Заставни, північні околиці Чернівців, а також фрагменти долин Пруту, Черемошу та Дністра. Просторова суміжність цих аркушів дає змогу використовувати їх як єдину картографічну основу для аналізу річкових долин і прилеглих ландшафтів у межах західної частини України.

За службовими написами на полях самих аркушів обидві карти видані в 1978 р. Аркуш M-35-123 «Коломыя» складений за матеріалами зйомки 1948–1949 рр. і оновлений у 1977 р.; аркуш M-35-124 «Снятын» складений за матеріалами зйомки 1948 р. і також оновлений у 1977 р. Отже, ці карти мають подвійну часову інформативність: первинна топографічна основа пов’язана з післявоєнною зйомкою кінця 1940-х років, тоді як оновлення

[78] M-35-123 Коломыя : Data Set. Indiana University DataCORE. URL:https://datacore.iu.edu/concern/data_sets/rb68xc70s.

[79] M-35-124 Снятын : Digital Collections record. Indiana University Digital Collections. URL: https://digital-collections.apps.iu.edu/.

[80] M-35-124 Снятын (Sniatyn, Ukraine). BTAA Geoportal. URL: https://geo.btaa.org/catalog/VAC9619-003247.

1977 р. відображає стан місцевості другої половини 1970-х років. У дослідженнях планових змін русел ці аркуші доцільно трактувати як історичну топографічну основу станом на 1977–1978 рр., але з обов'язковим уточненням, що частина базової інформації походить із матеріалів зйомки 1948–1949 рр.

Математична основа карт відповідає системі координат 1942 р., що зазначено у верхній частині рамок аркушів. Для роботи з такими матеріалами в сучасному ГІС-середовищі найбільш відповідним формалізованим варіантом є Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5, оскільки EPSG:28405 описує цю систему як проєкцію для топографічного картографування середнього масштабу, що охоплює, зокрема, територію України в межах 24°–30° сх. д., має метричні одиниці, еліпсоїд Krassowsky 1940 та центральний меридіан 27° сх. д.[81]. Тому під час геоприв'язки або перевірки просторового положення сканованих аркушів у QGIS чи ArcGIS доцільно задавати систему СК-42 / Гаусса–Крюґера, зона 5, а після цього за потреби трансформувати дані до WGS 84, УСК-2000 або іншої системи координат, у якій виконуються подальші просторові операції.

Явне зазначення коду EPSG для кожної використаної системи координат є важливою методологічною практикою, оскільки словесні назви систем координат (наприклад, «система 1942 року» чи «Пулково-42») можуть по-різному реалізовуватися в різному програмному забезпеченні залежно від конкретних параметрів зонування й трансформаційних ключів, тоді як однозначний числовий ідентифікатор EPSG усуває цю двозначність і дає змогу будь-якому іншому дослідникові точно відтворити просторову основу, використану в цій роботі. Аналогічний принцип застосовувався і до решти систем координат проєкту: історичного датуму Hermannskogel / MGI для аркушів геологічного атласу та WGS 84 / UTM zone 35N (EPSG:32635) для сучасного супутникового знімка і фінальної робочої основи проєкту, що в сукупності забезпечило прозору й перевірювану математичну базу всього циклу геопросторового опрацювання.

За змістом цей комплект є топографічною картографічною моделлю місцевості. У ньому поєднано планову координатну основу, висотну модель рельєфу, гідрографічну мережу, населені пункти, шляхи сполучення, рослинний покрив, заболочені ділянки, меліоративні елементи, адміністративні межі та окремі господарські об'єкти. Рельєф передано горизонталями, висотними відмітками та додатковими умовними позначеннями; за написами на полях карт, суцільні горизонталі проведені

[81] EPSG Geodetic Parameter Dataset. Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5. EPSG:28405. URL: https://epsg.io/28405

через 20 м, а висоти подано в Балтійській системі висот. Це дає змогу аналізувати загальні риси морфології поверхні: вододільні ділянки, долинні пониження, схили, терасові уступи, передгірні поверхні та просторовий перехід від рівнинних до передгірних ландшафтів.

Гідрографічна складова комплекту має особливе значення для гідрологічного та руслознавчого аналізу. На аркушах відображено русла Пруту, Черемошу, Дністра та їхніх приток, а також заплавні ділянки, протоки, острови, заболочені місцевості, меліоративні канали, мости, дороги вздовж долин і прибережні населені пункти. Масштаб 1 : 100 000 означає, що 1 см на карті відповідає 1 км на місцевості, тому ці аркуші придатні для аналізу загального положення русел, конфігурації долин, просторового співвідношення річкової мережі з рельєфом і системою розселення. Водночас для детального вивчення малих руслових форм необхідно враховувати картографічну генералізацію: дрібні протоки, локальні берегові уступи, короткочасні алювіальні форми або зміщення берегової лінії на десятки метрів могли бути спрощені або не відображені.

Ще одним наслідком масштабу 1 : 100 000 є умовність зображення ширини самого русла на карті: згідно із загальними картографічними принципами, водні об’єкти, ширина яких на місцевості менша за певну порогову величину (для цього масштабу – близько кількох десятків метрів), передаються не в масштабі, а позамасштабним умовним знаком лінії постійної товщини, тоді як ширші річки показуються двома лініями берегів у приблизному масштабі. Це означає, що безпосередньо вимірювати фактичну ширину русла Пруту за топографічною картою масштабу 1 : 100 000 на всіх ділянках однаково коректно не можна: там, де застосовано позамасштабний знак, товщина лінії на карті відображає умовність зображення, а не реальну ширину потоку. У цьому дослідженні вказана обставина враховувалася під час інтерпретації результатів оцифрування: кількісні висновки про зміну ширини русла спиралися передусім на ті ділянки, де річка відображена в масштабі двома лініями берегів, тоді як на вужчих відтинках аналізувалося переважно планове положення осьової лінії русла, а не абсолютна ширина водного плеса.

З позицій картографічної моделі ці аркуші слід розглядати не як просте зменшене зображення території, а як узагальнену просторово-знакову модель, у якій реальні об’єкти відібрано, класифіковано та подано за допомогою системи умовних позначень. У сучасній картографії карта трактується як інструмент представлення, візуалізації та аналізу геопросторової інформації, що дає змогу не лише фіксувати об’єкти,

а й інтерпретувати просторові зв'язки між ними[82]. Саме тому комплект М-35-123 і М-35-124 може бути використаний як історична топографічна основа для зіставлення з сучасними ортофотопланами, супутниковими знімками Landsat і Sentinel, цифровими моделями рельєфу та сучасними векторними шарами.

Теоретичною основою для оцінки придатності топографічних карт масштабу 1 : 100 000 до аналізу дрібних руслових форм є поняття картографічної генералізації – закономірного відбору й узагальнення змісту карти відповідно до її масштабу та призначення. Генералізація передбачає кілька взаємопов'язаних процедур: відбір об'єктів (не всі елементи місцевості потрапляють на карту дрібнішого масштабу), спрощення обрисів (дрібні вигини контуру, зокрема берегової лінії, згладжуються), об'єднання близько розташованих об'єктів в один умовний знак і зміщення об'єктів для уникнення накладання позначень у зонах їх скупчення. Для русла річки це означає, що на картах масштабу 1 : 100 000 достатньо надійно відображається плановий рисунок головного русла та великі острови чи рукави, тоді як дрібні прируслові форми, невеликі протоки або короткочасні побочні шириною в кілька метрів можуть бути або спрощені до єдиної лінії, або взагалі не показані. Це необхідно враховувати під час інтерпретації результатів overlay-аналізу: зафіксована на картах Генерального штабу відсутність певної дрібної форми не обов'язково означає її фактичну відсутність на місцевості в момент зйомки, а може бути наслідком картографічної генералізації.

Таким чином, комплект аркушів М-35-123 «Коломыя» та М-35-124 «Снятын» є цінним джерелом просторової інформації для історико-географічного, гідрологічного, геоморфологічного та ландшафтного аналізу. Його переваги – єдина математична основа, суміжне просторове покриття, наявність висотної інформації, достатньо деталізоване відображення гідрографії, розселення, транспортної мережі та земного покриву. Основними обмеженнями є масштаб 1 : 100 000, генералізація змісту та часовий розрив між первинною зйомкою 1948–1949 рр. і оновленням 1977 р. Тому в разі використання цих карт для аналізу планових переформувань русел Пруту, Черемошу або Дністра необхідно обов'язково зазначати масштаб, систему координат, рік видання, рік оновлення, період первинної зйомки та електронну базу даних, з якої отримано цифрові копії карт.

Додатковим методологічним застереженням є те, що позначення «оновлено у 1977 р.» на топографічних картах радянського виробництва

[82] MacEachren A. M. How Maps Work: Representation, Visualization, and Design. New York : Guilford Press, 1995. 513 p.

зазвичай означає вибіркове коригування окремих елементів змісту карти (насамперед транспортної мережі, меж землекористування та нових об'єктів забудови) відносно матеріалів первинної зйомки, а не повторну суцільну зйомку всієї території аркуша. Це означає, що гідрографічна мережа на карті могла зберігати конфігурацію, зафіксовану ще під час зйомки 1948–1949 рр., якщо впродовж наступних десятиліть вона не зазнала настільки помітних змін, щоб це було відображено картографами під час оновлення. Для дослідження планових переформувань русла ця обставина є важливою: датування відповідного часового зрізу як «1977–1982 рр.» слід розглядати як умовну верхню межу, тоді як фактичний стан річища на карті може відповідати дещо більш ранньому періоду в межах зазначеного інтервалу.

Опрацювання картографічного матеріалу виконувалося поетапно з метою приведення різночасових і різнотипних джерел до єдиної просторової основи, придатної для подальшого порівняльного аналізу положення русел річок. У дослідженні використано аркуші з «Геологічного атласу Галичини», топографічні карти Генерального штабу та сучасний супутниковий знімок Sentinel-2, завантажений із Copernicus Browser. Основним завданням попереднього опрацювання було забезпечення просторової сумісності цих матеріалів, після чого за кожним джерелом окремо створювалися векторні шари русел.

Загальна послідовність опрацювання відповідає стандартній технологічній схемі підготовки різночасових картографічних матеріалів для порівняльного геоморфологічного аналізу: сканування або отримання цифрової копії вихідного джерела; оцінка його геодезичної основи та визначення необхідного способу геоприв'язки; власне геоприв'язка з контролем залишкової похибки; приведення до єдиної робочої системи координат проєкту; візуальне дешифрування об'єкта дослідження та його векторизація; формування атрибутивної інформації; топологічний контроль якості отриманого векторного шару. Дотримання цієї послідовності для всіх трьох різнотипних джерел – історичного геологічного атласу, топографічних карт середини–другої половини XX ст. і сучасного супутникового знімка – є ключовою умовою коректності подальшого порівняльного аналізу, оскільки будь-яке порушення послідовності опрацювання (наприклад, векторизація до завершення контролю точності геоприв'язки) здатне внести систематичну похибку, яку складно виявити на пізніших етапах роботи.

Першим етапом виконувалася географічна прив'язка аркушів «Геологічного атласу Галичини» в ГІС середовищі Arc GIS 10.7. Оскільки ці карти були створені на основі австрійської топографічної карти Spezialkarte

масштабу 1 : 75 000, для них характерне використання історичної геодезичної основи, пов'язаної з еліпсоїдом Бесселя 1841 року, датумом Hermannskogel / MGI та відліком довгот від початкового меридіана Ферро. Питання мозаїчного зведення аркушів такої історичної австрійської знімальної основи докладно розглянуте в спеціальній картографічній літературі[83], зокрема в контексті ширшого проєкту цифровізації карт габсбурзьких військових зйомок[84]. Тому на першому етапі прив'язка виконувалася не за довільними об'єктами, а за координатами рамки аркуша, підписаними на самій карті. Для кожного аркуша окремо зчитувалися координати кутів рамки: верхнього лівого, верхнього правого, нижнього правого та нижнього лівого. Широта використовувалася без перерахунку, а довгота, підписана від меридіана Ферро, перераховувалася в довготу від Гринвіча.

Розрахунок виконувався за формулою:

λ Greenwich = λ Ferro – 17°39′46,02″.

Далі було перераховано координати кожного з листів на грінвічські координати:

Аркуш «КОЛОМИЯ» (Pas 10, Słup XIII)
Північно-західний кут: DMS: 48° 45' 00" N, 24° 50' 14" E
Північно-східний кут: DMS: 48° 45' 00" N, 25° 20' 14" E
Південно-західний кут: DMS: 48° 30' 00" N, 24° 50' 14" E
Південно-східний кут: DMS: 48° 30' 00" N, 25° 20' 14" E
Аркуш «КУТИ» (Pas 11, Słup XIII)
Північно-західний кут: DMS: 48° 30' 00" N, 24° 50' 14" E
Північно-східний кут: DMS: 48° 30' 00" N, 25° 20' 14" E
Південно-західний кут: DMS: 48° 15' 00" N, 24° 50' 14" E
Південно-східний кут: DMS: 48° 15' 00" N, 25° 20' 14" E
Аркуш «СНЯТИН» (Pas 11, Słup XIV)
Північно-західний кут: DMS: 48° 30' 00" N, 25° 20' 14" E
Північно-східний кут: DMS: 48° 30' 00" N, 25° 50' 14" E
Південно-західний кут: DMS: 48° 15' 00" N, 25° 20' 14" E
Південно-східний кут: DMS: 48° 15' 00" N, 25° 50' 14" E

Однак лише координатної прив'язки для таких історичних матеріалів недостатньо. Це пов'язано з кількома чинниками: деформацією паперової основи під час зберігання, можливими похибками сканування, локальними

[83] Molnár G., Timár G. Mosaicking of the 1 : 75 000 sheets of the Third Military Survey of the Habsburg Empire. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*. 2009. Vol. 44, No. 1. P. 115–120. URL: https://real.mtak.hu/82177/.

[84] Timár G., Biszak S., Székely B., Molnár G. Digitized Maps of the Habsburg Military Surveys – Overview of the Project of ARCANUM Ltd. (Hungary). Preservation in Digital Cartography. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2010. P. 273–283.

