

Застосування програмного забезпечення ГІС для досліджень руслових процесів (на прикладі басейну р. Річка)

Людмила КОСТЕНЮК^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-1828-7084>

УДК 556.537:551.435.13(477.85)

АНАЛІТИЧНА СТАТТЯ

¹ Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
кафедра географії України та регіоналістики

Листування – *l.kosteniyk@chnu.edu.ua

Ключові слова: ГІС, 3D моделювання, інтерполяція TIN, горизонталі, басейнові системи, руслові процеси.

Анотація: Стаття присвячена складному питанню застосування різних типів програмного забезпечення геоінформаційних систем (ГІС) для дослідження руслових процесів на малих гірських річках.

Створення на основі картографічних даних відповідних моделей басейнових систем на даний час є дуже актуальним та водночас складним у програмному відношенні питанням, якому варто приділяти більше уваги в сучасних наукових дослідженнях. Наявність широкого спектру програмного забезпечення таких як ArcGIS, Quantum GIS (QGIS), MapInfo Professional та інших, якнайкраще можуть заповнити прогалини в дослідженнях руслових процесів на річках різних розмірів та з кардинально різними умовами формування, частково замінюючи та уточнюючи дані польових досліджень яких так не вистачає зараз багатьом водним об'єктам, зокрема на території Українських Карпат (через відсутність даних регулярних спостережень). Саме відсутність системи моніторингу на таких водних об'єктах і є основною причиною недостатнього рівня їх вивченості та представлення в літературних джерелах з руслознавства.

1. ВСТУП

Як відомо, руслові процеси це – явище, що ґрунтується на постійній взаємодії водних потоків (річок) та поверхні суші. І відсутність реальних можливостей оцінки гідрологічного режиму водного об'єкту через брак інформації за даними спостережень, одразу ж нівелює перспективи дослідження руслових процесів на цьому об'єкті, як єдиної активної складової системи потік-русло (Костенюк 2021).

В той же час застосування сучасних засобів програмного забезпечення, відкриває перед нами можливість доповнити наявні дані гідрологічної інформації, через застосування принципу тісного взаємозв'язку підстилаючої поверхні та активної гідрологічної складової (стоку води), що відображається у системі функціонування річкового басейну. За виразом класика гідрологічних досліджень Воейкова (1884) річки є продуктом кліматичних умов, в

2022, 839; DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2022.839.91-99>

 Open Access. © 2022 Л. КОСТЕНЮК

опубліковано у Чернівецькому національному університеті

Ця робота ліцензується відповідно до

CC BY-NC-ND із Зазначенням Авторства – Некомерційна – Без Похідних 4.0 Міжнародна



той же час результатом цієї «продуктивності» є зміни підстилаючої поверхні, що виражаються через руслові процеси та форми їх прояву.

Застосування геоінформаційних технологій в гідрологічних дослідження дозволяє як деталізувати окремі ділянки русел для їх подальшого вивчення та поглиблення аналізу руслових процесів, так і навпаки узагальнювати інформацію на основі даних окремих точок чи ділянок русел у цілісну басейнову систему.

В даній публікації представлена саме спроба об'єднати, доповнити та узагальнити за допомогою програмного забезпечення QGIS, наукові дослідження руслових процесів на р.Річка, детальному вивченню яких автор уже присвятила ряд праць ([Костенюк 2009](#); [Костенюк, Одинська 2021](#); [Костенюк 2021, 2022](#)).

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для роботи з будь яким програмним забезпеченням ГІС технологій, важливою відправною точкою є наявність хорошого картографічного матеріалу чи супутникових знімків і якість отриманих результатів моделювання прямо залежить від якості вихідних матеріалів.

Обраний об'єкт дослідження – р. Річка, характеризується певною специфікою. Це невелика за розмірами ріка, довжиною 15,1 км і загальною площею басейну всього 77,3 км², є здавалось би типовою гірською рікою, басейн якої повністю формується в межах гірської системи Українських Карпат. На цьому об'єкті ніколи не проводилось жодних регулярних спостережень, що визначається насамперед розташуванням її гідромережі у важко доступній частині гірських масивів.

