

УДК 556.537:551.435.13(477.85); DOI [10.30970/gpc.2023.1.3948](https://doi.org/10.30970/gpc.2023.1.3948)
**ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ГІС У ВИВЧЕННІ
ПАЛЕОДОЛИН У БАСЕЙНІ ВЕРХНЬОГО ПРУТУ**

Людмила Костенюк

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
l.kosteniyk@chnu.edu.ua; orcid.org/0000-0002-1828-7084

Анотація. Статтю присвячено складному питанню застосування геоінформаційних систем у дослідженні етапів формування гідромережі річок Українських Карпат, виявленню та вивченню давніх долин стоку, морфогенезу та особливостям високих терасових рівнів і палеодолин у різні періоди їхнього формування.

Застосування нових, сучасних методик цифрового картографування та геоінформаційних засобів у дослідженнях дає змогу по-новому поглянути на, здавалось, уже відомі та визначені проблемні питання чіткості етапів зародження та становлення басейнів річкових систем Українських Карпат та їхньої поступової стабілізації у сучасних межах.

Давно і чітко оформлена позиція провідних фахівців, українських науковців-геоморфологів (П. М. Цися, К. І. Геречука, М. С. Кожуріної, Я. С. Кравчука, В. М. Клапчука та ін.) завдяки застосуванню нових геоінформаційних технологій та доступності до сучасного програмного забезпечення відкриває нові можливості для її перегляду та уточнення.

Важливим аспектом вивчення басейнових систем гірських регіонів, таких як територія Українських Карпат, є застосування не просто картографічного методу досліджень з відповідними результатами візуалізації, районування чи створення відповідних картосхем, а застосування системного аналізу. Тобто, завдяки додаткам ГІС (TIN interpolation QGIS) при створенні відповідних моделей, ми можемо більш детально розкрити складні питання переформування давніх долин стоку та їхнього сучасного відображення в рельєфі цієї території.

Саме неоднозначні висновки та результати попередніх дослідників, спонукають до застосування нових, прогресивніших методик, що даватимуть змогу краще обґрунтувати та визначити перебіг процесів перебудови річкової мережі південно-східного макросхилу Українських Карпат, а також виявити чинники, які спричинили ці зміни. Передусім важливо враховувати зміни та опиратись на них в конфігурації гідромережі Верхнього Пруту на різних етапах її функціонування та розвитку.

Складне і не до кінця розкриті питання переформувань давніх долин стоку в пліоцен–плейстоценовий період є надзвичайно важливим для розуміння сучасних руслових процесів на річках басейну Верхнього Пруту, оскільки він досі суттєво впливає на сприйняття сучасного рисунка гідромережі досліджуваного басейну та успадкованого характеру макроформ русла на окремих її ділянках.

Ключові слова: геоінформаційні системи; цифрова топографічна база Землі: SRTM; палеогеоморфологічний аналіз; пра-долина ріки Чорний Черемош; пра-долина ріки Чорна Тиса; пра-долина рік Лючка та Ослава.

ON THE QUESTION OF USING GIS TOOLS IN THE STUDY OF PALEOVALLEY IN THE VERCHNY PRUT BASIN

Liudmyla Kosteniuk

Chernivtsi Yurii Fedkovych National University, Ukraine

Abstract. This article is devoted to the complex issue of the use of GIS in the study of the stages of the formation of the water network of the rivers of the Ukrainian Carpathians, the identification and study of ancient flow valleys, morphogenesis and features of high terrace levels and paleovalleys in different periods of their formation.

It is the use of new modern methods of digital mapping and geo-informational tools in research that allows us to look in a new way at the seemingly already known and defined problematic issues of the clarity of the stages of the origin and formation of the basins of the river systems of the Ukrainian Carpathians and their gradual stabilization within modern limits.

It would seem that the position of leading specialists, Ukrainian geomorphologists (P. M. Tsis, K. I. Gerenchuk, M. S. Kozhurinoi, Y.S. Kravchuk, V. M. Klapchuk and others) has been clearly formulated for a long time thanks to the use of new geoinformation technologies and accessibility to modern software opens up new opportunities for its review and refinement.

Currently, an important aspect of the study of basin systems of mountain regions, such as the territory of the Ukrainian Carpathians, is the application of not just a cartographic research method, with the corresponding results of visualization, zoning or the creation of appropriate map schemes, but the use of system analysis, thanks to GIS applications (TIN interpolation qgis) and the creation of appropriate models, which allows us to reveal in more detail the complex issues of the transformation of ancient valleys and their modern reflection in the relief of this territory.

It is the ambiguous conclusions and results of previous researchers that encourage the use of new, more progressive methods, which will make it possible to better substantiate and determine how the processes of restructuring of the river network of the southeastern macroslope of the Ukrainian Carpathians took place, as well as to reveal the reasons for these changes. It is especially important to take into account and rely on changes in the configuration of the Upper Prut river system network at various stages of its functioning and development.

This complex and not fully resolved issue, the transformation of ancient flow valleys in the Pliocene–Pleistocene period, is extremely important for the understanding of modern channel processes on the rivers of the Upper Pruth basin, as it still has a significant impact on the perception of the modern view of the river network of the studied basin and the inherited nature of macroforms riverbed in its separate sections.