особливостями історичної проєкції та невідповідністю між давньою геодезичною основою і сучасними системами координат. Тому після первинної прив'язки за координатами виконувалася додаткова доприв'язка за стабільними орієнтирами на місцевості. Такий підхід відповідає загальним принципам геоприв'язки растрових матеріалів, згідно з якими точність результату залежить від якості та рівномірності розміщення контрольних точок[85].

Джерелом додаткових розбіжностей між історичною і сучасною картографічною основою є також відмінності самих геодезичних систем відліку. Карти «Геологічного атласу Галичини» побудовані на еліпсоїді Бесселя 1841 р. і датумі Hermannskogel, тоді як топографічні карти Генерального штабу масштабу 1 : 100 000 використовують систему координат 1942 р. з еліпсоїдом Krassowsky 1940, а сучасний супутниковий знімок Sentinel-2 – загальноземний еліпсоїд WGS 84. Кожна із цих геодезичних основ характеризується власними параметрами еліпсоїда (великою піввіссю та стисненням) і власним положенням центра відносно фізичного центра мас Землі, тому пряме накладання об'єктів, координати яких визначені в різних системах, без відповідного перетворення призводить до систематичного просторового зсуву, що для територій такого масштабу може сягати десятків і навіть сотень метрів. Саме тому в цьому дослідженні кожен історичний і сучасний матеріал послідовно приводився до єдиної робочої системи координат проєкту через комбінацію математичного перерахунку (для довгот від меридіана Ферро) і геоприв'язки за контрольними точками (для компенсації решти систематичних і випадкових розбіжностей), а не через пряме накладання різнорідних матеріалів.

Для доприв'язки використовувалися об'єкти, положення яких із високою імовірністю залишалося стабільним упродовж тривалого часу. До таких орієнтирів належали старі церкви, костели, монастирі, історичні громадські споруди, залізничні станції, перехрестя давніх доріг у центральних частинах населених пунктів, окремі мости та інші інфраструктурні об'єкти, які можна було впевнено ідентифікувати як на історичній карті, так і на сучасній топографічній або супутниковій основі. Русла річок як опорні точки не використовувалися, оскільки саме їхнє планове положення є предметом аналізу. Використання русел як контрольних точок могло б штучно зменшити реальні відмінності між історичним і сучасним положенням водотоків.

[85] Fundamentals of georeferencing a raster dataset. ArcMap Documentation. Esri. URL: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/fundamentals-for-georeferencing-a-raster-dataset.htm.

У середовищі ArcGIS для кожного аркуша створювалася таблиця контрольних точок. Спочатку задавалися точки кутів рамки карти, перераховані з довгот від Ферро до довгот від Гринвіча, а потім додавалися точки уточнення за орієнтирами на місцевості. Контрольні точки розміщувалися рівномірно по площі аркуша, щоб уникнути ситуації, коли одна частина карти прив'язана добре, а інша має значні просторові відхилення. Особлива увага приділялася периферійним частинам аркуша, оскільки саме там деформації історичних сканів часто проявляються найбільш помітно.

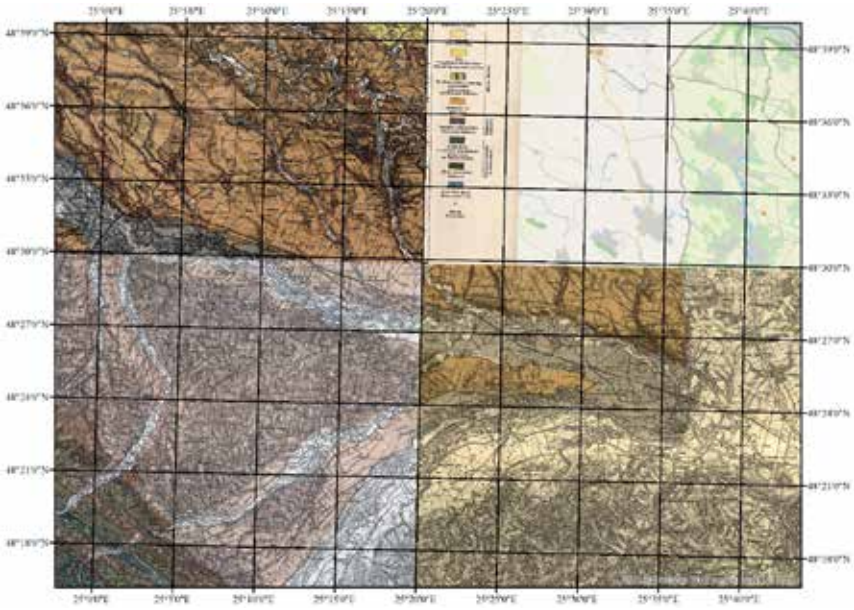


Рис. 4. Результат геоприв'язки аркуша з «Геологічного атласу Галичини» масштабу 1 : 75 000 із нанесеною координатною сіткою

Після нанесення контрольних точок оцінювалися залишкові похибки. Точки з надмірними відхиленнями переглядалися, уточнювалися або вилучалися, якщо їх відповідність сучасному об'єкту була сумнівною. Для відносно рівних і якісно відсканованих аркушів використовувалася афінна або проєктивна трансформація. Якщо ж аркуш мав помітні локальні деформації, застосовувалася трансформація типу Spline або Adjust. Згідно з документацією Esri, Spline-трансформація забезпечує високу локальну відповідність у контрольних точках, однак її використання потребує

достатньої кількості якісних контрольних точок і не завжди гарантує однакову точність на ділянках між ними[86]. Тому вибір типу трансформації здійснювався з урахуванням якості скану, кількості контрольних точок і просторового розподілу залишкових похибок. Остаточний результат зберігався як геоприв'язаний растровий файл, придатний для подальшого дешифрування руслової мережі.

Принципова відмінність між афінною (проєктивною) і сплайновою трансформаціями полягає в характері математичної моделі, яка описує перехід від вихідних координат растра до координат картографічної проєкції: афінна трансформація є глобальною лінійною моделлю, що застосовує до всього растра єдиний набір коефіцієнтів масштабування, повороту й зсуву, тоді як сплайнова трансформація є локальною, гумоподібною («rubber-sheeting») моделлю, яка може по-різному деформувати різні ділянки растра відповідно до розташування найближчих контрольних точок. Для добре збережених, відносно недеформованих сканів історичних карт афінна трансформація зазвичай є достатньою і має перевагу в передбачуваності результату на ділянках поза контрольними точками. Натомість для аркушів із помітними локальними деформаціями паперової основи – типовими для матеріалів кінця XIX – початку XX ст., що зберігалися впродовж понад століття, саме локальна сплайнова трансформація дає змогу компенсувати нерівномірне «викривлення» різних частин аркуша, хоча й потребує ретельнішого контролю точності на ділянках, віддалених від найближчих контрольних точок.

Наступним етапом опрацьовувалися топографічні карти Генерального штабу. На відміну від аркушів «Геологічного атласу Галичини», ці карти мають чітко виражену координатну рамку та кілометрову сітку, тому їх прив'язка виконувалася переважно за координатами. Для кожного аркуша визначалися координати кутів рамки або перетинів кілометрової сітки, після чого ці точки вводилися як контрольні у модулі Georeferencing. Такий спосіб дав змогу виконати просторове узгодження карт Генерального штабу без додаткової інтерпретації нестабільних природних об'єктів. Після виконання геоприв'язки ці карти трансформувалися до єдиної робочої системи координат проєкту, що забезпечило їх сумісність із геоприв'язаними історичними аркушами та сучасним супутниковим зображенням.

Прив'язка аркушів M-35-123 «Коломыя» та M-35-124 «Снятын» виконувалася з урахуванням їхньої математичної основи та регулярної картографічної сітки. Оскільки ці карти Генерального штабу масштабу

[86] Overview of georeferencing. ArcGIS Pro Documentation. Esri. URL: https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/help/data/imagery/overview-of-georeferencing.html.

1 : 100 000 створені в системі координат 1942 р., для їх просторового задання в ГІС-середовищі використовувалася система Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5, що відповідає території дослідження в межах 24°–30° сх. д.[87]. Контрольними точками для геоприв'язки були кути рамки аркушів та перетини кілометрової сітки, координати яких зчитувалися безпосередньо з картографічного зображення.



Рис. 5. Геоприв'язані аркуші топографічних карт Генерального штабу (M-35-123 та M-35-124) масштабу 1 : 100 000 із нанесеною координатною сіткою

Після введення контрольних точок виконувалася трансформація растрових зображень у робочу систему координат проєкту. Для перевірки правильності прив'язки зіставлялося положення рамок суміжних аркушів, гідрографічної мережі, населених пунктів, доріг і залізниць. Особлива увага приділялася зоні стику аркушів по меридіану 25°30′ сх. д., оскільки саме тут перевірялася просторова узгодженість карт M-35-123 і M-35-124. Після контролю похибок обидва аркуші використовувалися як єдина топографічна основа для подальшого оцифрування русел річок.

[87] EPSG Geodetic Parameter Dataset. Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5. EPSG:28405. URL: https://epsg.io/28405.

Перевірка узгодженості на стику суміжних аркушів є стандартною процедурою контролю якості для будь-якого багатоаркушевого картографічного набору, оскільки навіть незначні розбіжності в геоприв'язці кожного окремого листа здатні призвести до помітного «розриву» лінійних об'єктів, що перетинають межу аркушів, зокрема головного русла Пруту в тій частині досліджуваної ділянки, де воно проходить через зону стику М-35-123 і М-35-124. У цьому дослідженні контроль виконувався шляхом візуального зіставлення й вимірювання зсуву між відповідними елементами гідрографічної мережі та транспортної інфраструктури по обидва боки лінії стику; за відсутності суттєвого зсуву (у межах прийнятної для масштабу 1 : 100 000 похибки) обидва аркуші вважалися придатними для подальшого спільного використання як єдиної безшовної картографічної основи без додаткової корекції.

Окремим етапом до проєкту додавався сучасний супутниковий знімок Sentinel-2, завантажений через Copernicus Browser. Для досліджуваної території використовувався знімок у системі WGS 84 / UTM zone 35N, що відповідає проєкції EPSG:32635. Вибір цієї системи координат є обґрунтованим, оскільки продукти Sentinel-2 рівнів L1C і L2A поширюються як ортотрансформовані тайли в проєкції UTM/WGS84[88]. У Copernicus Browser завантаження зображення виконувалося через режим Analytical, який дає змогу експортувати дані у форматі GeoTIFF та вибирати параметри роздільної здатності й системи координат перед завантаженням[89].

Для потреб візуального дешифрування русла обиралася композиція каналів видимого діапазону з просторовою розрізненістю 10 м на піксель, що є найвищою деталізацією, доступною для основних спектральних каналів Sentinel-2 (синього, зеленого, червоного та ближнього інфрачервоного). Така роздільна здатність є цілком достатньою для впевненого візуального розпізнавання головного русла Пруту, великих островів, побічнів і ширших рукавів, ширина яких перевищує кілька десятків метрів, однак вона накладає природне обмеження на можливість дешифрування найдрібніших руслових форм, порівнянних за розміром з одним пікселем зображення. Це обмеження є симетричним до обмеження картографічної генералізації історичних і топографічних карт, розглянутого вище, і його врахування дає змогу коректно зіставляти рівень деталізації сучасного та історичних часових зрізів, не приписуючи одному джерелу вищу інформативність, ніж це дозволяє його власна просторова розрізненість.

[88] S2 Products. SentiWiki – Copernicus. URL: https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-products.

[89] About the Browser. Copernicus Data Space Ecosystem Documentation. URL: https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Applications/Browser.html.

На відміну від історичних карт, супутниковий знімок Sentinel-2 уже містив просторову прив'язку, тому його не потрібно було трансформувати за опорними точками. Після додавання знімка до проєкту перевірялася його система координат, коректність накладання на сучасну базову карту та просторове узгодження з уже прив'язаними історичними матеріалами. Усі растрові матеріали, використані в дослідженні, приводилися до єдиної робочої системи координат WGS 84 / UTM zone 35N, що забезпечило можливість коректного зіставлення різночасових положень русел.

Після завершення просторової прив'язки картографічних і супутникових матеріалів створювалися окремі векторні шари у форматі shapefile. Для уникнення змішування різночасової інформації шари формувалися окремо за кожним типом джерела. Окремий shapefile створювався для русел, дешифрованих з аркушів «Геологічного атласу Галичини»; окремий – для русел, оцифрованих із топографічних карт Генерального штабу; окремий – для сучасного положення русел, визначеного за знімком Sentinel-2. Такий підхід дав змогу чітко розмежувати джерела інформації та забезпечити подальший коректний порівняльний аналіз.

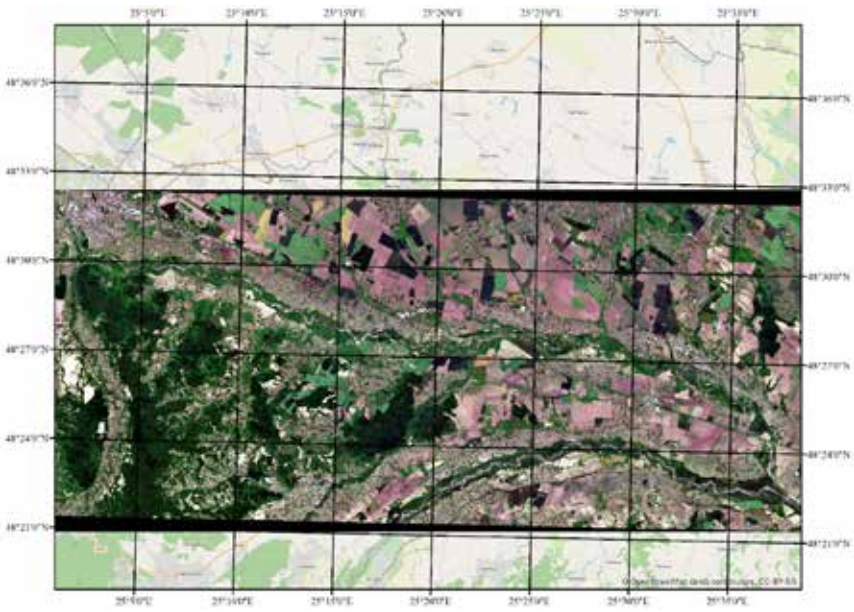


Рис. 6. Супутниковий знімок Sentinel-2 від 18.06.2025 у межах досліджуваної ділянки з нанесеною координатною сіткою

Оцифрування русел виконувалося вручну в режимі редагування. Для кожного шару створювалася атрибутивна таблиця, у якій фіксувалися назва річки, тип джерела, назва аркуша або знімка, рік або період створення матеріалу, масштаб карти, система координат, спосіб прив'язки та примітки щодо якості дешифрування. Під час окреслення русел з історичних карт основна увага приділялася саме топографічному зображенню водотоку, а не геологічним межам чи кольоровим площам, нанесеним на карту. Для карт Генерального штабу русла оцифровувалися за картографічним знаком водного об'єкта. Для знімка Sentinel-2 сучасне положення русла визначалося за фактичним положенням водної поверхні та морфологічними ознаками руслової зони.