В той же час, як уже не раз зазначалось автором ([Костенюк 2021, 2022](#)), важливою особливістю цієї ріки є те, що вона незважаючи на свої невеликі розміри, протікає аж через три геоморфологічні області Українських Карпат: Полонинсько-Чорногірську, Вододільно-Верховинську та область Зовнішніх (Скибових) Карпат ([Кравчук 2008](#); [Костенюк 2021](#)). А отже, орографічні умови на території її невеликого басейну, повинні відображати цю складну специфіку і показати не звичайний характер палеоруслових форм та її сучасної гідромережі. Саме не типові особливості її русло формування вирізняють дану руслову систему серед здавалось би аналогічних за розмірами та природними умовами басейнів сусідніх гірських річок.

Якраз цю специфіку можна спробувати відобразити за допомогою спеціальних модулів QGIS: створення відповідних шарів горизонталей та точок з відмітками висот і на їх основі побудувати 3D модель басейну досліджуваної ріки.

Вихідною інформацією нам послужили карти масштабом 1 : 25 000 (1959-61 року видання), на основі яких було створено растровий шар для подальшого опрацювання у системі QGIS.

Власне програмне забезпечення QGIS – є однією з найбільш популярних, функціональних крос-платформних ГІС, яка є у вільному доступі (відповідно до ліцензії GNU GPL), що динамічно розвивається і використовується на міжнародному рівні в академічному і професійному середовищі. Гарі Шерман створив Quantum GIS у 2002 р., 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. Зараз користуватися QGIS можна понад 40-ма мовами світу ([Довгий та ін. 2020](#)).

Отже приймаючи за базу растрові зображення топографічних карт, хорошої якості та достатньо інформативного, як для гірської території, масштабу 1 : 25 000, можна приступати до створення відповідних векторних даних, які стануть основою для подальшої TIN інтерполяції та 3D моделювання досліджуваного басейну.

При цьому було застосовано методи створення ГІС-карт у програмному забезпеченні QGIS, що дає можливість використання, збереження, редагування, аналізу та відображення географічних даних.

Нагадаємо декілька основних методів та способів створення ГІС-проектів, які були використані автором в подальшій роботі та створенні підсумкової карти:

Л. Костенюк. Застосування програмного забезпечення ГІС для досліджень руслових процесів (на прикладі басейну р. Річка)

- географічна прив'язка растрових зображень проводилась через систему координат X/Y Проект CEK: EPSG:28405 – Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5 у відповідності до вихідних даних топографічних карт;
- об'єкти ГІС-проекту були організовані в шари та збережені в GeoPackage;
- самі шари за типом геометрії були розділені на точкові (Point), лінійні (Polyline) та полігональні (Poligone).

До точкових шарів були внесені векторні дані вершин гірських хребтів та дані урізів води основного русла, до лінійних шарів були внесені векторні дані горизонталей з відображенням відповідних параметрів висот у таблиці атрибутів, обриви із задіяною системою Z вимірювання для можливості проведення інтерполяції значень висоти через додатковий модуль (*qgis-interpolate_missing_z_line-master*) та межі басейну (без значення висотних відміток), а тільки для візуального обмеження поля роботи з необхідними векторними даними. До полігональних шарів були віднесені окремо територія басейну, для подальшої можливості обрізання растру TIN інтерполяції по його межах.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В програмному забезпеченні QGIS, однією з можливостей є створення моделі рельєфу певної території, яка є об'єктом дослідження. Ця можливість реалізується декількома способами, проте головною умовою як завжди є відповідна база даних з відповідними значеннями висот. Саме від того якою вихідною інформацією ви користуєтесь для реалізації мети побудови моделі рельєфу і залежатиме отриманий результат.

Дані рельєфу можна отримати через завантаження цифрової топографічної бази Землі SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), растрових зображень топографічних карт відповідних масштабів або даних дистанційного зондування Землі отриманих з різних ресурсів, як наприклад за допомогою порталів USGS, НАСА та ЄКА. Також, на даний час є чимало вебплатформ для відкритого та безкоштовного доступу до радарних та космознімків, таких як *Copernicus Open Access Hub*, *EO Browser*, *USGS Earth Explorer* та інші.

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

Так наприклад, згадувана нами топографічна база Землі SRTM, дозволяє охопити практично всю територію обох півкуль, окрім крайньої півночі, та отримати хороший результат моделювання рельєфу великих географічних об'єктів. Дані для моделювання можна знайти за посиланням (<https://srtm.csi.cgiar.org>), завантаживши відповідний Geo TIFF в програмному забезпеченні QGIS, отримаємо готову базу даних висот рельєфу за якою можна отримати ГІС-карту будь якої території.