Keywords: GIS; digital topographic base of the Earth: SRTM; paleogeomorphological analysis; paleovalley Chornyy Cheremosh river; paleovalley Chorna Tysa river; paleovalley of the Lyuchka and Oslava rivers.

Вступ. За останній період, доволі перспективним для науковців природничих напрямів стало застосування новітніх технологій, серед яких безперечно найпоширенішим та найпопулярнішим є використання геоінформаційного програмного забезпечення. Картографічний метод, як базовий у будь-яких пошукових дослідженнях від прикладної географії до ландшафтознавства, сьогодні все частіше став послуговуватись геоінформаційними технологіями. Хоча наразі питання застосування різних типів програмного забезпечення *геоінформаційних систем* (ГІС) для вирішення різних пошукових та прикладних географічних завдань залишається відкритим, швидкі темпи розвитку геоінформаційних технологій та вільний доступ до нового програмного забезпечення ГІС роблять його найпривабливішим для палеогеографічних напрямів дослідження.

Створення на основі картографічних даних відповідних моделей басейнових

систем у наш час є доволі актуальним та водночас складним у програмному відношенні питанням, отож в сучасних наукових дослідженнях йому варто приділяти більше уваги. Наявність широкого спектра програмного забезпечення (ArcGIS, Quantum GIS (QGIS), MapInfo Professional тощо) якнайкраще може заповнити прогалини у дослідженнях руслових процесів, геоморфологічному аналізі та вивченні морфологічних особливостей долинно-руслових систем чи окремих річкових басейнів загалом (Костенюк, 2022).

Таким об'єктом уже давно слугують басейнові системи Українських Карпат, застосування ГІС для їхнього вивчення сьогодні щоразу частіше застосовують у своїх роботах провідні фахівці палеогеографи, геоморфологи та гідрологи (Бурштинська, 2016, 2018; Байрак, 2006, 2008, 2010, 2014; Андрейчук, 2012; Соловей, 2009; Назаревич, 2003; Батурінець, 2019; Карабінюк, 2021; та ін.).

Передумови та методика досліджень. Для роботи з будь-яким програмним забезпеченням ГІС важливою відправною точкою є наявність хорошого картографічного матеріалу чи супутникових знімків досліджуваної території, оскільки якість отриманих результатів моделювання прямо залежить від якості вихідних матеріалів. Також важливим є вибір власне програмного забезпечення ГІС, кожне з яких відзначається певними перевагами та недоліками.

У нашому дослідженні використано програмне забезпечення QGIS (Quantum GIS) – один з найпопулярніших, функціональних крос-платформних ГІС, яка є у вільному доступі (відповідно до ліцензії GNU GPL). Зазначена програма динамічно розвивається, її використовують на міжнародному рівні в академічному і професійному середовищі.

Розробником цього продукту є Гарі Шерман, який презентував програму 2002 р. і з того часу до нього долучились розробники з різних куточків планети. QGIS веде активна група волонтерів, які регулярно оновлюють, виправляють баги, а також створюють нові модулі для QGIS. Сьогодні у QGIS можна використовувати понад 40 мов світу (Довгий та ін, 2020).

У програмному забезпеченні QGIS виникає можливість створення моделі рельєфу певної території, який є об'єктом дослідження. Ця можливість реалізується декількома способами, проте головна умова – це наявність бази даних із відповідними значеннями висот. Саме від якості і повноти вихідної інформації залежатиме отриманий результат.

Базу даних (значення висот, з яких у програмі буде побудована модель рельєфу) можна отримати двома способами – власною векторизацією (оцифруванням) горизонталей із растрових карт підібраних масштабів або з готових даних, зокрема, SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Готові дані про рельєф можна отримати з веб-ресурсів Copernicus Open Access Hub, EO Browser, USGS Earth Explorer та ін.

Проте, як уже наголошено вище, отриманий результат доволі сильно залежить як від розмірів досліджуваного об'єкта, так і, насамперед, від можливості отримати якісні вихідні дані достатньої роздільної здатності.

Наприклад, згадувана нами топографічна база Землі SRTM, дає змогу охопити практично всю територію обох півкуль, окрім півночі, та отримати хороший результат моделювання рельєфу великих географічних об'єктів. Дані для моделювання використані в роботі, було отримано за посиланням (<https://srtm.csi.cgiar.org>). Завантажуючи відповідний Geo TIFF у програмному

забезпеченні QGIS, отримуємо готову базу даних висот рельєфу, за якою можна отримати ГІС-карту будь якої території.

Результати. Одним із методів дослідження особливостей формування гідромережі річкових басейнів є геоморфологічний аналіз. Рисунок гідромережі є достовірним індикатором морфології і генезису сучасного рельєфу, тектоніки й неотектоніки, типу та інтенсивності поверхневого стоку (Байрак, 2008).