Структура атрибутивної таблиці проєктувалася таким чином, щоб забезпечити не лише зберігання довідкової інформації про джерело, а й можливість подальшого автоматизованого групування та вибірки об'єктів під час аналізу. Окремі поля відводилися під ідентифікатор часового зрізу (що дало змогу швидко відфільтрувати об'єкти одного періоду для окремого перегляду чи overlay-операції), тип руслового елемента (головне русло, рукав, острів, стариця), а також якісну оцінку впевненості дешифрування (висока, середня, низька), яка присвоювалася кожному оцифрованому сегменту залежно від чіткості зображення джерела на відповідній ділянці. Такий рівень деталізації атрибутивної інформації є важливим для подальшої інтерпретації результатів: ділянки з низькою впевненістю дешифрування, наприклад через нечіткість друку на історичному аркуші або хмарність на окремих фрагментах супутникового знімка, розглядалися окремо й не використовувалися як самостійна підстава для висновків про інтенсивні планові переформування без додаткового підтвердження іншими джерелами.

Під час векторизації враховувалися головне русло, рукави, меандри, ділянки розгалуження, стариці, спрямлені відрізки та зони помітного зміщення русла. Якщо на карті або знімку русло мало складну багаторукавну будову, оцифрування виконувалося з максимальним збереженням планової конфігурації водотоку. На сумнівних ділянках рішення про положення лінії русла приймалося з урахуванням масштабу джерела, чіткості зображення, наявності заплавних форм і суміжних картографічних ознак.

Для розгалужених ділянок русла, де кілька рукавів мають приблизно однакову ширину й неможливо однозначно визначити «головний» рукав виключно за візуальними ознаками джерела, застосовувалося правило пріоритетності: як головне русло оцифровувався той рукав, який зберігав наскрізну прохідність і найбільшу ширину на всій довжині розгалуженої ділянки, тоді як другорядні рукави фіксувалися в атрибутивній таблиці окремою категорією. Це рішення є свідомим методологічним спрощенням

складної багаторукавної морфології, яке уможливлює послідовне порівняння положення «головного» русла між часовими зрізами, однак не применшує значення другорядних рукавів для якісного аналізу руслової динаміки: вони так само залишаються в базі даних і можуть бути окремо проаналізовані, зокрема для виявлення випадків, коли колишній другорядний рукав із часом перетворювався на головне русло, що саме по собі є однією з форм планового переформування, характерною для розгалужених ділянок Пруту.

Завершальним етапом була перевірка топологічної та просторової узгодженості створених векторних шарів. Перевірялися розриви ліній, випадкові дублювання, самоперетини, помилки напрямку оцифрування та невідповідності між сусідніми фрагментами русла. Після цього всі шари використовувалися для порівняльного аналізу планового положення русел у різні часові зрізи. Запропонована методика дала змогу поєднати історичні картографічні джерела, топографічні карти Генерального штабу й сучасні супутникові дані в єдиному ГІС-середовищі та створити основу для виявлення ділянок планових переформувань русел річок.

Вибір саме векторної, а не растрової моделі даних для представлення русла в цьому дослідженні є методологічно обґрунтованим рішенням. Векторна модель, на відміну від растрової, зберігає геометрію об'єкта у вигляді координат вершин ліній або полігонів, а не у вигляді сітки комірок з однаковим значенням атрибута, що робить її придатнішою для точного вимірювання довжини, площі та відстаней між об'єктами різних часових зрізів, необхідних, зокрема, для обчислення швидкості бічного зміщення русла. Крім того, векторний формат shapefile дає змогу приєднувати до кожного оцифрованого об'єкта детальну атрибутивну інформацію (джерело, дату, тип елемента), тоді як для растрової моделі подібна деталізація потребувала б окремого набору тематичних шарів. Водночас растрові дані – самі скановані карти та супутниковий знімок – залишалися основою для проведення власне процесу дешифрування, оскільки саме в растровому вигляді зберігається вихідна візуальна інформація про місцевість. Таким чином, у цьому дослідженні растрова й векторна моделі даних використовувалися не як альтернативи, а як послідовні етапи одного технологічного циклу – від первинного растрового зображення до узагальненого векторного шару, придатного для просторового аналізу.

Отже, опрацювання картографічного матеріалу – від геоприв'язки різночасових джерел до створення й порівняння векторних шарів русла – становить цілісний методологічний цикл, кожен етап якого безпосередньо впливає на достовірність кінцевого результату. Поєднання історичних карт «Геологічного атласу Галичини», топографічних карт Генерального штабу та сучасного супутникового знімка Sentinel-2 в єдиному ГІС-середовищі дало

змогу сформувати послідовний 141-річний ряд спостережень за плановим положенням русла Пруту, придатний для виявлення як довготривалих тенденцій, так і локальних епізодів активізації руслових процесів.

Викладена методика, поєднана з увагою до контролю точності геоприв'язки, свідомого вибору контрольних точок поза самим руслом, обліку картографічної генералізації різних джерел, створює належну основу для коректної інтерпретації результатів оверлейного аналізу, наведених у наступному розділі.

3. Руслові переформування річки Прут у межах досліджуваної ділянки

Загальна довжина досліджуваної ділянки становить близько 55 км. Саме цей відрізок обрано тому, що він охоплює широку алювіальну долину Пруту із чергуванням активних і відносно стабільних ділянок русла, значною кількістю рукавів, алювіальних осередків, заплавних понижень і ділянок бічної ерозії. Крім того, у межах цієї частини долини розташована низка населених пунктів, заплавні території яких у різні історичні періоди могли зазнавати впливу руслових процесів.

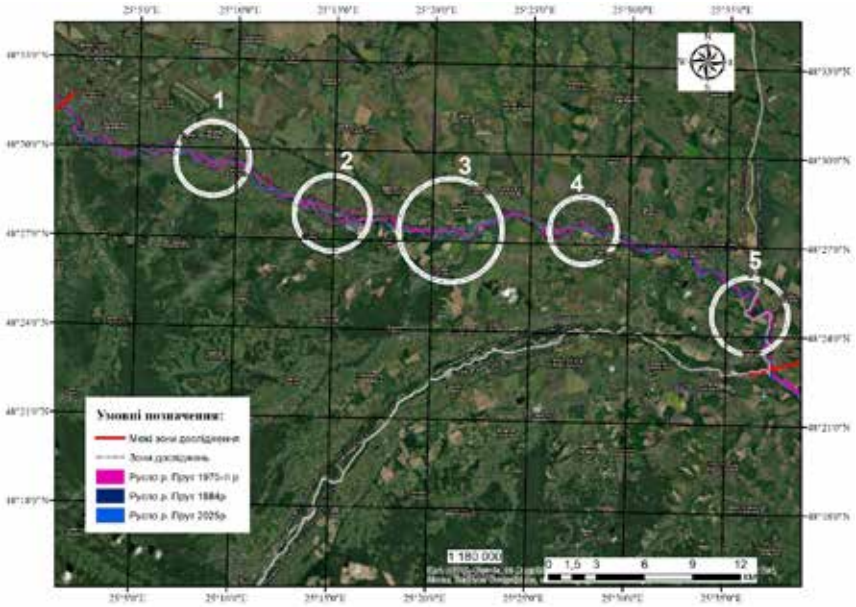


Рис. 7. Картосхема території дослідження р. Прут (ділянка від м. Коломия до гирла р. Черемош)

Для аналізу використано три основні групи матеріалів. Перший часовий зріз представлений історичними картографічними матеріалами 1884 р., які дають змогу відтворити стан русла наприкінці XIX ст., коли Прут мав більш природний, розгалужений і багаторукавний характер. Другий часовий зріз сформовано за топографічними картами Генерального штабу 1970-х років, які відображають стан русла після тривалого періоду природної міграції та початку активнішого господарського освоєння заплави. Третій часовий зріз представлений супутниковим знімком Sentinel-2 L2A за 2025 р., що дає змогу оцінити сучасне положення русла, ступінь його концентрації, спрямлення й обмеження інженерними спорудами.

Обраний період дослідження охоплює 141 рік – від 1884 до 2025 р. Такий часовий інтервал є достатнім для виявлення довготривалих тенденцій руслової еволюції: зміщення русла в межах заплави, зміни багаторукавності, звуження активної смуги руслоформування, стабілізації алювіальних поверхонь і впливу берегоукріплень. Порівняння трьох часових зрізів дає змогу простежити перехід від природно мобільного русла кінця XIX ст. до більш сконцентрованого та частково регульованого русла сучасного періоду. Проаналізувавши всю визначену територію дослідження, ми вибрали 5 найбільш унікальних ділянок для оверлейного аналізу, які описані нижче.

Вибір саме 141-річного інтервалу для порівняльного аналізу відповідає загальному методологічному принципу, згідно з яким довжина ряду спостережень має перевищувати характерний часовий масштаб досліджуваного процесу: планові переформування русла гірських і передгірних річок, до яких належить Прут, розвиваються переважно впродовж десятиліть, тому лише багаторічний, а не одноразовий чи короткостроковий ряд картографічних матеріалів дає змогу відрізнити стійкі тенденції руслової еволюції від тимчасових, оборотних коливань положення берегової лінії в межах природної мінливості річища.

Першою є ділянка, яка охоплює фрагмент долини р. Прут у районі населених пунктів Тростянка, Залуччя, Перерив, Корнич і Матіївці, виконано оверлейний аналіз різночасових положень русла. Для порівняння використане русло, оцифроване з картографічного матеріалу 1884 р., русло, виділене за топографічною картою 1970-х років, а також сучасний стан руслової зони, візуально інтерпретований за супутниковим знімком Sentinel-2 2025 р. Накладання цих матеріалів дає змогу простежити не лише зміну положення головного русла, а й загальну трансформацію багаторічної смуги руслоформування – від широкого багаторукавного русла із численними алювіальними осередками до більш сконцентрованого сучасного водотоку.

Перш ніж переходити до опису результатів по кожній із п’яти ділянок, варто нагадати методологічне застереження, викладене в другому розділі цієї роботи: наведені в подальшому оцінки амплітуди зміщення русла отримані шляхом візуального зіставлення оцифрованих контурів різночасових джерел і мають орієнтовний, а не інструментально вивірений характер. Це зумовлено як картографічною генералізацією історичних і топографічних матеріалів, так і принциповою відмінністю їхньої вихідної точності порівняно з сучасним супутниковим знімком. Тому наведені величини зміщення слід розглядати передусім як індикатори відносної інтенсивності руслових деформацій на різних ділянках і між різними часовими проміжками, що дають змогу порівнювати ділянки між собою та виявляти загальні тенденції, а не як абсолютно точні метричні характеристики, придатні для інженерних розрахунків без додаткової польової верифікації.

За картою 1884 р. русло р. Прут у межах цієї ділянки мало виразно розгалужений, розпластаний і багаторукавний характер. На картографічному зображенні (рис. 8) та за результатами векторизації простежується широка смуга руслоформування, у межах якої головний потік поділявся на кілька рукавів, між якими формувалися алювіальні острови, коси та заплавно-руслові осередки. Такий тип русла характерний для ділянок із підвищеною рухомістю наносів, значною роллю паводкових витрат і активною перебудовою руслової форми. У цей період Прут займав не вузьку лінійну позицію, а широку динамічну смугу, у межах якої відбувалося постійне перерозподілення потоку між рукавами. Саме така конфігурація свідчить про високу природну мобільність русла та про те, що заплава в цей час була тісно пов’язана з активними русловими процесами.

На відміну від стану 1884 р., русло 1970-х років уже має значно простішу планову структуру. За результатами накладання видно, що воно переважно набуває дворукавного характеру, а частина колишніх рукавів і алювіальних осередків, які фіксуються на карті 1884 р., уже не простежуються як активні елементи руслової мережі. Це свідчить про звуження активної смуги руслоформування, зменшення кількості проток і часткову деградацію багаторукавної системи. Подібна тенденція узгоджується з раніше застосованим підходом до аналізу планових руслових трансформацій, у межах якого скорочення ширини багаторічної смуги руслоформування розглядається як один із ключових індикаторів стабілізації та антропогенно-природної перебудови русла. У випадку цієї ділянки можна говорити про перехід від широкого розгалуженого русла до більш сконцентрованого, але ще не повністю однорукавного руслового типу.