На *рисунку 1* представлено результати такого опрацювання стосовно території досліджуваного басейну р. Ріка.

Як бачимо для таких невеликих за площею басейнів, як наш досліджуваний об'єкт, використання даної векторної бази SRTM не є достатнім та інформативним. Навіть додаткове створення нижнього підсилюючого шару експозиції схилів та додавання ізоліній через растровий модуль не набагато покращують ситуацію (*рис. 2*).

А отже можна зробити висновок, що далеко не всі графічні та векторні дані підходять для реалізації побудови тривимірних моделей рельєфу, особливо якщо досліджувана територія не велика за площею.

Саме тому, для отримання оптимального підсумкового результату варто пробувати різні підходи до реалізації створення ГІС-карт, та враховувати можливості їх не високої роздільної здатності. Звісно дана топографічна база Землі SRTM є дуже ефективною при побудові

моделей рельєфу крупних географічних об'єктів і могла б легко застосовуватись автором, якби об'єктом дослідження був Верхній Прут, чи його окремі великі притоки: Рибниця, Черемош, Чорнява або річкова система Пістиньки-Лючки-Сопівки.

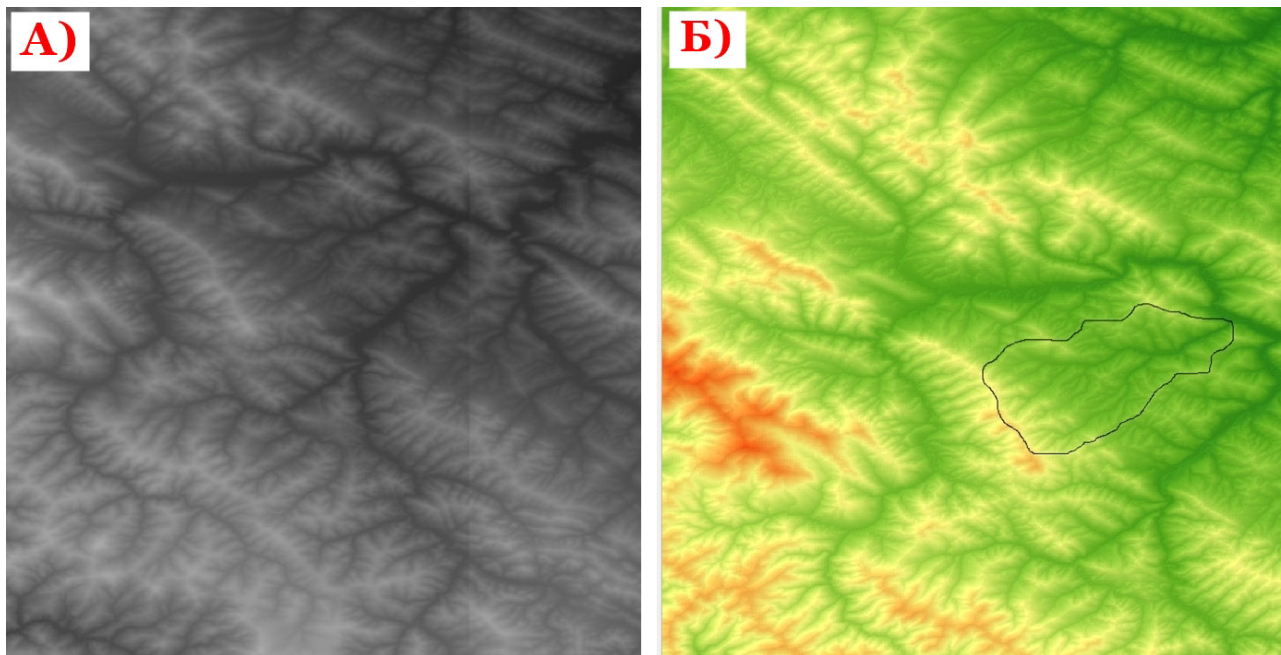


Рис. 1. Модель рельєфу території басейну р. Річка виконана за даними топографічної бази Землі SRTM
А – одноканальний сірий; Б – одноканальний псевдоколір, з позначеними межами басейну