Доволі цікавим у цьому плані є басейн Верхнього Пруту, який, як відомо, налічує кілька “особливих” ділянок долинно-руслової мережі, що й засвідчують значні переформування, так званих перехоплень і зміну стоку в різні етапи орогенезу Карпатської гірсько-складчастої споруди. Складному питанню розвитку та формування гідромережі Українських Карпат присвячено чимало праць науковців: П. М. Цися, К. І. Геренчука, М. С. Кожуріної, Я. С. Кравчука, І. П. Ковальчука, В. М. Клапчука та ін. При цьому, Ю. Андрейчук, Г. Байрак, Х. Бурштинська доволі успішно використовують нові технології із застосуванням ГІС у галузі річкових досліджень.

З гідрологічного та руслознавчого погляду дослідження гідрографічної мережі Верхнього Пруту є доволі важливим, оскільки зміни в кількості, довжині приток обумовлюють зміну величини головних чинників руслоформування: стоку води та наносів, а наявність даних про давні долини стоку визначатиме характер і граничні умови утворення річкових русел (Костенюк і Смірнова, 2010).

Проблеми вивчення перебудови гідромережі Верхнього Пруту присвячено чимало праць В. М. Клапчука: на основі власних розробок та польових обстежень автор розвинув теорію своїх попередників про значні переформування річкової системи Верхнього Пруту в пліоцен-плейстоценовий період.

За його даними (Клапчук, 1994): “... пра-Чорний Черемош в околицях смт. Верховина протікав в північно-західному напрямі і в околицях смт. Ворохта впадав в пра-Прут..... Притоки Пруту (Прутець Яблунецький) та Чорної Тиси (Стебний) беруть свій початок на віддалі 0.7–0.8 км і течуть діаметрально протилежно. Ці факти теж наводять на думку, що р. Чорна Тиса несла від с. Стебний свої води і далі на схід по сучасній долині р. Прутець Яблунецький і в околицях с. Кременці впадала в пра-Прут”. Ця теорія, хоча і в дещо зміненому форматі, повторює тезу П. М. Цися про поздовжню Ясиня–Черемошську долину, яка об’єднує верхів’я Чорного Черемошу та Чорної Тиси через Ворохто–Путильське низькогір’я (Ковальчук, 2004).

Розглянемо досліджувану територію детальніше. Як бачимо з рисунка 1, орографічний зв’язок між долинами річок Чорна Тиса – Прут – Чорний Черемош простежується чітко, залишається відкритим тільки напрям стоку по цій давній долині. Зазначимо, що П. М. Цись як і К. І. Геренчук приписували цій давній формі південно-східний напрям через басейн р. Сучави до верхів’я р. Молдова (права притока р. Сірет, що протікає в межах Румунії).

Клапчук В. М. (1994) вважає напрям стоку по цій долині кардинально протилежним: “Для першого вододілу характерна міжгірна сідловина висотою 930 м н.р.м. в околицях с. Кривопілля. В сторону Чорного Черемоша і Пруту від цієї сідловини протікають їхні притоки, відповідно, Ільця та Озірний. Долини цих рік ні в якому разі не можуть бути їхніми, – це досить широкі (до 3–5 км), вироблені долини, терасовані (дуже знищені постійними та тимчасовими водотоками, делювіальним зносом, зсувами тощо). До впадіння р. Ільця в Чорний

Черемош остання має північний – північно-західний напрям русла, а нижче – різко (під кутом 90 градусів) повертає на схід. Напрями течій р. Озірний та Ільця знаходяться під кутом 180 градусів, тобто діаметрально протилежні. З вищенаведеного можна заключити, що пра-Чорний Черемош в околицях смт. Верховина протікав в північно-західному напрямі і в околицях смт. Ворохта впадав в пра-Прут”. На це наштовхує ще і те, що при сучасній водоносності Прута він не зміг би виробити таку долину. Перехоплення Чорного Черемошу та зміна його стоку в напрямку сіл Криворівня та Устеріки (за різними даними) відбулась орієнтовно в ранньому (Клапчук, 1994) або середньому (Сливка, 2001) пліоцені.

“Досить широкі (як для гірської ділянки) терасові площадки XVII, XVI та XV (100–250 м) та різке їх звуження в XIV і нижчих терас (20–40 м) наводить на думку, що перехоплення Чорного Черемошу відбулось в період формування любимівсько-оскольської (Іт-ос) XIV надзаплавної тераси р. Прут – близько 4,6–4,7 млн років тому”.