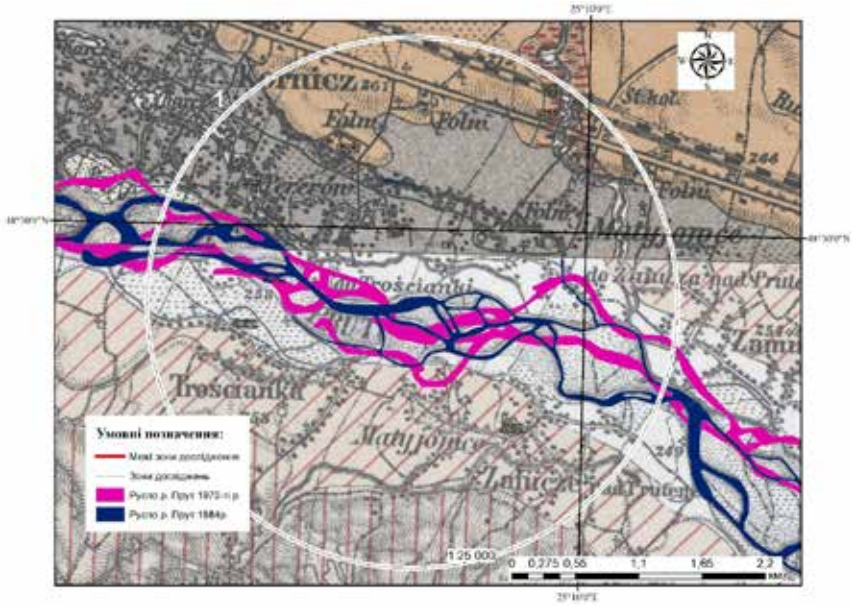


Рис. 8. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах ділянки дослідження 1 на карті 1884 року

Оверлейне зіставлення русел 1884 р. і 1970-х років також фіксує суттєві латеральні зміщення русла. Найвиразніше вони проявляються в районі Залуччя та Матіївців. У районі с. Залуччя, на правобережній частині долини, за результатами візуального зіставлення спостерігається зміщення активної руслової зони орієнтовно до 200 м. Це свідчить про дію бічної ерозії, унаслідок якої річка могла поступово зрізати край заплави та наближатися до територій, які на карті 1884 р. були пов'язані з господарським або поселенським використанням. На протилежному, матіївецькому боці долини амплітуда планового зміщення місцями сягає орієнтовно 300 м (рис. 8). Тут на історичній карті позначені елементи забудови або периферійні частини населеного пункту. Це дає підстави трактувати відповідні відрізки як ділянки підвищеної історичної небезпеки бічного розмиву.

Причиною таких змін, найімовірніше, була сукупна дія природних паводкових процесів і подальшого антропогенного перетворення долини. За майже 90-річний проміжок між картографічними зрізами 1884 р. і 1970-х років у басейні Пруту неодноразово могли проходити паводкові хвилі, здатні активізувати бічну ерозію, прориватися окремі

рукави, змінювати положення головного потоку та переорієнтовувати руслові потоки в межах заплави. Водночас у другій половині XX ст. на руслові процеси дедалі більше впливали господарське освоєння заплави, транспортна інфраструктура, локальні берегоукріплення, регулювання русла та зменшення простору для вільної міграції потоку. У сукупності ці чинники сприяли звуженню активної смуги руслоформування та поступовій концентрації стоку в меншій кількості рукавів.

За відсутності проміжних картографічних зрізів між 1884 і 1970-ми роками неможливо однозначно розмежувати частку природної та антропогенної складової в зафіксованій перебудові русла на цій ділянці, і це методологічне обмеження варто чітко визнавати, а не намагатися штучно усунути шляхом довільного розподілу спостереженого зміщення між причинами. Водночас непрямим аргументом на користь істотної ролі саме природної морфодинаміки, а не суто антропогенного регулювання, є те, що характер зафіксованих змін – перехід від багаторукавного до менш розгалуженого русла, зміщення динамічної осі потоку, часткова деградація другорядних рукавів – повністю узгоджується із загальнотеоретичною моделлю природної еволюції розгалужених річищ, розглянутою в першому розділі, і не потребує обов'язкового залучення антропогенного чинника як єдиного пояснення. Найімовірнішим є поєднання обох груп чинників, що діяли в одному напрямі: природна тенденція розгалуженого русла до консолідації посилювалася паралельним господарським освоєнням долини.

Сучасний стан, відображений на супутниковому знімку Sentinel-2 за 2025 р. (рис. 9), демонструє подальший розвиток цієї тенденції. Русло р. Прут у межах ділянки 1 є значно більш сконцентрованим, переважно однорукавним і помірно меандруючим. Більша частина колишньої широкої багаторукавної смуги, яка добре простежується на карті 1884 р., у сучасному вигляді зайнята заплавною рослинністю, сільськогосподарськими угіддями або стабілізованими алювіальними поверхнями. Окремі залишки давніх рукавів і понижень можуть зберігатися в морфології заплави, однак вони вже не функціонують як активні елементи постійного русла. Це свідчить про перехід від руслової системи з високою внутрішньою розгалуженістю до русла з обмеженою латеральною рухомістю.

Виявлена на цій ділянці послідовність – від широкого багаторукавного русла 1884 р. через дворукавний стан 1970-х років до переважно однорукавного сучасного русла – узгоджується із загальнотеоретичним уявленням про розгалужені річища як морфологічно найменш стійкий тип русла, схильний за сприятливих умов (зменшення надходження наносів, обмеження простору для латеральної міграції) до поступової консолідації в менш розгалужену форму. Розглянута в першому розділі цієї роботи

концепція потужності потоку дає змогу пояснити цю тенденцію: концентрація стоку в одному руслі замість кількох рукавів підвищує питому потужність потоку на одиницю ширини річища, що сприяє самопідтримуваному поглибленню й стабілізації головного русла через відмирання другорядних проток.

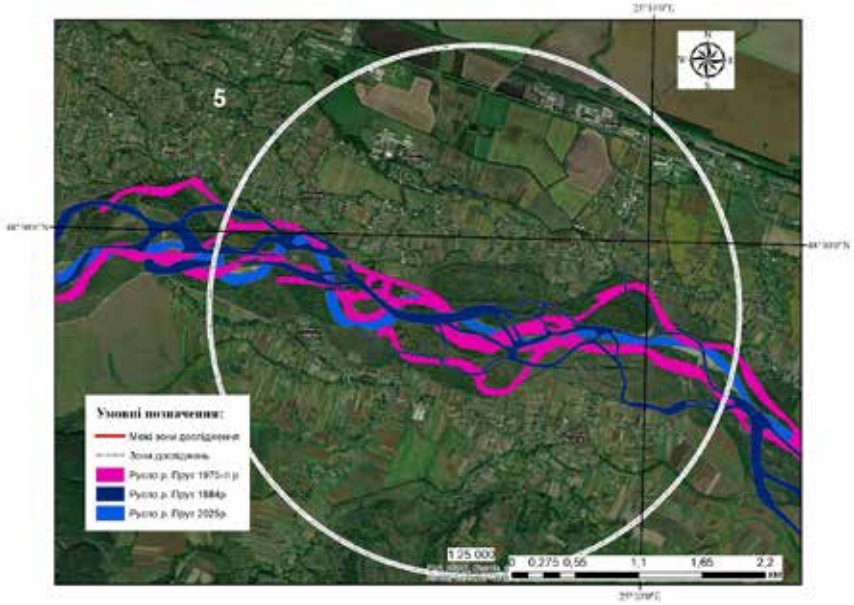


Рис. 9. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах ділянки дослідження 1 на знімку Sentinel L2A

Ділянка дослідження № 2 розміщена нижче за течією від попередньої ділянки й охоплює фрагмент долини р. Прут між селами Троїця на правому березі та Борщів, Лісний Борщів і Хлібичин на лівому березі. За матеріалами 1884 р. русло р. Прут у межах цієї ділянки мало складну багаторукавну будову. Воно було розгалуженим, широким, із кількома активними протоками, алювіальними осередками, островами та заплавно-русловими пониженнями. Характерною особливістю цього стану було правобережне притиснення русла: значна частина активного потоку тяжіла до правобережної частини долини, у напрямку с. Троїця. Така конфігурація свідчить про високу рухомість руслової системи, активний перерозподіл стоку між рукавами та значну роль паводкових витрат у формуванні планової структури русла.

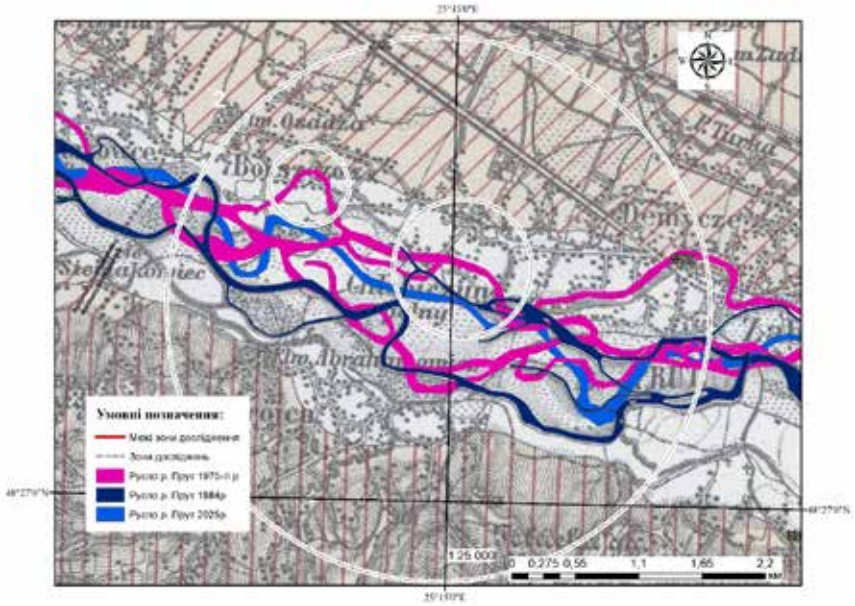


Рис. 10. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах сіл Троїця та Лісний Хлібичин на карті 1884 року (ділянка 2)

Порівняння з положенням русла 1970-х років показує істотну зміну напряму руслового впливу. Якщо у XIX ст. активна частина русла була більше зміщена до правого борту долини, то в 1970-х роках домінуюча руслова смуга перемістилася до лівобережної частини. Найвиразніше це простежується в межах с. Лісний Борщів, де русло 1970-х років розмиває лівий берег і заходить у простір, який на карті 1884 р. був пов'язаний із заплавною та частково освоєною територією. На оверлейній картосхемі видно, що лівобережна звивина, сформована в цей період, активно врізалася в заплаву (приблизно на 350 метрів), а її зовнішній берег працював як зона бічної ерозії. Оскільки на історичній карті в цій частині позначені окремі будівлі або елементи поселенської структури, а на сучасній супутниковій основі вони вже не простежуються, можна зробити висновок, що берегова ерозія між кінцем XIX ст. і 1970-ми роками могла призвести до втрати частини заплавної території та пошкодження або зникнення окремих об'єктів забудови.

Візуальне зіставлення положень русел дає підстави оцінювати амплітуду зміщення в цій частині приблизно до 150 метрів у межах Лісного Хлібичина. Найбільш виразним є зміщення руслової смуги 1970-х років

відносно сучасного положення: на космознімку 2025 р. видно дамбу, до якої підходить сучасне русло і яка фактично обмежує його подальшу міграцію в бік заплави. За результатами оверлейного аналізу можна стверджувати, що після 1970-х років берегоукріплювальна споруда відтиснула активне русло приблизно на 400 м від положення, характерного для 1970-х років.

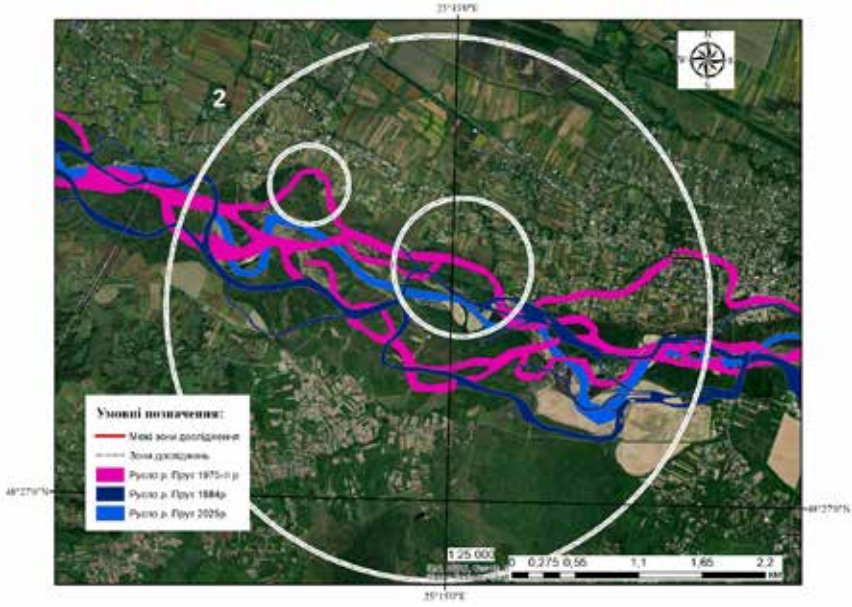


Рис. 11. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах сіл Троця та Лісний Хлібичин на знімку Sentinel L2A (ділянка 2)

Подібна ситуація простежується і в районі с. Хлібичин. Тут між положеннями русла 1884 р. і 1970-х років також фіксується розмив лівобережної частини заплави. За результатами візуального вимірювання амплітуда такого зміщення становить орієнтовно до 150 м. У цій частині русло 1970-х років також займає більш лівобережне положення порівняно з історичним руслом кінця XIX ст.

Використання елементів забудови, зафіксованих на історичній карті і відсутніх на пізніших джерелах, як непрямого свідчення берегової ерозії є методологічно виправданим прийомом, оскільки будівлі, на відміну від самого русла, не є об’єктом дослідження, а отже, не можуть підозрюватися в упередженому трактуванні дослідником: зникнення зафіксованого на карті об’єкта капітальної забудови в зоні, яку пізніше зайняло русло або

активна прируслова смуга, є незалежним індикатором, що підтверджує реальність зафіксованого зміщення берегової лінії, а не є артефактом самої процедури дешифрування чи геоприв'язки. Водночас варто зазначити, що причиною зникнення окремої будівлі на історичній карті теоретично можуть бути й інші чинники, не пов'язані з русловими процесами (наприклад, руйнування чи знесення з інших причин), тому такий непрямий доказ найбільш переконливий саме в поєднанні з узгодженим напрямом і масштабом зміщення самого русла, зафіксованим під час оверлейного аналізу контурів річища.