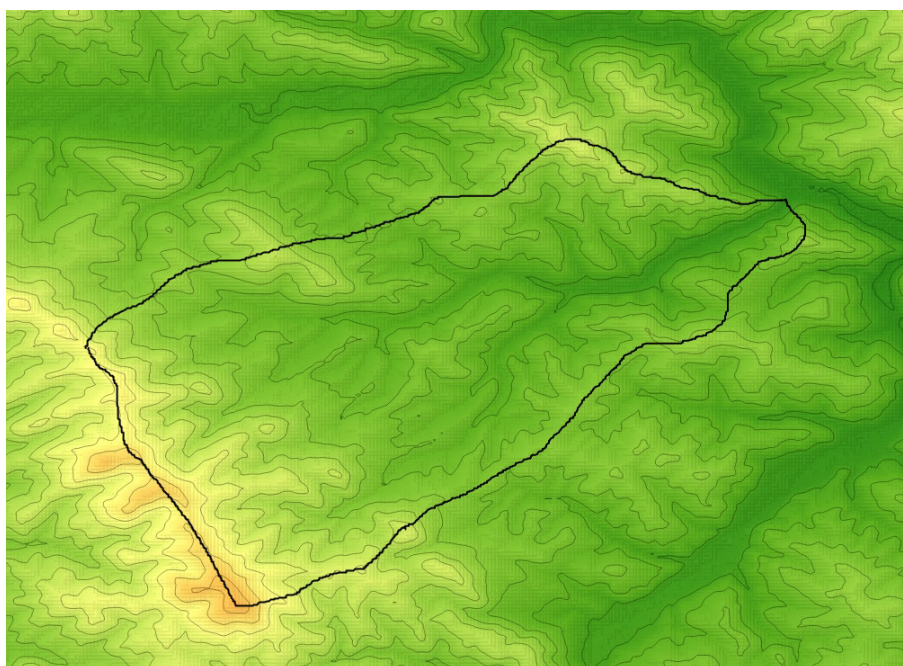


Рис. 2. Модель рельєфу території басейну р. Річка
із застосуванням даних експозиції схилів та ізолініями висот

Саме тому, для даного випадку довелося використовувати як базу растрові зображення топографічних карт масштабом 1 : 25 000, які охоплюють територію дослідження басейну р. Ріка (рис. 3).

Нажаль, більшість науковців, дослідників гірської території Українських Карпат, стикаються із проблемою відсутності картографічних джерел інформації, необхідної якості та масштабу. І якщо на даний час можна досить легко отримати космо- та супутникові знімки високої якості, зокрема за посиланнями згадуваними вище, то доступ до топографічних карт масштабом менше 1 : 100 000 на даний час є обмеженим.