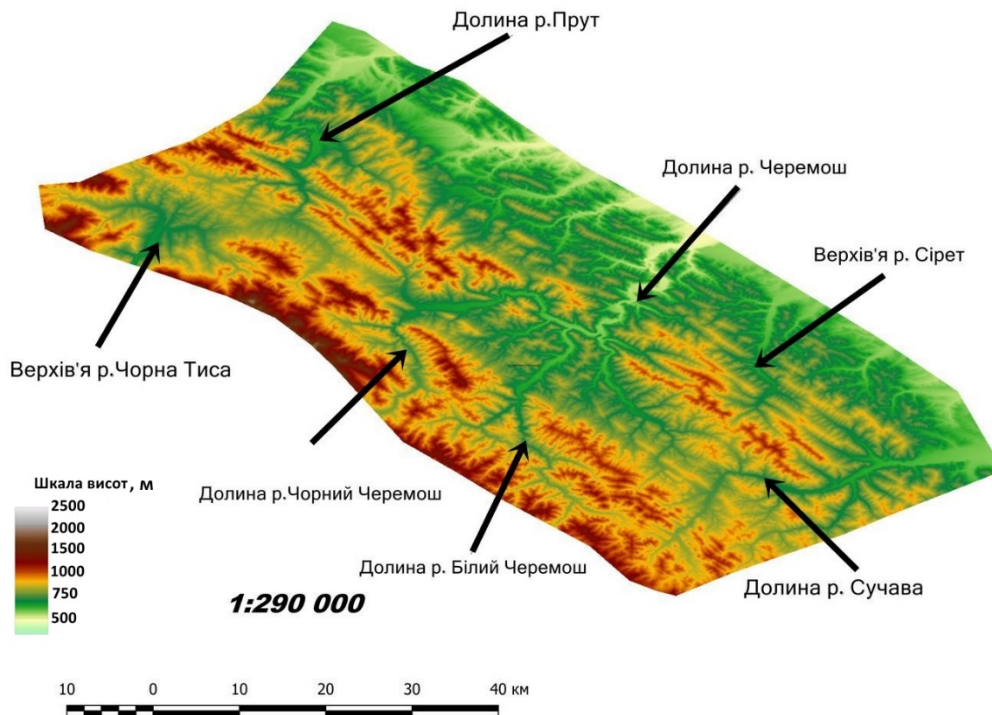


Рис. 1. Гіпсометрична карта на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) гірської частини басейну Верхнього Пруту та суміжної території

Fig. 1. Hypsometric map based on the digital relief model (DRM) of the mountainous part of the Verchny Prut basin and the adjacent territory

Відповідно, і напрям стоку по Ясинській улоговині теж відбувався в північно-східному напрямі: “Вододіл рік Прут та Чорна Тиса понижується в околицях сіл Стебний та Поляниця, досягаючи 900 м н.р.м. Крім цього, в околицях першого р. Чорна Тиса різко повертає на південний захід, протікаючи до того в східному напрямі. Це, в свою чергу, веде до того, що головний карпатський вододіл

проходив дещо південніше. В той час, коли р. Чорний Черемош була перехоплена, очевидно, була перехоплена і Чорна Тиса” (Клапчук, 1994).

На рисунку 2 відображено гіпсометричну схему досліджуваної території з проведеними горизонталями, на основі даних цифрової топографічної бази Землі SRTM. Інтервал висот через 200 м дав змогу виділити пониження у гірській та передгірській частині Карпат, які відповідають описаним вище улоговинним долинам давнього стоку.

Як бачимо, залишається відкритим питання зони Ворохто-Путильського низькогір'я та понижень у долині р. Сучава, оскільки теорія В. М. Клапчука не дає чіткої відповіді на питання формування цієї ділянки за умови північно-західного напрямку стоку. Правильну відповідь на цю дилему вдасться відшукати виключно під час ґрунтовних досліджень алювіальних відкладів терасових рівнів, які збереглися фрагментарно, та всестороннього аналізу результатів, отриманих палеогеоморфологами та гідрологами.

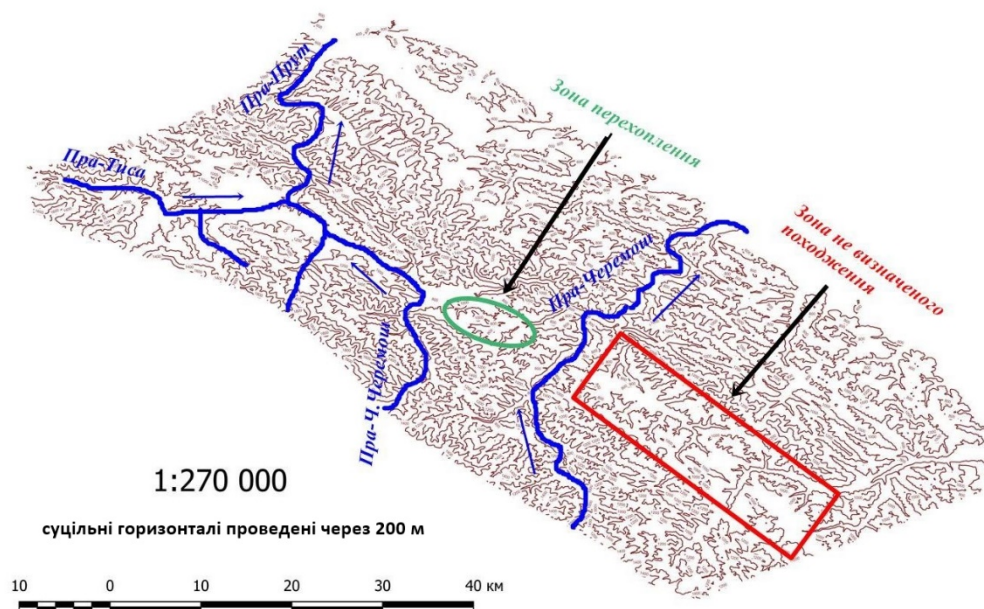


Рис. 2 Картохема ізолінії висот досліджуваної території з моделюванням напрямків стоку долин пра-річок (на основі теорії В. Клапчука, 1994).