Морфологічне порівняння трьох часових зрізів показує загальну тенденцію до спрощення руслової системи. Русла 1884 р. і 1970-х років зберігають ознаки багаторукавності: на обох часових зрізах простежуються розгалуження, залишки проток, острови та складна внутрішня структура руслового поясу. Проте русло 1970-х років уже має іншу просторову організацію, оскільки головний потік змістився до лівого берега і сформував ерозійно активні звивини біля Борщева та Хлібичина. На відміну від цих двох історичних станів, русло 2025 р. є значно більш сконцентрованим, переважно однорукавним і частково спрямленим. У його плановій структурі виділяються лише окремі невеликі підковоподібні звивини, тоді як широка багаторукавна система, властива давнішим етапам, значною мірою втрачена або закріплена заплавною рослинністю й алювіальними відкладами.

Зафіксована на цій ділянці зміна напряму притиснення русла – від правобережного в 1884 р. до лівобережного в 1970-х роках – є показовим прикладом того, як розгалужене річище може перерозподіляти основний потік між рукавами навіть за відсутності суцільної перебудови всієї руслової смуги: досить, щоб один із другорядних рукавів отримав перевагу в пропускній здатності (наприклад, унаслідок локального заростання чи замулення протилежного рукава), і він поступово перебирає на себе функцію головного русла, тоді як колишнє головне русло деградує до другорядного або відмирає. Наявність берегоукріплювальної споруди, зафіксованої на сучасному супутниковому знімку і згаданої вище, ілюструє загальний механізм антропогенного обмеження руслової рухомості, розглянутий у першому розділі: жорстка інженерна споруда фіксує положення берега на конкретній ділянці, унаслідок чого подальша природна міграція русла в цьому місці стає неможливою, а вся енергія потоку, яка раніше витрачалася б на бічну ерозію, перерозподіляється на суміжні, незахищені відтинки річища.

Ділянка дослідження № 3 розташована нижче за течією р. Прут і охоплює фрагмент долини в районі с. Рудники на правому березі та сіл

Тулуків, Олешків і Любківці на лівому березі. Для її аналізу використано оверлейне накладання трьох різночасових положень русла: русла 1884 р., оцифрованого з історичної карти, русла 1970-х років, виділеного за топографічною картою Генерального штабу, та сучасного положення русла, інтерпретованого за супутниковим знімком Sentinel-2 за 2025 р. Накладання цих даних на історичну картографічну основу та сучасний космознімок дає змогу простежити особливості довготривалої руслової еволюції на цій ділянці.

На відміну від попередніх ділянок, ділянка 3 вирізняється відносно високою стійкістю русла. За результатами оверлейного аналізу видно, що загальний тип русла впродовж періоду від 1884 р. до 1970-х років зберігався без різкої перебудови. У всі розглянуті часові зрізи річка залишалася в межах близької за конфігурацією смуги руслоформування, а амплітуда планових зміщень не досягала таких значень, як на попередньо проаналізованих ділянках. Це свідчить про відносно стабільний характер руслових процесів і меншу інтенсивність латеральної міграції потоку.

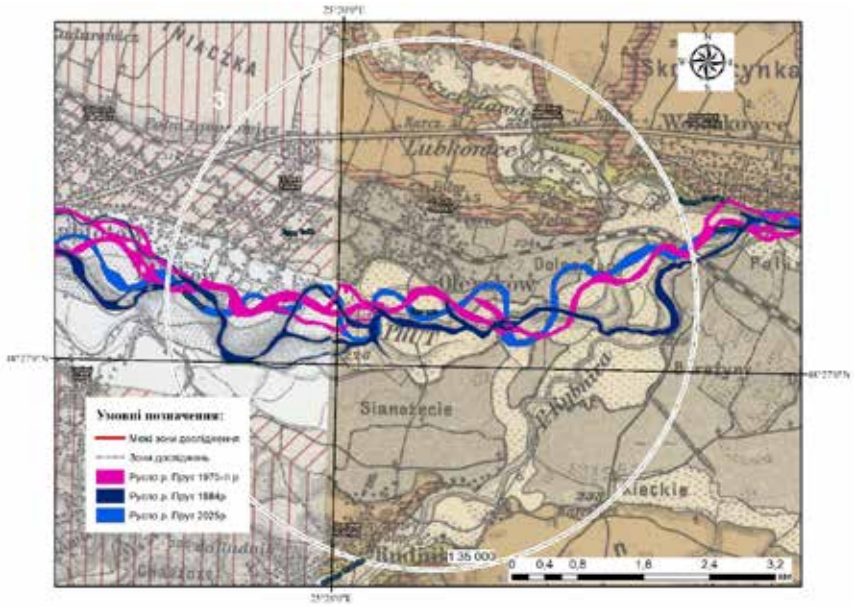


Рис. 12. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах ділянки дослідження 3 (район сіл Рудники, Тулуків, Олешків і Любківці)

Разом із тим певні зміни в плановому положенні русла все ж простежуються. Русло 1884 р. мало більш виражену правобережну притиснутість, тобто головний потік у той час тяжів до правої частини днища долини (рис. 12). У 1970-х роках ця особливість загалом зберігалася, хоча положення окремих рукавів і звивин дещо змінювалося в межах активної руслової смуги. Таким чином, між кінцем XIX ст. і другою половиною XX ст. не відбулося радикальної зміни руслового типу, а основні планові деформації мали локальний характер і проявлялися переважно в перерозподілі потоку між окремими відгалуженнями та в незначних зміщеннях берегової лінії.

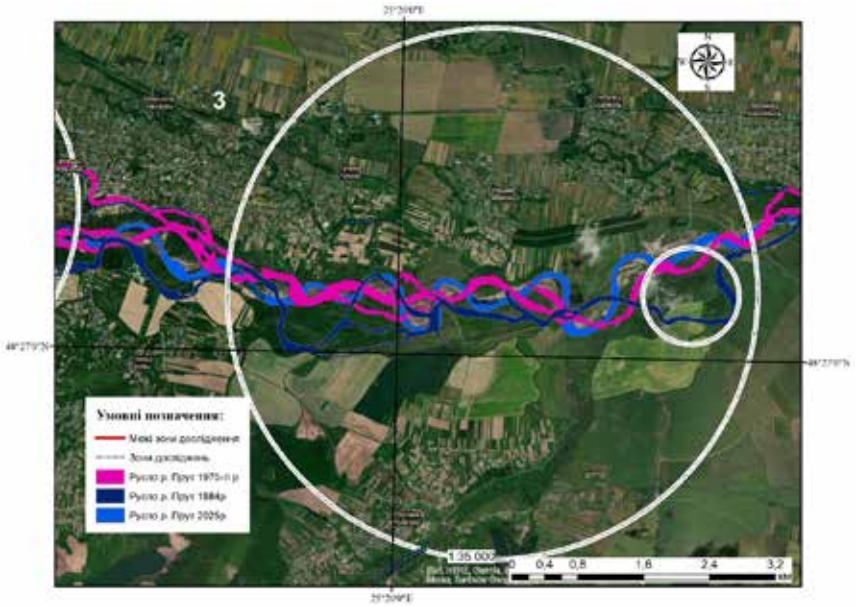


Рис. 13. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах сіл Рудники, Тулуків, Олешків і Любківці на знімку Sentinel L2A (ділянка 3)

Сучасне русло, виділене за знімком (рис. 13) Sentinel-2 2025 р., демонструє іншу важливу тенденцію – зростання концентрації стоку в межах одного основного русла. Порівняно з історичними станами 1884 р. і 1970-х років сучасне русло є помітно більш сконцентрованим уздовж усієї досліджуваної ділянки. Воно має меншу внутрішню розгалуженість, а активна руслова смуга є вужчою, ніж на попередніх часових зрізах.

Це свідчить про поступове спрощення морфологічної структури русла, скорочення ролі другорядних рукавів та загальну тенденцію до стабілізації руслового потоку.

Особливо показовою є ситуація поблизу с. Рудники (рис. 13, обведена кругом ділянку заплави). Оверлейний аналіз засвідчує, що в межах заплавної ділянки, де в 1884 р. проходило активне русло або один із його рукавів, у сучасний період сформувалася інша структура землекористування. На супутниковому знімку 2025 р. ця територія представлена ріллею, що свідчить про припинення її функціонування як активної частини руслової системи. Отже, колишня руслова або прибережно-заплавна поверхня була стабілізована, вийшла з зони постійного руслоформування та згодом була залучена до сільськогосподарського використання. Така трансформація є важливою ознакою зменшення руслової активності та поступового закріплення заплавної поверхні.

Ця особливість є практичною ілюстрацією загального положення, викладеного в першому розділі цієї роботи. Звідси, заплава є не статичним елементом долини, а динамічною частиною системи «потік – русло – заплава», спроможною послідовно переходити зі стану активної руслової форми до стабілізованої заплавної поверхні й далі, за умови припинення періодичного затоплення чи прямого впливу потоку, – до території, придатної для сільськогосподарського освоєння. Водночас перетворення колишньої руслової поверхні на ріллю має і зворотний бік для оцінки природної морфодинаміки річки, адже розорювання такої ділянки означає знищення природного рослинного покриву та мікрорельєфу, який міг би слугувати додатковим джерелом інформації про колишню конфігурацію русла, а також потенційно знижує протиерозійну стійкість цієї ділянки берега на випадок, якщо річка в майбутньому знову наблизиться до цієї частини долини під час проходження надзвичайно високих паводків.

У межах лівобережної частини ділянки, в районі сіл Тулуків, Олешків і Любківці, також не простежується значних катастрофічних зміщень русла. Основні деформації мають помірний характер і виражаються в локальному зміщенні окремих звивин та незначній перебудові внутрішньої структури руслового поясу. Це дає підстави трактувати цю ділянку як відносно стабільну порівняно з іншими відрізками Пруту, де фіксуються значно активніші прояви бічної ерозії, розгалуження та зміщення потоку в межах заплави.

Порівняно вища стійкість русла на ділянці 3 відносно ділянок 1 і 2 узгоджується із загальним принципом, згідно з яким інтенсивність планових переформувань річища визначається не лише гідрологічним режимом, спільним для всього досліджуваного відрізка Пруту,

а й локальними геолого-геоморфологічними умовами конкретної ділянки долини – шириною заплави, літологічною будовою берегів і ступенем обмеження русла схилами чи терасами. Трансформація колишньої руслової поверхні поблизу с. Рудники в орну землю, зафіксована під час зіставлення карти 1884 р. із сучасним знімком, є прикладом того самого процесу стабілізації алювіальних поверхонь, який на ділянці 1 проявився через заростання колишніх рукавів заплавною рослинністю: в обох випадках територія, що раніше входила до активної смуги руслоформування, вийшла із зони постійного впливу потоку і згодом була залучена до різних форм господарського використання, що є непрямим підтвердженням реальності описаних планових переформувань за незалежними ознаками землекористування, а не лише за контуром самого русла.

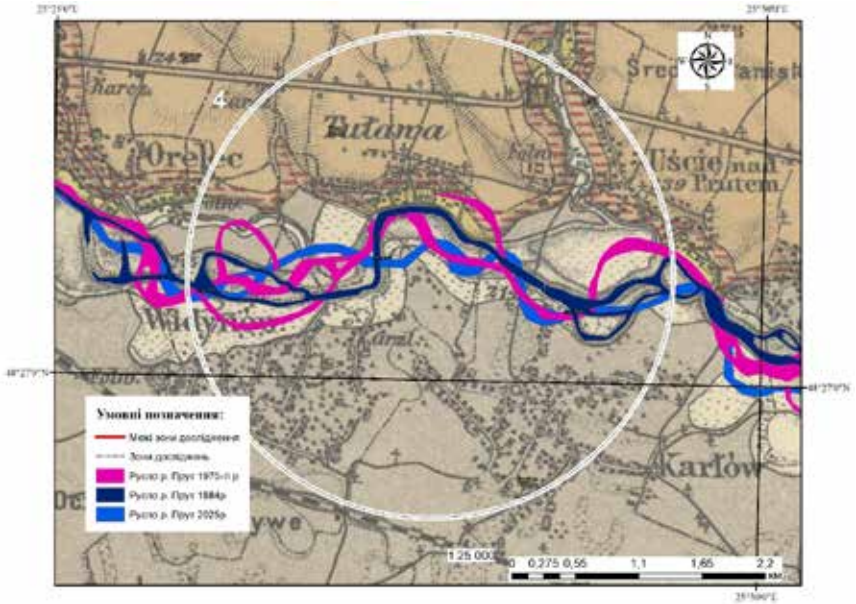


Рис. 14. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах сіл Тулова і Видинів на карті кінця XIX ст. (ділянка 4)

Ділянка дослідження № 4 розташована в межах широкої долини р. Прут між селами Тулова на лівому березі та Видинів на правому березі, поблизу м. Снятин. Загалом ділянка характеризується відносно спокійним перебігом руслових трансформацій. Між 1884 р. і 1970-ми роками не відбулося суттєвої перебудови ні загального положення русла, ні його

планового рисунка. Руслова смуга впродовж цього періоду зберігала близьку конфігурацію, а основні вигини та положення рукавів залишалися в межах тієї самої широкої долинної зони. Це свідчить про відносну стійкість русла на цьому відрізку та про відсутність різких латеральних зміщень, характерних для більш активних ділянок Пруту. Водночас оверлейний аналіз виявляє локальні зміни, пов'язані насамперед із бічною ерозією лівого берега.