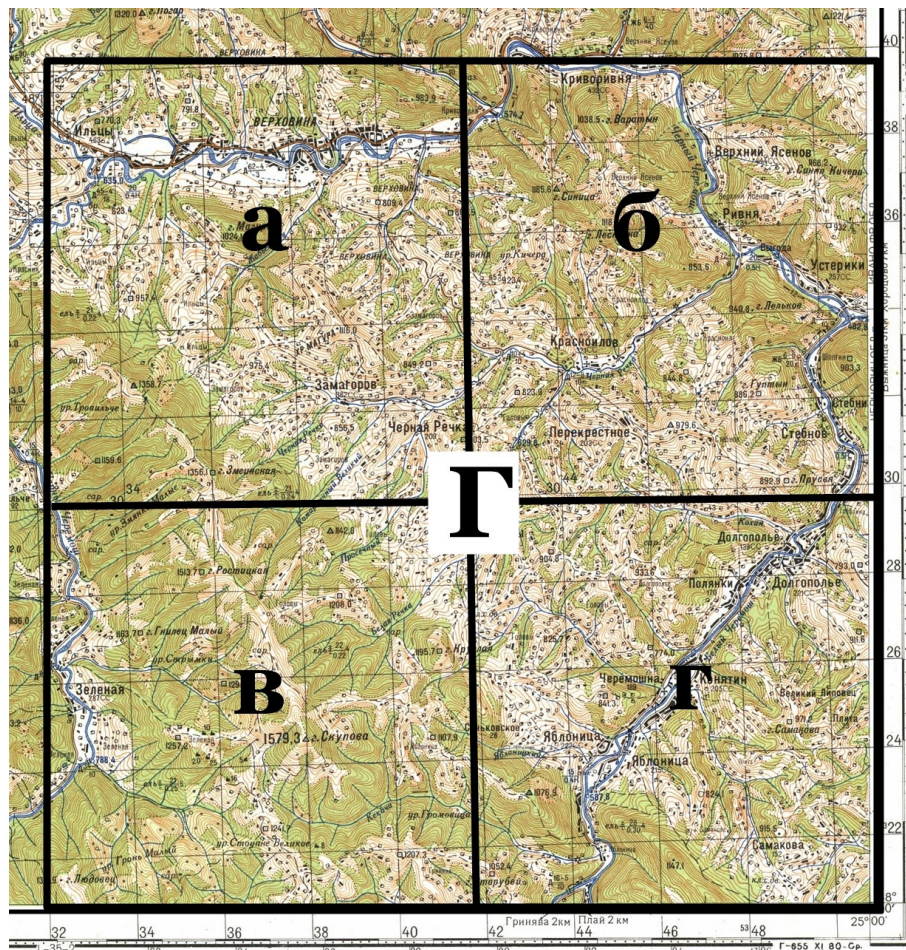


Рис. 3. Схема розграфки топографічних карт що охоплюють територію басейну р. Річка

На **рисунку 3** представлено частину топографічної карти (1 : 100 000), який є основою розграфки карт меншого масштабу 1 : 25 000, які якраз і були основою растрових зображень для створення проекту в QGIS.

Для виконання даного ГІС-проекту, було використано 4 карти: М-35-134-Г-а (1961 р.), М-35-134-Г-б (1959 р.), М-35-134-Г-в (1961 р.), М-35-134-Г-г (1959 р.).

Основна частина басейну розташована в межах листа М-35-134-Г-б, інші листи охоплюють верхів'я річок басейну р. Річка. Система прив'язки здійснювалась за координатами *X/Y Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5*. Суцільні горизонталі на всіх картах проведені через 5 м. При векторизації ізоліній в проекті QGIS, зважаючи на досить сильне розчленування рельєфу досліджуваної території були використані горизонталі кратні 25 м.

Основна частина роботи була відведена на оцифрування растрових зображень, зокрема векторизацію горизонталей, що є основним джерелом відображення рельєфу досліджуваного басейну та створення 3D моделі.

Як уже зазначалось вище, значне розчленування території басейну р. Річка, який відноситься до середньо- та низькогірного рельєфу, за допомогою ізоліній (горизонталей)

потребує багато часу та зусиль. Оцифровка тільки кратних 25 м (жирних) ізоліній для досліджуваного басейну представлена на **рисунку 4**. Дана топографічна інтерпретація басейну р. Річка з відмітками висот уже дає достатньо точне відображення рельєфу даної території.

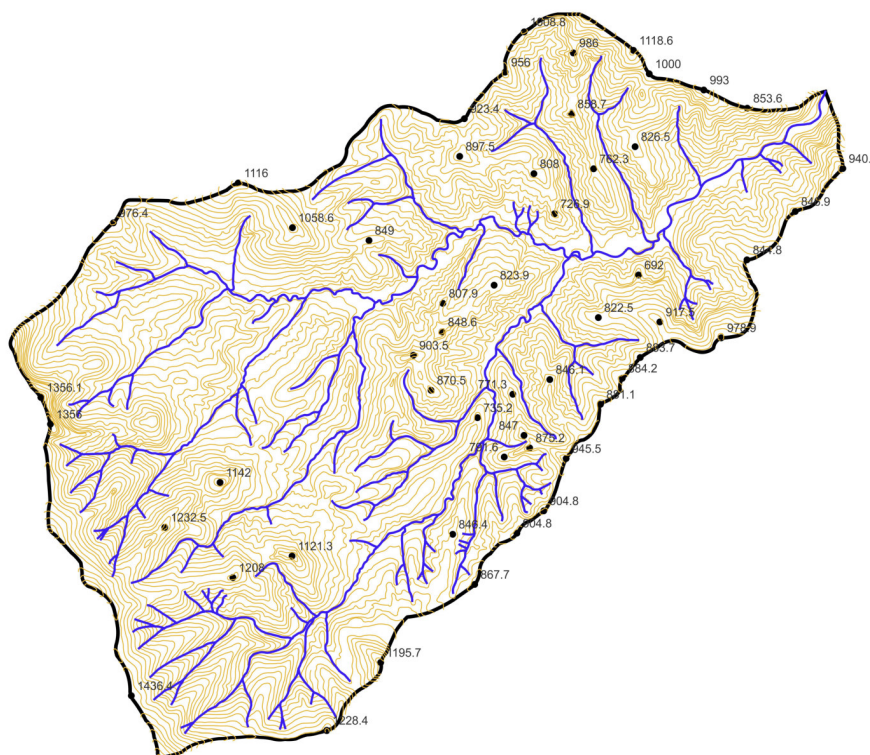


Рис. 4. Картохема ізоліній (горизонталей) рельєфу басейну р. Річка

На **рисунку 4** представлена ГІС-карта з векторизованими даними ізоліній рельєфу (горизонталями) оцифрованими на основі растрових топографічних зображень масштабом 1 : 25 000. Також на зображенні представлено гідромережу басейну р. Річка, для можливості орієнтування напрямку стоку основних річок.