Fig. 2. Map of the elevation isoline of the study area with modeling of the flow directions of paleovalley (on base theory V. Klapchuk, 1994).

Водночас теорія перебудови гідромережі р. Прут поблизу смт. Делятин та її зв'язок із Лючко-Ославською поздовжньою долиною, яка описана у праці Клапчука (1994) є більш підтвердженою: “Цікавою була перебудова річкової мережі в околицях смт. Делятин в севастопольсько-айдарський етап. Як вже зазначалось, р. Прут в цьому місці повертала різко на південний захід, а потім на північний схід, обходячи з півдня антикліналь Слободи-Рунгурської. Починаючи з околиць м. Коломия, р. Прут тече в самостійно виробленій долині. Тут р. Прут приймала велику ліву притоку – Бистрицю Надвірнянську, яка при виході з гір

повертала на південний схід і текла паралельно з ним, відхиляючись все більше на південь. Після опускання осі антикліналі Слободи-Рунгурської р. Прут змінила напрям русла на північно-східний і в околицях сіл Добротів та Ланчин з'єдналась з р. Бистриця Надвірнянська. Пра-долину Пруту по напрямку Делятин – Березів – Яблунів – Коломия успадкували ріки Ослава та Лючка. Ця перебудова відбулась, очевидно, в час, коли р. Прут формувала XII (ярківсько-кизил'ярську) надзаплавну терасу, тобто, 3,0 – 3,1 млн років тому”.

На рисунку 3 представлена гіпсометрична модель рельєфу на основі цифрових даних, яка дає змогу чіткіше, ніж на попередній ділянці, простежити напрям стоку р. Прут від виходу у Делятинську улоговину через Лючко-Ославську пра-долину в південно-східному напрямі, вздовж Слободи-Рунгурської, до м. Коломия. Відкритим залишається тільки одне питання: чи був це об'єднаний потік із пра-Бистрицею Надвірнянською, як вважали П. М. Цись та К. І. Геренчук, чи пра-Бистриця текла у сучасній долині р. Прут, як вважає В. М. Клапчук.

За даними останнього, дещо пізніше (2,8–2,9 млн років тому), тобто в богданівсько-сіверській етап, унаслідок опускання Станіславської улоговини р. Бистриця Надвірнянська відокремилась від Пруту і понесла свої води на північний схід до Дністра.

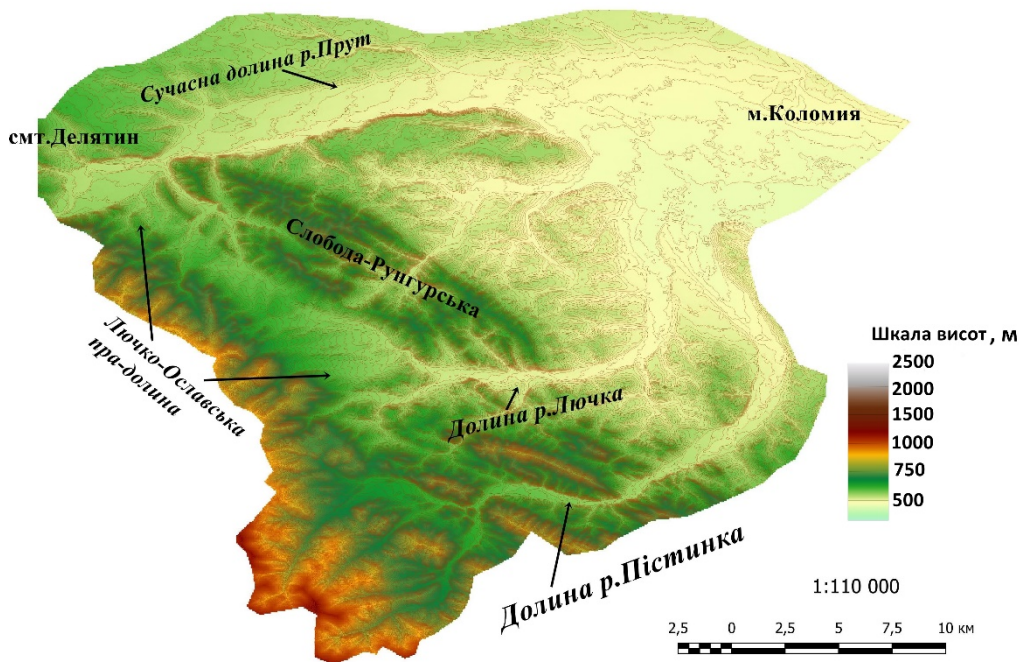


Рис. 3 Гіпсометрична карта на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) передгірної ділянки басейну Верхнього Пруту
Fig. 3. Hypsometric map based on the digital elevation model (DEM) of the foothill area of the Verchny Prut basin

Порівняно недавніми переформуваннями гідромережі в басейні Верхнього

Пруту є зміни в системі Пістинка–Лючка–Лючка Сопівка на передгірній ділянці у пригірлових зонах цих річок. Попередній аналіз та дані польових досліджень дають підстави вважати, що сучасне русло р. Лючка Сопівка від околиць с. Сопів до її злиття з річками Лючка та Пістинка аж до впадіння в р. Прут займають стару долину Пруту, який з часом був відтиснутий до лівого берега – ближче до сучасних околиць м. Коломия.