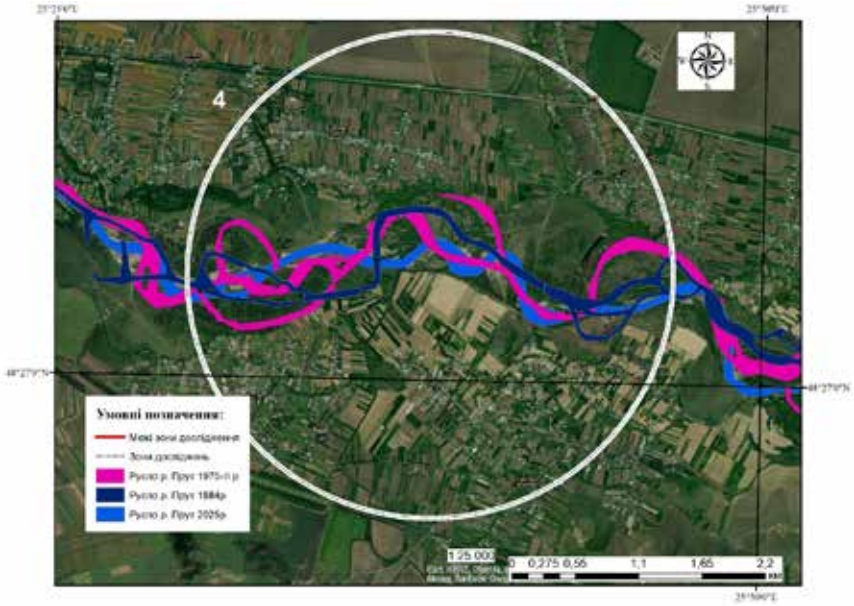


Рис. 15. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах сіл Тулова і Видинів на знімку Sentinel L2A (ділянка 4)

Найбільш помітні деформації простежуються поблизу с. Тулова, де між 1884 р. і 1970-ми роками відбувся локальний розмив. Цей процес, імовірно, був зумовлений поєднанням руслової динаміки та літологічних особливостей берега. З історичної карти 1884 р. видно, що відповідна ділянка пов'язана з відкладами кварцових пісків, пісковиків і глин, для яких у легенді карти зазначено характерну фауну молюсків. Такі відклади, особливо за умов зволоження та підмивання, могли бути відносно вразливими до бічної ерозії, що сприяло поступовому відступу берегової лінії.

Сучасний супутниковий знімок Sentinel-2 L2A підтверджує, що ця частина лівобережної заплави зазнала помітної трансформації. Хоча

сам знімок відображає лише сучасний стан місцевості, його зіставлення з історичною картою та топографічним матеріалом 1970-х років дає підстави вважати, що основний етап розмиву відбувся саме в проміжку між кінцем XIX ст. і другою половиною XX ст. У межах цієї ділянки на карті 1884 р. (рис. 14) фіксується забудова вздовж прибережної вулиці, тоді як на сучасному зображенні частина цієї забудови вже не простежується. Це дає змогу припустити, що ерозійний процес призвів до руйнування частини вулиці та кількох будинків, розташованих поблизу активного берега.

Як і у випадку з ділянкою 2, тут застосовано той самий принцип непрямого підтвердження берегової ерозії через зіставлення забудови, зафіксованої на історичній карті, з її відсутністю на сучасних матеріалах. Збіг двох незалежних ліній свідчень на цій ділянці – літологічної вразливості берега, з одного боку, і зникнення прибережної забудови, з іншого, – суттєво підвищує достовірність висновку про активний розмив саме в цьому локальному осередку, а не лише в межах статистичної похибки дешифрування історичних матеріалів.

Порівняння з руслом 2025 р. показує, що в сучасний період Прут у межах ділянки 4 залишається в загалом близькому положенні до історичної смуги руслоформування, хоча сучасне русло є дещо більш сконцентрованим.

Зафіксований на цій ділянці зв’язок між літологічною будовою берега (відкладами кварцових пісків, пісковиків і глин, зазначеними на карті 1884 р.) та локалізацією найпомітнішого розмиву поблизу с. Тулова є конкретним прикладом загальної закономірності, згаданої в першому розділі цієї роботи: ділянки долини, складені пухкими піщано-глинистими відкладами, є більш вразливими до бічної ерозії, ніж відтинки зі стійкішими породами чи закріпленими берегами. Це підтверджує доцільність спільного розгляду геологічної основи долини та результатів оверлейного аналізу планових деформацій, а не їх окремої, ізольованої інтерпретації: саме літологічна вразливість конкретного відтинка берега пояснює, чому в межах загалом відносно спокійної ділянки 4 виник локалізований осередок активнішого розмиву, тоді як решта ділянки зберігала близьку до історичної конфігурацію руслової смуги.

Ділянка дослідження № 5 розташована в межах долини р. Прут між селами Завалля на правому березі та Оршівці на лівому березі. Зіставлення різночасових картографічних матеріалів показує, що ця ділянка належить до відносно стабільних відрізків русла Пруту (рис. 16).

Упродовж усього досліджуваного періоду загальний плановий рисунок русла тут залишався майже без змін. Русло 1884 р., русло 1970-х років і сучасне русло 2025 р. розміщені в межах близької смуги руслоформування.

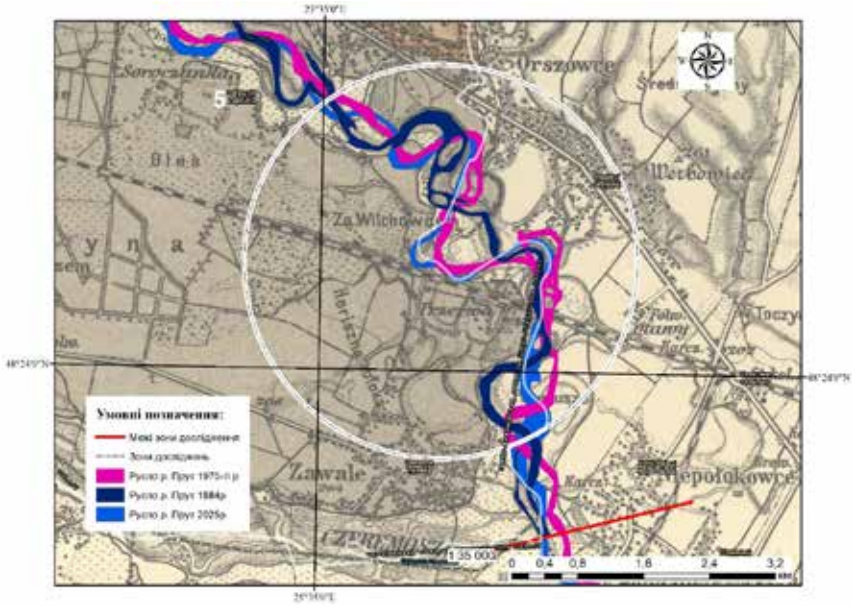


Рис. 16. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах сіл Завалля й Оршівці карті кінця XIX ст. (ділянка 5)

На відміну від попередніх ділянок, де простежувалися значні латеральні зміщення, розмив заплавних частин населених пунктів або зміна напрямку притиснення русла, у межах ділянки Завалля – Оршівці таких різких переформувань не зафіксовано. Основні звивини, напрямок течії та загальна конфігурація русла зберігають спадковість упродовж усього періоду спостереження.

За картою 1884 р. русло р. Прут у цій частині мало звивистий характер із локальними розгалуженнями та алювіальними осередками. У 1970-х роках загальний рисунок русла залишався близьким до історичного, хоча окремі рукави і звивини частково змістилися в межах тієї самої руслової смуги. Це свідчить не про радикальну перебудову русла, а про його внутрішню міграцію в межах усталеного руслового поясу. Інакше кажучи, річка змінювала положення окремих елементів – рукавів, берегових ліній, островів і проток, але не виходила суттєво за межі раніше сформованої зони руслоформування.

Сучасний стан, відображений на супутниковій основі 2025 р. (рис. 17), також підтверджує відносну стабільність цієї ділянки. Русло є більш сконцентрованим порівняно з історичними матеріалами, однак його

головна вісь загалом збігається з давнішою руловою смугою. У сучасному вигляді воно має меншу кількість активних рукавів і більш чітко виражений основний потік. Частина давніх алювіальних форм і колишніх руслових ділянок стабілізована, заросла заплавною рослинністю або входить до сучасної структури заплавного землекористування. Це свідчить про поступову концентрацію стоку та звуження активної руслової зони без значного зміщення всієї руслової системи.

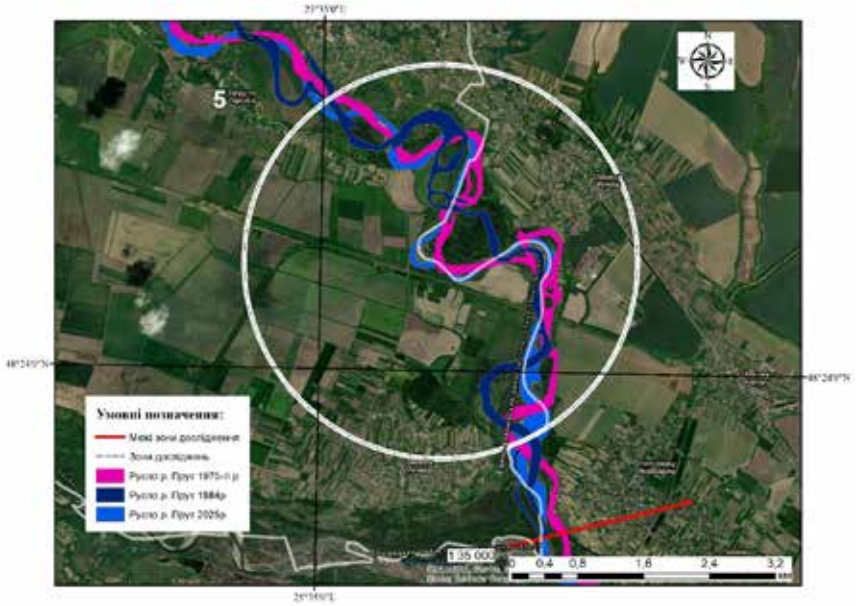


Рис. 17. Картосхема планових деформацій русла р. Прут у межах сіл Завалля і Оршівці на знімку Sentinel L2A (ділянка 5)

Узагальнюючи результати оверлейного аналізу п’яти досліджених ділянок, можна виділити спільну для всього відрізка Пруту тенденцію – перехід від широкого, багаторукавного, природно мобільного русла кінця XIX ст. до значно більш сконцентрованого, переважно однорукавного русла початку XXI ст., що проявляється з різною інтенсивністю залежно від місцевих умов: найвиразніше на ділянках 1 і 2, значно слабше на відносно стійких ділянках 3 і 5, з проміжним, локально диференційованим характером на ділянці 4. Ця просторова неоднорідність підтверджує один із головних теоретичних висновків першого розділу цієї роботи: руслові процеси не можна пояснити лише загальним гідрологічним режимом

річки, оскільки їх конкретний прояв на кожній ділянці залежить від поєднання місцевих чинників – ширини долини й заплави, літологічної будови берегів, наявності інженерних споруд і ступеня господарського освоєння прилеглої території. Саме тому виділення відносно однорідних ділянок русла і заплави виявилося придатним інструментом для виявлення такої диференціації, яку узагальнена картина руслової динаміки без поділу на окремі ділянки могла б приховати.

Спільним для більшості ділянок результатом є також зв'язок між зафіксованими на історичних картах руслами чи заплавно-русловими пониженнями та подальшою трансформацією відповідних територій у сучасні сільськогосподарські угіддя або заплавні природні комплекси, що підтверджує загальний механізм стабілізації колишніх активних елементів руслової системи. Практичне значення виявленої диференціації полягає в тому, що ділянки з підвищеною історичною інтенсивністю деформацій (передусім 1 і 2) доцільно розглядати як пріоритетні для подальшого моніторингу й обережнішого господарського освоєння прилеглих заплавних територій, тоді як відносно стабільні ділянки 3 і 5 становлять менший, хоча й не нульовий, ризик несподіваних планових переформувань.

4. Водозабірні споруди в умовах руслових переформувань річки Прут

Надійність систем питного водопостачання населених пунктів південно-східного Передкарпаття значною мірою визначається станом і стабільністю роботи водозабірних споруд, першою ланкою яких є безпосередньо водозабір. У межах регіону, зокрема в долині річки Прут між м. Коломия та гирлом р. Черемош, переважна частина малих і середніх населених пунктів забезпечується водою саме через водозабори інфільтраційного типу – споруди, дебіт яких формується завдяки природній чи частково штучній інфільтрації поверхневих вод у товщу алювіальних відкладів долини[90].

Такий тип водозабору поєднує переваги забору поверхневих вод (значні обсяги водовідбору, що забезпечуються постійним підживленням з боку річки) і підземних вод (природне очищення в товщі водоносних порід від переважної більшості механічних, хімічних і бактеріологічних забруднень). Класифікація В. С. Ковалевського виокремлює серед водозаборів з необмеженою в часі експлуатацією підземних вод три основні варіанти: власне інфільтраційні водозабори, закладені вздовж

[90] Григорійчук В. В. Перспективи розвитку інфільтраційних водозаборів в Україні. *Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія*. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. Вип. 587–588. С. 27–29.

річок; водозабори на напірні води з перетіканням; а також водозабори комбінованого використання поверхневих і підземних вод, у яких річковий та підземний компоненти взаємно доповнюють один одного залежно від сезону[91]. Саме останній варіант є найпоширенішим для об'єктів, розглянутих у цьому розділі.

Історія застосування інфільтраційних водозаборів на Передкарпатті є однією з найдавніших в Україні: тоді як у східних регіонах держави зацікавлення цим типом споруд почалося переважно з 1930-х років, у Передкарпатті перші берегові інфільтраційні водозабори з'явилися ще наприкінці XIX – на початку XX століття. Так, з 1895 р. діє насосна станція «Рогізна» в м. Чернівці; у 1902 р. введено в дію водогін м. Снятин, першим джерелом якого слугували джерела урочища «Каламітний»; у 1912 р. споруджено водозабір «Магала» для потреб Чернівців. Таке раннє й послідовне освоєння інфільтраційного типу водозабезпечення пояснюється передусім сприятливими природними умовами регіону – розвиненими за площею алювіальними долинами карпатських річок, які формують потужні й добре промиті водоносні горизонти, гідравлічно зв'язані з руслом[92].