Така модель, з нанесеними векторизованими даними ізоліній, точками висот та урізів води в руслі є основою для подальшого створення 3D моделі досліджуваної території через застосування модулів TIN інтерполяції програмного забезпечення QGIS.

Саме широкий вибір аналітичних можливостей та моделювання і є основою геоінформаційних систем. Враховуючи прикладні особливості ГІС вони мають можливості крім власних, властивих лише ГІС, видів аналізів, ще і виконувати аналізи абсолютно всіх галузей, для яких створені, а отже є достатнім інструментом для визначення особливостей підстилаючої поверхні в дослідженнях руслових процесів.

Потреба в аналізі і перетворенні інформації в геоінформаційних системах настільки велика, що відповідні інструменти знаходяться практично у всіх елементах, вікнах та інструментах. Цей аналіз використовує як картографічні так і спеціальні інструменти та модулі. Застосування можливості інструменту TIN інтерполяції дозволила створити набагато вищу по якості 3D модель рельєфу досліджуваного басейну (**рис. 5**), ніж описаним вище способом застосування топографічної бази Землі SRTM (**рис. 1–2**).

Отримавши як базову, таку 3D модель, із майбутнім привнесенням додаткових інформаційних даних, можна суттєво покращити результативність гідрологічних досліджень таких невеликих річкових басейнів як представлений нами сьогодні об'єкт – басейн р. Річка.

У інших публікаціях автором зазначено, що саме недостатня кількість наукових досліджень по даному об'єкту а також відсутність регулярних спостережень в басейні р. Річка робить його не сприятливим для поглиблених наукових досліджень, чому явно не сприяє також і певна його віддаленість від об'єктів інфраструктури (Костенюк 2009).

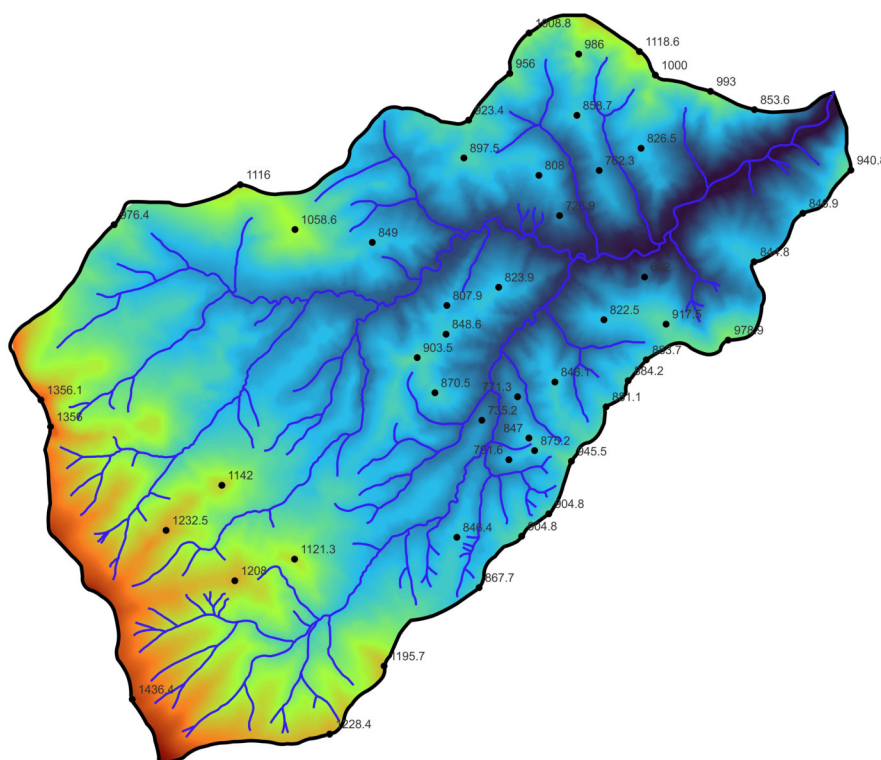


Рис. 5. 3D модель (TIN інтерполяція) рельєфу басейну р. Річка

Певний пробіл у більш комплексному аналізі гідрологічного режиму та руслових процесів на р. Річка автором уже заповнений у результаті експедиційних виїздів (Костенюк 2022).