Наведену тезу вже була апробовано автором у її публікаціях (Костенюк і Поп'юк, 2019), отож зупинятимемось на ній детальніше. Хоча зрозуміло: питання не є чітко доведеним і потребує значно глибшого вивчення.

Обговорення. Сьогодні питання переформування гідрологічної мережі річок Українських Карпат і Верхнього Пруту (зокрема, перехоплення їхніх головних приток та зміни напрямку стоку) залишається недостатньо вивченим та обґрунтованим, незважаючи на колосальну роботу відомих фахівців, науковців геоморфологічної школи ЛНУ ім. Івана Франка, які присвятили його вирішенню багато часу та праці.

Проте залишається чимало нюансів, які потребують детальнішого вивчення та уточнення, а також можливого переосмислення цифрового моделювання за допомогою новітніх технологій – ГІС. Адже на ці складні проблемні питання, доповнені польовими дослідженнями, можливо вдасться поглянути з нового, практичнішого ракурсу.

Висновки. Формування сучасної гідромережі басейну Верхнього Пруту було складним процесом: на різних етапах розглядали як імовірні переформування за напрямом стоку головних приток, так і періодичний приріст чи зменшення площі водозбірного басейну. Водночас він супроводжувався впливом періодичних висхідних рухів та опускань на різних локальних ділянках, що не могло не відобразитись на зміні базису ерозії та, відповідно, переналаштуванні річкової системи до нових для неї умов.

Застосування сучасних технологій ГІС-аналізу, як і опрацювання даних цифрової топографічної бази Землі (SRTM) дало змогу наблизити до розуміння складності цих процесів та намітити шлях до майбутніх ключових ділянок обстеження в польових умовах, що допоможе точніше відповісти на цю складну дискусію, яка вже давно триває між гідрологами та геоморфологами: про причини та наслідки річкових перехоплень у різні періоди на території Українських Карпат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Андрейчук Ю. М. Геоінформаційне моделювання стану басейнових систем (на прикладі притоки Дністра – річки Коропець) : автореф. дис. канд. геогр. наук. Львів, 2012. 20 с.
- Байрак Г. Р. Висвітлення морфометричних показників рельєфу методами ArcGIS // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. Львів, 2008. С. 135–140.
- Байрак Г. Р. Методичні прийоми визначення та відображення густоти розчленування рельєфу у середовищі ArcGIS // Фізична географія та геоморфологія. Київ : Обрії, 2010. Вип. 58. С. 137–143.
- Байрак Г. Р. Можливості ГІС для відображення характеристик рельєфу і проявів сучасної екзодинаміки // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. Харків. 2014. Вип. 19. С. 3–6.

- Батурінець А. Г., Антоненко С. В. Огляд засобів для аналізу та візуалізації гідрологічних даних // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. 2019. Том 23. С. 3–14.
- Бубняк І., Ощипко Н., Урман А. Моласові відклади Передкарпаття – об’єкти геотуризму // Geotourism. Practice and Experience. Conference (April 2018). Lviv. 2018.
https://www.researchgate.net/profile/ihorbubniak/publication/325205773_molasse_formation_of_the_precarpathians_objects_of_geotourism_molasovi_vidkladi_peredkarpatta_-_ob%27ekti_geoturizmu/links/5afdbd910f7e9b98e0c75c9a/molasse-formation-of-the-precarpathians-objects-of-geotourism-molasovi-vidkladi-predkarpatta-obekti-geoturizmu.pdf
- Довгий С. О., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л., Томаченко О. В., Юрків Л. Я. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах : навч.-метод. посібник. Київ : Національний центр “Мала академія наук”, 2020. с. 268.
- Бурштинська Х., Бабушка А., Галочкін М. Моделювання гідрологічних процесів з використанням ГІС ARCGIS та модуля HEC-RAS // Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2020. Вип. 91. С. 28–40.
- Карабінюк М. М., Гнатяк І. С., Буряник О. О., Гостюк З. В., Карабінюк Я. В. Сучасна динаміка рівнів вод та їх паводкових підйомів у верхів’ї річки Прут у межах ландшафту Чорногора (Українські Карпати) // Фізична географія та геоморфологія. 2021. 1–3 (105–107). С. 7–17.
- Клапчук В. М. Етапи розвитку річкових долин басейну верхнього Пруту : Дисертація на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук / Інститут географії НАН України; спец. 11.00.04 “геоморфологія і еволюційна географія”. Київ, 1994. 180 с.
- Ковальчук І. П., Ковальчук А. І. Геоінформаційне атласне картографування річковобасейнових систем // Геополітика и экзогеодинамика регионов : науч. журнал. Симферополь, 2014. Том 10. Вип. 1. С. 63–67.
- Ковальчук І. П., Швець О. І., Андрейчук Ю. М. Картографічне моделювання гідроекологічних проблем річково-басейнових систем // Сучасні досягнення геодезичної науки: Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. Львів : Вид-во Львівської Політехніки, 2012. Вип. 1 (23). С. 220–226.
- Ковальчук І. Професор Петро Цись: внесок у розвиток української геоморфології // Історія української географії. 2004. Вип. 2/10. С. 7–12.
- Костенюк Л. В., Смирнова В. Г. Формування гідрографічної мережі гірської частини басейну Верхнього Пруту // Гідрологія, гідрохімія і гідоєкологія. Київ : Обрії. 2010. Том 2(19). С. 105–113.
- Костенюк Л. В., Поп’юк Я. А. Особливості формування гідрографічної мережі річкової системи Пістиньки–Лючки–Лючки Сопівки // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія. Тернопіль : Тайп. 2019. №2 (випуск 47). С. 33–40.
- Костенюк Л. В., Поп’юк Я. А., Лунгу Н. І. Особливості переформування гідрографічної мережі в басейні річки Білий Черемош // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 30-річчю відкриття кафедри географії України та регіоналістики і 80-річчю утворення Чернівецької області (м. Чернівці, 7-9 травня 2020 р.). Чернівці : Місто, 2020. С. 131–134.