На сьогодні частка інфільтраційних водозаборів у системах водопостачання Івано-Франківської області залишається надзвичайно високою – водою з таких споруд забезпечується близько третини населення, зокрема мешканці Болехова, Долини, частково Івано-Франківська, Калуша, Коломиї, Надвірної, Снятина та Яремча. До цього переліку належать і два з трьох водозаборів, розглянутих у цьому розділі: Коломийський і Снятинський, а також водозабір селища Заболотів, розташований у межах того самого передгірного відтинка долини Пруту.

Продуктивність будь-якого берегового інфільтраційного водозабору прямо залежить від наявності стійкого гідравлічного зв'язку між водоносним горизонтом алювіальних відкладів і поверхневими водами річки. Саме тому руслові процеси, розглянуті в першому розділі цієї роботи як закономірний і безперервний вияв взаємодії потоку, наносів і берегів, є для водозабірних споруд (зокрема, інфільтраційного типу) не абстрактним теоретичним питанням, а безпосереднім експлуатаційним чинником, що визначає їхню довговічність.

---

[91] Гідроекологічне обґрунтування безпечного та збалансованого розвитку річкових природно-антропогенних систем Передкарпаття : монографія / Ю. С. Ющенко, О. М. Гончар, В. В. Григорійчук та ін. ; за ред. Ю. С. Ющенка. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2017. 472 с.

[92] Григорійчук В. В. Регіональні особливості використання інфільтраційних водозаборів у Івано-Франківській області. *Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія*. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2013. Вип. 655. С. 23–26.

Вертикальні деформації русла, насамперед його врізання, послідовно й невідворотно послаблюють гідравлічний зв'язок водозабору з річкою. Із заглибленням дна річище поступово «виходить» з-під рівня водоносного горизонту, який раніше живився нею безпосередньо. Зв'язок через це набуває переривчастого характеру й з часом наближається до мінімуму, за якого подальша ефективна робота каптажних споруд стає неможливою[93]. Ця проблема має регіональний, а не поодинокий характер – аналогічні труднощі відзначені на цілій низці водозаборів Передкарпаття, і водозабір «Прут» м. Снятин, розглянутий далі в цьому розділі, є одним з показових її проявів.

Планові (горизонтальні) деформації русла впливають на роботу водозаборів двояко, залежно від напряму зміщення динамічної осі потоку відносно каптажних споруд. Якщо річка віддаляється від водозабору внаслідок бічної ерозії протилежного берега чи загального зміщення русла, продуктивність споруди поступово знижується через збільшення шляху фільтрації та ослаблення живлення. Якщо ж, навпаки, потік наближається до водозабору, зростає загроза прямого руйнування каптажних конструкцій, найбільш імовірного під час проходження паводкових хвиль. Обидва сценарії безпосередньо продовжують логіку класифікації планових переформувань, викладену в першому розділі цієї роботи, і знаходять емпіричне підтвердження в результатах оверлейного аналізу, представлених у третьому розділі: на дослідженій ділянці Пруту від Коломиї до гирла Черемошу ділянки 1 і 2 продемонстрували найактивнішу бічну міграцію русла (латеральні зміщення в межах 150–400 м за період 1884–2025 рр.), тоді як ділянки 3 і 5 виявилися відносно стабільними, а ділянка 4 – проміжною, з локальним осередком розмиву. Ця просторова неоднорідність руслової динаміки, виявлена в межах одного порівняно короткого відтинка долини, безпосередньо позначається на диференційованому ступені вразливості водозабірних споруд, розташованих у різних точках цього ж відтинка, особливості, на якій детальніше розглянемо для кожного з трьох аналізованих об'єктів.

Додатковим антропогенним чинником, що посилює обидва описані типи деформацій саме в зоні дії водозаборів, є видобуток гальково-гравійної суміші безпосередньо з русла й заплави. Ця практика, докладно розглянута в першому розділі цієї роботи як один із головних факторів антропогенної трансформації руслових процесів Пруту, має

[93] Гідроекологічне обґрунтування безпечного та збалансованого розвитку річкових природно-антропогенних систем Передкарпаття : монографія / Ю. С. Ющенко, О. М. Гончар, В. В. Григорійчук та ін. ; за ред. Ю. С. Ющенка. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2017. 472 с.

для інфільтраційних водозаборів особливе значення: вилучення алювію порушує природний баланс наносів, посилює врізання дна на суміжних ділянках і безпосередньо перешкоджає стабільній роботі каптажних споруд, розташованих поблизу.

Історично всі три населені пункти, водозабори яких розглянуто в цьому розділі, належать до давньо освоєних поселень Покуття. Найдавнішим документально засвідченим є Снятин: перша згадка про нього міститься в Іпатіївському літописі під 1158 р., а завдяки розташуванню на перетині торговельних шляхів Галичини, Буковини та південноєвропейських країн місто мало помітний рівень розвитку вже на початок XX ст. – за даними 1897 р., тут проживало понад 11 тис. осіб[94]. Коломия вперше згадується в Галицько-Волинському літописі під 1241 р. у зв'язку з видобутком солі; вважається одним із найстаріших міст Галичини, а з XV ст. користувалася магдебурзьким правом[95]. Селище Заболотів, розташоване на лівому березі Пруту при впадінні в нього річки Турки[96], документально відоме із середини XV ст. – перші згадки про нього містяться в книгах галицького суду (1442 р.) і Коломийській земельній книзі (1455 р.). Таке тривале історичне освоєння долини Пруту в межах усіх трьох населених пунктів опосередковано пояснює і порівняно раннє (як для регіону) виникнення тут систем централізованого водопостачання, у яких працюють споруди, що розглянуті далі.

Інфільтраційний водозабір м. Коломия розташований у його околиці на правому березі Пруту, є одним із найпотужніших водозаборів регіону – він забезпечує водою понад 60 тис. споживачів[97]. Схема споруди відповідає класичному європейському типу берегового інфільтраційного водозабору: забір поверхневої води здійснюється через ківшевий водозабір, після чого вода послідовно проходить попереднє відстоювання, інфільтрацію через систему басейнів і каптується горизонтальною дренажною галереєю.

Відомо, що продуктивність водозабору впродовж періоду експлуатації (з 1970-х рр.) зазнала суттєвих змін – проєктна потужність (з п'яти свердловин) становила 4 тис. м³/добу, а після будівництва горизонтальної галереї та влаштування інфільтраційних споруд фактична продуктивність

[94] Григорійчук В. В. Географічний аспект формування та розвитку системи водопостачання в м. Снятин Івано-Франківської області. *Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія*. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2013. Вип. 672–673. С. 15–17.

[95] Коломия. М. В. Савчук. Енциклопедія сучасної України, 2014. URL: https://esu.com.ua/article-4169.

[96] Заболотів. Енциклопедія сучасної України. URL: https://esu.com.ua/article-17208.

[97] Григорійчук В. В. Регіональні особливості використання інфільтраційних водозаборів у Івано-Франківській області. *Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія*. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2013. Вип. 655. С. 23–26.

зросла до 10–12 тис. м³/добу. Ця ж територія характеризується розмивними берегами, значною мутністю річкової води в паводкові періоди (що в окремі роки сягала кількох тисяч мг/л) і локальним розмивом дна безпосередньо в місці забору води на інфільтраційні басейни під час підвищеної водоподачі. Зазначене підтверджує загальну тезу про тісний і практично невіддільний зв'язок продуктивності подібних споруд із гідрологічним і морфодинамічним режимом річки.

Слід зазначити, що територіально водозабір м. Коломия розташований дещо вище за течією від ділянки дослідження 1 (Тростянка – Залуччя – Перерив – Корнич – Матіївці), яка є першою з п'яти ділянок, детально проаналізованих у третьому розділі цієї роботи методом оверлейного зіставлення різночасових картографічних матеріалів.

Водозабір «Прут» розташований на правому березі Пруту поблизу с. Хутір-Будилів і є основним джерелом централізованого водопостачання м. Снятин з 1986 р., коли його введено в експлуатацію на допомогу єдиному на той час каптажному водозабору «Каламітна» (діяв з 1902 р.). Проєктна потужність нової споруди становила 3600 м³/добу; проте фактична продуктивність із часу пуску постійно знижувалася й на сьогодні не перевищує 500 м³/добу, тобто впала майже в сім разів порівняно з проєктною[98].

Причина такого падіння задокументована безпосередньо в матеріалах спостережень за об'єктом: оскільки водозабір належить до інфільтраційного типу, рівні води у свердловинах напряму пов'язані з рівнем річкових вод, а з часу початку експлуатації спостерігалося суттєве зниження рівнів Пруту на ділянці його дії. Лише після відновлення роботи Снятинської ГЕС, розташованої дещо нижче за течією, рівень річки піднявся і продуктивність водозабору стабілізувалася на досягнутому зниженому рівні. Подальші перспективи нарощення потужності водозабору нерозривно пов'язані з необхідністю уповільнити врізання дна річки Прут в межах дії міського водозабору. Таким чином, тут логіка вертикальних руслових деформацій, розглянута в першому розділі цієї роботи, має документально підтверджений приклад прямого впливу руслових процесів на роботу конкретної інфільтраційної споруди в межах дослідженого регіону.

Водоносний горизонт, який живить водозабір, експлуатується на території станції «Прут» вертикальними свердловинами, пробуреними безпосередньо в період уведення споруди в дію (листопад 1986 р.) ударно-канатним способом. Глибина свердловини становить лише 12,0 м, при

[98] Григорійчук В. В. Географічний аспект формування та розвитку системи водопостачання в м. Снятин Івано-Франківської області. *Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія*. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2013. Вип. 672–673. С. 15–17.

цьому геологічний розріз фіксує двошарову будову – верхні 6 м складені четвертинним галечником, який безпосередньо підстелений неогеновою сірою аргілітоподібною глиною – водотривкою породою, що обмежує водоносний горизонт знизу. Свердловина обладнана перфорованим фільтром діаметром 325 мм, робоча частина якого припадає на інтервал 0,5–5,5 м, тобто фактично на всю потужність галечникового горизонту; зафіксований рівень води – усього 0,5 м від гирла[99]. Така будова каптажного пристрою пояснює високу чутливість водозабору до найменших коливань рівня Пруту. Через відсутність потужного «буферного» водоносного горизонту навіть відносно невелике врізання русла здатне суттєво скоротити ту частину галечникової товщі, яка залишається обводненою і придатною для інфільтраційного живлення свердловин водозабору.

Територіально водозабір «Прут» потрапляє в межі ділянки дослідження 4 (відтинок долини між с. Тулова на лівому березі та с. Видинів на правому, поблизу Снятина). За результатами оверлейного аналізу різночасових положень русла на цій ділянці найпомітніший розмив за період 1884–1970-х рр. зафіксовано саме на лівому березі, поблизу с. Тулова, і пов'язаний він, зокрема, з літологічною вразливістю прибережних відкладів. Правий берег, де розташований водозабір, зберігав відносно стабільніше положення впродовж усього періоду спостережень. Це дає підстави для важливого уточнення – згадане різке падіння продуктивності водозабору «Прут» пов'язане переважно не з безпосереднім бічним підмивом каптажних споруд (від якого правобережне розташування об'єкта відносно захищене), а саме з вертикальною складовою руслових деформацій – загальним зниженням рівнів і врізанням дна на цій ділянці Пруту, яке за походженням не залежить від того, на якому саме березі перебуває споруда.

Інфільтраційний водозабір селища Заболотів розташований на лівому березі Пруту, в околиці Заболотова, поблизу Заболотівського ринку, неподалік с. Іллінці, на відстані приблизно 300–330 м від русла річки.

Територіально об'єкт розташований на межі ділянок дослідження 2 і 3 третього розділу цієї роботи, ближче до ділянки 3 (с. Рудники-Тулуків-Олешків-Любківці), яка за результатами оверлейного аналізу виявилася відносно стабільною порівняно із сусідньою ділянкою 2 (Троїця-Борщів-Хлібичин), де зафіксовано найактивнішу бічну ерозію в межах усього дослідженого відтинка (до 400 м за період 1884–1970-х рр.). Порівняно значна віддаленість водозабору Заболотова від сучасного русла (300–330 м)

[99] Паспорт свердловини на воду (м. Снятин Івано-Франківської обл.) : технічна документація. Спеціалізований трест «Укрбурвод».1986 р. 9 с.

у поєднанні з розташуванням на порівняно стабільній ділянці річища дає підстави попередньо оцінювати цей об'єкт як менш вразливий до прямих планових деформацій русла порівняно з двома іншими розглянутими водозаборами. Водночас така віддаленість не виключає потенційного впливу вертикальних деформацій чи змін гідрологічного режиму приток, зокрема безіменного струмка, що протікає поблизу (до 40 м) павільйону свердловини.

Аналіз сучасного стану трьох інфільтраційних водозаборів на досліджуваній ділянці засвідчує, що ступінь їхньої вразливості до руслових процесів безпосередньо корелює із характером та інтенсивністю деформацій русла на відповідних ділянках долини, установлених вище. Водозабір «Прут» м. Снятин є найбільш підтвердженим прикладом впливу вертикальних деформацій – врізання дна і зниження рівнів річки, тоді як для водозаборів Коломиї та Заболотова це помітно менше через різні причини. Так, продуктивність споруд м. Коломия залежить від системи інфільтраційних басейнів, куди вода подається насосами з берегового «ковша», а це згладжує негативні для нього наслідки впливу руслових деформацій. Зі свого боку, потужність системи централізованого водопостачання селища Заболотів дуже низька (менше сотні кубометрів на добу), що разом із певною віддаленістю від урізу води й розміщенням на більш стабільній ділянці берега зменшує небезпеку аварійного падіння потужностей.

Викладене підтверджує один із головних висновків загалом: планові й вертикальні переформування русла Пруту не є лише предметом суто наукового геоморфологічного інтересу, а становлять безпосередній практичний чинник, що визначає надійність систем питного водопостачання регіону. Це обґрунтовує доцільність подальшого моніторингу стану русла з використанням методики різночасового картографічного аналізу, викладеної вище.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження планових переформувань русла річки Прут у межах ділянки від м. Коломия до гирла р. Черемош дало змогу поєднати теоретичний, методичний, емпіричний і прикладний аспекти вивчення руслових процесів гірсько-передгірної річки в єдину послідовну структуру.