Створення ж цифрової моделі басейну і ГІС-карти дозволить підтвердити та поглибити попередні наукові доробки по даному водному об'єкту. Аналіз 3D моделі може наблизити нас до розкриття палеогеографічних умов та відбитті їх особливостей на руслових процесах річок даного басейну в межах трьох геоморфологічних зон. А також краще дослідити, а можливо і спростувати, деякі поширені теорії щодо зародження та становлення гідромережі річок даного регіону Карпат.

На *рисунку 6* представлена частина цифрової карти басейну, що показує вузол злиття рік Чорна Річка та Біла Річка, з нанесеними позначеннями урвистих берегів та осипів. Автором також планується доповнення до сформованого ГІС-проекту на основі деталізованого доопрацювання даних по високих уступах, урвищах та осипах, інформація про які була зібрана під час попереднього експедиційного виїзду та візуального обстеження русла.

4. ВИСНОВКИ

Як зазначалось автором у попередніх роботах (Костенюк 2021, 2022), русло р. Річка та його головних допливів рік Чорна Річка та Біла Річка відображає специфіку складних переформувань гідромережі, що сформувалась в умовах Вододільно-Верховинської області Українських Карпат (Кравчук 2005, 2008).

В орографічному відношенні це територія Ворохто-Путильського низькогір'я, яка відображає складні палеогеографічні особливості формування типів русел річок які протікають через цю зону.