- Костенюк Л. В., Заблотовська Н. В. Особливості руслових процесів на гірських річках в межах Ворохто-Путильського низькогір'я (басейн Черемошу) // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія. Тернопіль : Тайп. 2022. №1 (випуск 52). С. 51–59.
- Костенюк Л. Застосування програмного забезпечення ГІС для досліджень руслових процесів (на прикладі басейну р. Річка) // Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія. 2022. Вип. 839. С. 91–99.
- Кравчук Я. С. Геоморфологія Скибових Карпат. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2005. 232 с.
- Кравчук Я. С. Геоморфологія Полонинсько-Чорногірських Карпат. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 188 с.
- Назаревич А. Геоінформаційні технології в геомоніторингових дослідженнях // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 63. Львів. 2003. С. 266–271.
- Сливка Р. О. Геоморфологія Вододільно-Верховинських Карпат. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2001. 152 с.
- Соловей Т. Атлас поверхневих вод басейну Прута (в межах України) / укл. Т. Соловей, Т. Грушинський, К. Юзвяк. Кам'янець-Подільський : Мошинський В. С., 2009. 21 с.
- Чупило (Байрак) Г. Історико-тектонічні особливості формування гідромережі Українських Карпат на основі аналізу 3d-моделі рельєфу // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій : Зб. наук. праць Львів : Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2006. С. 141–151.
- Burshtynska Kh., Babushka A., Tretyak S., Halochkin M. Monitoring of the riverbed of river Dniester using remote sensing data and GIS technologies // 25th Anniversary Conference: Geographic Information Systems and Exhibition. GIS ODYSSEY. 2018. P. 64–73.
- Burshtynska Kh., Shevchuk V., Tretyak S., Vekliuk V. Monitoring of the riverbeds of rivers Dniester and Tisza of the Carpathian region // XXIII ISPRS Congress, Commission VII (Vol. XLIB7) 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic. P. 177–182, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B7-177-2016.

REFERENCES

- Andreychuk, Yu. M., 2012. Geoinformational modeling of the state of basin systems (on the example of the tributary of the Dniester – the Koropets River): autoref. thesis Ph.D. geogr. of science. Lviv, 20. (In Ukrainian)
- Bayrak, G. R., 2008. Reflection of morphometric indexes of relief by the methods of ArcGIS In *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories*. Lviv, 2008. 135–140. (In Ukrainian)
- Bayrak, G. R., 2010. Methodical receptions of determination and reflection densities of horizontal dismemberment of relief are in environment of ArcGIS In *Physical geography and geomorphology*, 58. Kyiv: Obrii, 137–143. (In Ukrainian)
- Bayrak, G. R., 2014. The possibilities of GIS for displaying the characteristics of the terrain and manifestations of modern exodynamics. In *Problems of continuous geographical education and cartography*, 19. Kharkiv, 3–6. (In Ukrainian)
- Baturinets, A. H., Antonenko, S. V., 2019. Overview of tools for analysis and visualization of hydrological data. In *Actual problems of automation and information technologies*. 23, 3–14. (In Ukrainian)