Басейн р. Прут, який поєднує риси високогірного карпатського водотоку, передгірної річки з активним надходженням наносів і рівнинного русла з розвиненою заплавою, є показовим об'єктом для дослідження планових деформацій завдяки поєднанню значної паводковості, контрастної

геолого-геоморфологічної будови долини та вираженої просторової диференціації природних умов. Теоретичний аналіз відображає, що руслові процеси є закономірним результатом взаємодії водного потоку, наносів, геологічної будови, рослинності й антропогенного впливу, а їхній конкретний прояв – плановий, вертикальний чи внутрішньорусловий, визначається унікальним поєднанням місцевих чинників на кожній окремій ділянці річища.

Розроблена й застосована методика опрацювання різночасових картографічних і дистанційних матеріалів (історичних карт «Геологічного атласу Галичини» (1888–1901 рр.), топографічних карт Генерального штабу (1977–1978 рр.) і сучасного супутникового знімка Sentinel-2 (2025 р.) дала змогу сформувати послідовний 141-річний ряд спостережень і виконати оверлейний аналіз планового положення русла в межах п'яти репрезентативних ділянок дослідженого відтинка.

За результатами оверлейного аналізу встановлено виразну просторову неоднорідність інтенсивності руслових деформацій: на ділянках у районі Тростянки – Залуччя та Троїці – Хлібичина зафіксовано найактивнішу бічну ерозію (латеральні зміщення до 150–400 м за 1884–2025 рр.) та поступовий перехід від широкого багаторукавного русла кінця XIX ст. до значно більш сконцентрованого сучасного водотоку, тоді як ділянки в районі Рудників – Тулукова та Завалля – Оршівців виявилися відносно стабільними впродовж усього періоду спостережень.

Розгляд трьох інфільтраційних водозаборів на досліджуваній ділянці (Коломийського, Снятинського та Заболотівського) практично підтверджує виявлені закономірності: ступінь вразливості водозабірних споруд до руслових процесів корелює із характером деформацій русла на відповідних ділянках долини. Найбільш показовим є падіння продуктивності водозабору «Прут» м. Снятин, спричинене врізанням дна річки, що підвищує практичне значення дослідження руслових деформацій для систем питного водопостачання населених пунктів.

Таким чином, отримані результати підтверджують, що переформування русла Пруту не лише мають теоретичний інтересу, але і є безпосереднім чинником, який варто враховувати для планування, реконструкції та експлуатації об'єктів водогосподарської інфраструктури регіону. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням переліку аналізованих ділянок річища, залученням проміжних часових зрізів для уточнення динаміки виявлених тенденцій, а також із кількісною оцінкою вразливості інших споруд на річках Передкарпаття за апробованою методикою.

АНОТАЦІЯ

У зв'язку з нагальною потребою в переході від описового, якісного розуміння руслових процесів до кількісно обґрунтованої, просторово диференційованої оцінки їхньої інтенсивності, здатної слугувати основою для рішень щодо берегоукріплення, планування забудови в заплаві й оцінки ризиків для вже наявних інженерних споруд, дослідження планових переформувань русла річки Прут мають важливе практичного значення для об'єктів водного господарства регіону. Викладено фізико-географічні умови басейну Пруту та теоретичні засади сучасного руслознавства, включно з класифікацією планових і вертикальних руслових деформацій і чинників їхнього розвитку. Розроблено й застосовано методику опрацювання різночасових картографічних і дистанційних матеріалів – історичних (1888–1901 рр.), топографічних (1977–1978 рр.) карт і супутникового знімка Sentinel-2 (2025 р.) засобами геоінформаційних систем, для формування послідовного 141-річного ряду спостережень. Оверлейний аналіз п'яти репрезентативних ділянок дослідженого відтинка показує виразну просторову неоднорідність інтенсивності руслових деформацій. Зокрема, на окремих ділянках зафіксовано активну бічну ерозію з латеральними зміщеннями до 150–400 м і перехід від широкого багаторукавного русла кінця XIX ст. до сконцентрованого сучасного водотоку. Інші ділянки виявилися відносно стабільними впродовж усього періоду спостережень. На прикладі трьох інфільтраційних водозаборів передгірної ділянки Пруту (Коломийського, Снятинського та Заболотівського) продемонстровано пряму залежність стану та продуктивності водозабірних споруд від характеру руслових процесів на відповідних ділянках долини. Отримані результати обґрунтовують потребу врахування руслової динаміки для будівництва й експлуатації об'єктів водогосподарської інфраструктури Передкарпаття.

Література

1. Гідроекологічне обґрунтування безпечного та збалансованого розвитку річкових природно-антропогенних систем Передкарпаття : монографія / Ю. С. Ющенко, О. М. Гончар, В. В. Григорійчук та ін. ; за ред. Ю. С. Ющенка. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2017. 472 с.

2. Гребінь В. В. Прут // Енциклопедія сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. URL: https://esu.com.ua/article-879390 (дата звернення: 15.06.2026). DOI: 10.5281/zenodo.19759904.

3. Григорійчук В. В. Географічний аспект формування та розвитку системи водопостачання в м. Снятин Івано-Франківської області. *Науковий*

вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2013. Вип. 672–673. С. 15–17.

4. Григорійчук В. В. Регіональні особливості використання інфільтраційних водозаборів у Івано-Франківській області. *Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія*. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2013. Вип. 655. С. 23–26.

5. Григорійчук В. В. Перспективи розвитку інфільтраційних водозаборів в Україні. *Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. Серія: Географія*. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. Вип. 587-588. С. 27–29.

6. Заболотів. Енциклопедія сучасної України. URL: https://esu.com.ua/article-17208 (дата звернення: 31.07.2026).

7. Коломия. М. В. Савчук. Енциклопедія сучасної України, 2014. https://esu.com.ua/article-4169 (дата звернення: 31.07.2026). DOI: 10.5281/zenodo.20002008.

8. Костенюк Л. В. Закономірності руслоформування у річковій системі Верхнього Пруту : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 11.00.07. Чернівці, 2012. 20 с.

9. Латориця: гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси : монографія / О. Г. Ободовський, В. В. Онищук, З. В. Розлач та ін. ; за ред. О. Г. Ободовського. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2012. 319 с.

10. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів : на прикладі річок України. Київ : Ніка-Центр, 2001. 274 с.

11. Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : Київський університет, 2017. 495 с.

12. Ободовський О. Г., Ярошевич О. Є. Гідроморфологічна оцінка якості річок басейну Верхньої Тиси / за ред. О. Г. Ободовського. Київ : Інтертехнодрук, 2006. 70 с.

13. Паланичко О. В. Закономірності руслоформування річок Передкарпаття : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 11.00.07. Київ, 2010. 22 с.

14. Паспорт свердловини на воду (м. Снятин Івано-Франківської обл.) : технічна документація. Спеціалізований трест «Укрбурвод». 1986 р. 9 с.

15. План управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки. Суббасейни Пруту та Сірету / Державне агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dunayu1 (дата звернення: 15.06.2026).

16. Природа Івано-Франківської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1973. 157 с.

17. Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. 267 с.

18. Природа Чернівецької області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1978. 160 с.

19. Про затвердження плану управління річковим басейном Дунаю на 2025–2030 роки : розпорядження Кабінету Міністрів України від 31.12.2024 № 1347-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1347-2024-%D1%80 (дата звернення: 15.06.2026).

20. Руслові процеси річки Лімниця : монографія / О. Г. Ободовський, В. В. Онищук, В. В. Гребінь та ін. ; за ред. О. Г. Ободовського. Київ : Ніка-Центр, 2010. 256 с.

21. Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел. Чернівці : Рута, 2005. 320 с.

22. Ющенко Ю. С., Кирилюк А. О., Костенюк Л. В., Опеченик В. М., Паланичко О. В., Пасічник М. Д. Територіальна структура умов та проявів руслоформування річок. *Фізична географія та геоморфологія*. 2012. Вип. 2 (66). С. 72–79.

23. Ющенко Ю. С., Пасічник М. Д., Паланичко О. В., Вудвуд М. М., Закревський О. В. Природний територіальний устрій ландшафту р. Прут в межах Чернівецької області, його антропогенні трансформації та особливості функціонування системи потік – русло – заплава. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія*. 2023. Вип. 845. С. 41–51. DOI: https://doi.org/10.31861/geo.2023.845.41-51.

24. Ющенко Ю. С., Пасічник М. Д., Чернега П. І. Територіальна структура річкових долин. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія*. 2012. Вип. 612–613. С. 188–196.

25. About the Browser. Copernicus Data Space Ecosystem Documentation. URL: https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Applications/Browser.html (дата звернення: 14.05.2026).

26. Atlas geologiczny Galicji w Archiwum WIG. Geoforum.pl. 19.05.2015. URL: https://geoforum.pl/news/19839/atlas-geologiczny-galicji-w-archiwum-wig (дата звернення: 14.05.2026).

27. Copernicus Sentinel-2 Collection 1 MSI Level-1C. Sentinel Online. URL: https://sentinels.copernicus.eu/sentinel-data-access/sentinel-products/sentinel-2-data-products/collection-1-level-1c (дата звернення: 14.05.2026).

28. EPSG Geodetic Parameter Dataset. Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5. EPSG:28405. URL: https://epsg.io/28405 (дата звернення: 14.05.2026).

29. Fundamentals of georeferencing a raster dataset. ArcMap Documentation. Esri. URL: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/fundamentals-for-georeferencing-a-raster-dataset.htm (дата звернення: 14.05.2026).

30. Graniczny M., Kacprzak J., Urban H., Wołkowicz S. Atlas Geologiczny Galicyi – pierwsza seryjna edycja map geologicznych ziem polskich. *Przegląd Geologiczny*. 2007. Vol. 55, nr 5. S. 368–372. URL: https://www.pgi.gov.pl/images/stories/przeglad/pg_2007_05_13.pdf (дата звернення: 14.05.2026).

31. Lane E. W. The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*. 1955. Vol. 81. Paper 745. P. 1–17.

32. Leopold L. B., Wolman M. G., Miller J. P. Fluvial Processes in Geomorphology. San Francisco : W. H. Freeman and Company, 1964. 522 p.

33. Łomnicki J. Atlas geologiczny Galicyi 1 : 75 000 – Pas 10, Słup XIII, Kołomyja [карта]. Digital Library of University of Wroclaw. URL: https://bibliotekacyfrowa.pl/en/dlibra/metadatasearch?action=AdvancedSearchAction&type=-3&val1=Title%3A%22Atlas+Geologiczny+Galicyi%22 (дата звернення: 14.05.2026).

34. Łomnicki J. Atlas geologiczny Galicyi 1:75 000 – Pas 11 Słup XIV Śniatyn. Biblioteka Cyfrowa Uniwersytetu Wrocławskiego. URL: https://bibliotekacyfrowa.pl/publication/114720 (дата звернення: 14.05.2026).

35. Łomnicki J. L. M. Atlas geologiczny Galicyi: tekst do zeszytu osiemnastego: Stanisławów, Kołomyja, Śniatyn. Kraków : Nakładem Akademii Umiejętności, 1905. 145 s. Google Books. URL: https://books.google.com/books/about/Atlas_geologiczny_Galicyi.html?id=RTx60AEACAAJ (дата звернення: 14.05.2026).

36. M-35-123 Коломыя : Data Set. Indiana University DataCORE. URL: https://datacore.iu.edu/concern/data_sets/rb68xc70s (дата звернення: 14.05.2026).

37. M-35-124 Снятын (Sniatyn, Ukraine). BTAA Geoportal. URL: https://geo.btaa.org/catalog/VAC9619-003247 (дата звернення: 14.05.2026).

38. M-35-124 Снятын : Digital Collections record. Indiana University Digital Collections. URL: https://digital-collections.apps.iu.edu/ (дата звернення: 14.05.2026).

39. MacEachren A. M. How Maps Work: Representation, Visualization, and Design. New York : Guilford Press, 1995. 513 p.

40. Mapy i atlasy : katalog zbiorów kartograficznych Biblioteki Narodowej. Warszawa : Biblioteka Narodowa. URL: https://www.bn.org.pl/download/document/1533557307.pdf (дата звернення: 14.05.2026).

41. Molnár G., Timár G. Mosaicking of the 1 : 75 000 sheets of the Third Military Survey of the Habsburg Empire. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*. 2009. Vol. 44, No. 1. P. 115–120. URL: https://real.mtak.hu/82177/ (дата звернення: 14.05.2026).

42. Overview of georeferencing. ArcGIS Pro Documentation. Esri. URL: https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/help/data/imagery/overview-of-georeferencing.html (дата звернення: 14.05.2026).

43. S2 Products. SentiWiki – Copernicus. URL: https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-products (дата звернення: 14.05.2026).

44. Schumm S. A. The Fluvial System. New York : John Wiley & Sons, 1977. 338 p.

45. Timár G., Biszak S., Székely B., Molnár G. Digitized Maps of the Habsburg Military Surveys – Overview of the Project of ARCANUM Ltd. (Hungary). Preservation in Digital Cartography. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2010. P. 273–283. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-12733-5_14.

46. Zuber R. Atlas geologiczny Galicyi. Tekst do zeszytu drugiego: Nadwórna, Mikuliczyn, Żabie, Kuty, Krzyworównia, Popadia-Hryniawa. Kraków : Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, 1888. Pedagogiczna Biblioteka Cyfrowa. URL: https://pbc.uken.krakow.pl/dlibra/publication/1160/edition/1137 (дата звернення: 14.05.2026).

Information about the authors:

Pasichnyk Mykola,
Candidate of Geographic Sciences,
Associate Professor at the Department of Ukrainian Geography and Regional Studies
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2, Kotsiubynskoho Street, Chernivtsi, Ukraine

Hryhoriichuk Vitalii,
Assistant Professor at the Department of Ukrainian Geography and Regional Studies
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2, Kotsiubynskoho Street, Chernivtsi, Ukraine

Martynova Khavruniak Andre,
Student at the Department of Ukrainian Geography and Regional Studies
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2, Kotsiubynskoho Street, Chernivtsi, Ukraine