- Bubnyak, I., Oshchypko, N., Ukhman, A., 2018. Molasses deposits of Precarpathia are objects of geotourism. In *Conference: Geotourism. Practice and Experience*. URL : https://www.researchgate.net/profile/ihorbubniak/publication/325205773_molasse_formation_of_the_precarpathians_objects_of_geotourism_molasovi_vidkladi_peredkar_patta_-_ob%27ekti_geoturizmu/links/5afdbd910f7e9b98e0c75c9a/molasse-formation-of-the-precарpathians-objects-of-geotourism-molasovi-vidkladi-peredkarpatta-obekti-geoturizmu.pdf
- Dovhyy, S.O., Babiychuk, S.M., Kuchma, T.L., Tomachenko, O.V., Yurkiv, L.Ya., 2020. Remote sensing of the Earth: analysis of space images in geoinformation systems: training and method manual. Kyiv : National Center "Small Academy of Sciences", 268. (In Ukrainian)
- Burshtynska, Kh., Babushka, A., Halochkin, M., 2020. Modeling of hydrological processes using GIS ARCGIS and the HPP-RAS module. In *Geodesy, cartography and aerial photography*, 91, 28–40. (In Ukrainian)
- Karabinyuk, M. M., Hnatyak, I. S., Buryanyk, O. O., Hostyuk, Z. V., Karabinyuk, Y. V., 2021. Modern dynamics of water levels and their flood rises in the upper reaches of the Prut River within the landscape of Chornohora (Ukrainian Carpathians). In *Physical geography and geomorphology*, 1–3 (105–107), 7–17. (In Ukrainian)
- Klapchuk, V. M., 1994. Stages of development of river valleys of the upper Prut basin. Dissertation for obtaining sciences. candidate degree geogr. sciences; Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine; special 11.00.04 "geomorphology and evolutionary geography". Kyiv, 180. (In Ukrainian)
- Kovalchuk, I. P., Kovalchuk, A. I., 2014. Geoinformatics and atlas mapping of river basin systems. In *Geopolitics and exogeodynamics of regions: Scientific journal*, 10, 1. Symferopol', 63–67. (In Ukrainian)
- Kovalchuk, I. P. Shvets, O. I., Andreychuk, Yu. M., 2012. Cartographic modeling of hydroecological problems of river basin systems. In *Modern achievements of geodetic science: Collection of scientific works of the Western Geodetic Society of UTGC*. Lviv: Politekhnik, 1 (23), 220–226. (In Ukrainian)
- Kovalchuk, I., 2004. Professor Petro Tsis: contribution to the development of Ukrainian geomorphology. In *History of Ukrainian geography*, 2/10, 7–12. (In Ukrainian)
- Kosteniuk, L.V., Smirnova V. G., 2010. Formation of the hydrographic network of the mountainous part of the Upper Prut basin. In *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. Kyiv: Obryi, 105–113. (In Ukrainian)
- Kostenyuk, L. V., Popyuk, Ya. A., 2019. Peculiarities of the formation of the hydrographic network of the Pistinka–Lyuchka–Luchka Sopivka river system. In *Scientific notes of the Ternopil Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Geography*. Ternopil: Type, 2, 47, 33–40. (In Ukrainian)
- Kostenyuk, L. V., Popyuk, Y. A., Lungu, N. I., 2020. Peculiarities of the reshaping of the hydrographic network in the Belyi Cheremosh river basin In *Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 30th anniversary of the opening of the Department of Geography of Ukraine and Regional Studies and the 80th anniversary formation of Chernivtsi region* (Chernivtsi, May 7-9, 2020). Chernivtsi: City, 131–134. (In Ukrainian)
- Kostenyuk, L. V., Zablotovska, N. V., 2022. Peculiarities of channel processes on mountain rivers within the limits of the Vorokhto-Putilsk lowlands (Cheremosha basin)

- In *Scientific Notes of Volodymyr Hnatyuk Ternopil Pedagogical University. Series: Geography*. Ternopil: Type, 1, 52, 51–59. (In Ukrainian)
- Kosteniuk, L., 2022. Application of GIS software for studies of channel processes (on the example of the basin of the River River) In *Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Series: Geography*, 839, 91–99. (In Ukrainian)
- Kravchuk, Ya. S., 2005. Geomorphology of the Skibo Carpathians. Lviv: Ivan Franko National University, 232. (In Ukrainian)
- Kravchuk, Ya. S., 2008. Geomorphology of the Poloninsk-Chornohora Carpathians. Lviv: Ivan Franko National University, 188. (In Ukrainian)
- Nazarevych, A., 2003. Geoinformation technologies in geomonitoring studies. In *Geodesy, cartography and aerial photography*, 63. Lviv, 266–271. (In Ukrainian)
- Slyvka, R. O., 2001. Geomorphology of the Watershed-Verkhovyna Carpathians. Lviv: Ivan Franko National University, 152. (In Ukrainian)
- Solovei, T., 2009. Atlas of surface waters of the Prut basin (within Ukraine) / ed. T. Solovei, T. Hrushchynskyi, K. Yuzvyak. Kamianets-Podilskyi, 21. (In Ukrainian)
- Chupylo (Bayrak), G., 2006. Historic-tektonical features of formation of a hydrographic network of the Ukrainian Carpathians on the basis of the analysis of three-dimensional model of relief. In *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: Collection. of science works Lviv: Publ. center of LNU named after I. Franko*, 141–151. (In Ukrainian)
- Burshtynska, Kh., Babushka, A., Tretyak, S., Halochkin, M., 2018. Monitoring of the riverbed of river Dniester using remote sensing data and GIS technologies In *25th Anniversary Conference: Geographic Information Systems and Exhibition. GIS ODYSSEY*, 64–73.
- Burshtynska, Kh., Shevchuk, V., Tretyak, S., Vekliuk, V., 2016. Monitoring of the riverbeds of rivers Dniester and Tisza of the Carpathian region. In *XXIII ISPRS Congress, Commission VII, XLIB7*. Prague, Czech Republic. 177–182. doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B7-177-2016.