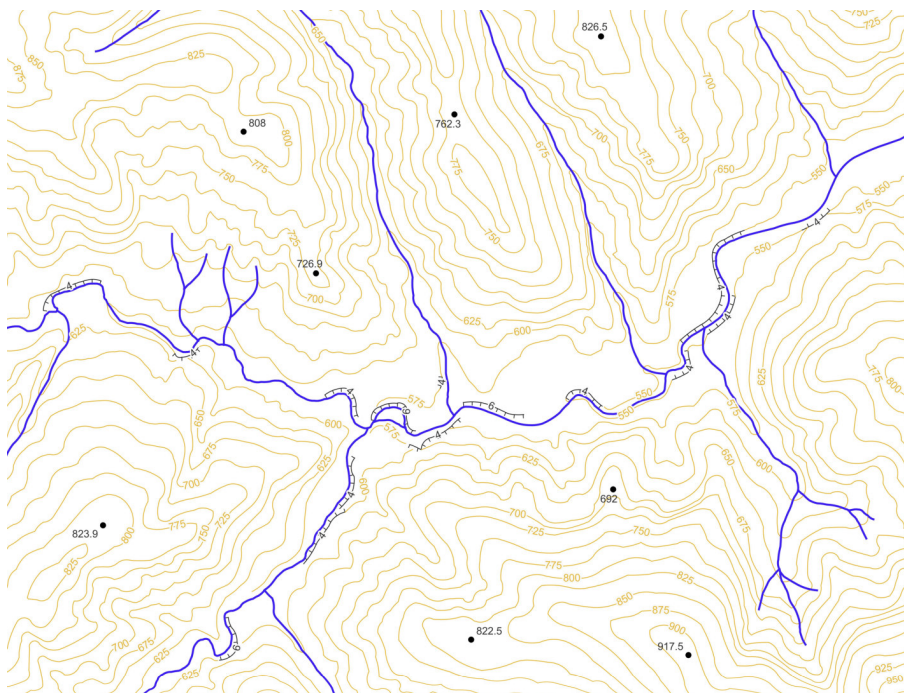


Рис. 6. Картохема ізоліній рельєфу у вузлі злиття рік Чорна та Біла Річка

Застосування програмного забезпечення геоінформаційних систем дозволить більш глибоко та всебічно дослідити це недостатньо висвітлене питання. Адже як зазначалося на початку публікації: річковий стік є продуктом клімату, а форми русел є відображенням цієї взаємодії із підстилаючою поверхнею. А отже більш детальне дослідження палеогеографічних особливостей через, призму цифрових моделей, дозволить нам визначити зміни умов руслоформування на річках досліджуваної території, що відбувалися в минулому.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Воейков, А.И.** (1884). *Климаты земного шара, в особенности России*. Санкт-Петербург : Картографическое заведение А. Ильина. [Voejkov, A.I. (1884). *Klimaty` zemnogo shara, v osobennosti Rosii*. Sankt-Peterburg : Kartograficheskoe zavedenie A. Il'ina.]
2. **Довгий, С.О., Бабійчук, С.М., Кучма, Т.Л., Томаченко, О.В., Юрків, Л.Я.** (2020). *Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах : навчально-методичний посібник*. Київ : Національний центр «Мала академія наук». [Dovhyi, S.O., Babiichuk, S.M., Kuchma, T.L., Tomachenko, O.V., Yurkiv, L.Ia. (2020). *Dystantsiine zonduvannia Zemli: analiz kosmichnykh znimkiv u heoinformatsiinykh systemakh : navchalno-metodychnyi posibnyk*. Kyiv : Natsionalnyi tsentr «Mala akademiia nauk».]
3. **Костенюк, Л.В.** (2009). Морфодинамічні типи русла ріки Чорний Черемош. *Гідрологія, гідрохімія і гідоекологія*, 16, 120-129. [Kosteniuk, L.V. (2009). Morfodynamichni typy rusla riky Chornyi Cheremosh. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidoekolohiia*, 16, 120-129.]
4. **Костенюк, Л.В., Одинська, Л.М.** (2021). Особливості гідромережі та руслових процесів р. Річка (басейн Чорного Черемошу). *Культурний ландшафт як географічний феномен : матеріали Міжнародної наукової конференції (Чернівці, 23–25 вересня 2021 р.)*, 133-134. [Kosteniuk, L.V., Odynska, L.M. (2021). Osoblyvosti hidromerezhi ta ruslovykh protsesiv r. Richka (basein Chornoho Cheremoshu). *Kulturnyi landshaft yak heohrafichnyi fenomen : materialy Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii (Chernivtsi, 23–25 veresnia 2021 r.)*, 133-134.]
5. **Костенюк, Л.** (2021). Особливості руслових процесів на р. Річка (басейн Чорного Черемошу). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. Матеріали доповідей*

Л. Костенюк. Застосування програмного забезпечення ГІС для досліджень руслових процесів (на прикладі басейну р. Річка)

- 12 науково-практичного семінару за міжнародної участі (25–26 листопада 2021 р.), 56-60. [Kosteniuk, L. (2021). Osoblyvosti ruslovykh protsesiv na r. Richka (basein Chornoho Cheremoshu). Problemy heomorfologii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylyhlykh terytorii. *Materialy dopovidei 12 naukovo-praktychnoho seminaru za mizhnarodnoi uchasti (25–26 lystopada 2021 r.)*, 56-60.]
6. Костенюк, Л. (2022). Дослідження руслових процесів на річці Річці (басейн Чорного Черемошу). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат та прилеглих територій*, 2(13), 78-94. [Kosteniuk, L. (2022). Doslidzhennia ruslovykh protsesiv na richtsi Richtsi (basein Chornoho Cheremoshu). *Problemy heomorfologii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat ta prylyhlykh terytorii*, 2(13), 78-94.]
7. Кравчук, Я.С. (2005). *Геоморфологія Скибових Карпат*. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. [Kravchuk, Ya.S. (2005). *Neomorfologhiia Skybovykh Karpat*. Lviv : VTs LNU imeni Ivana Franka.]
8. Кравчук, Я.С. (2008). *Геоморфологія Полонинсько-Чорногірських Карпат*. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. [Kravchuk, Ya.S. (2008). *Neomorfologhiia Polonynsko-Chornohirskykh Karpat*. Lviv : VTs LNU imeni Ivana Franka.]

L. Kosteniuk

Applications of GIS software for research of chanel process (on example of the r. Richka basin)

Keywords: GIS, 3D modelling, TIN interpolation, isolines, basin systems, channel processes.

Abstract: This article is devoted to the complex issue of the application of various types of geographic information systems (GIS) software for the study of channel processes on small mountain rivers.

The creation of appropriate models of basin systems based on cartographic data is currently a very relevant and at the same time complex issue in terms of programming, which should be given more attention in modern scientific research.

The use of modern software tools gives us the opportunity to supplement the existing data of hydrological information, through the application of the principle of the close relationship between the underlying surface and the active hydrological component (water flow), which is reflected in the functioning system of the river basin.

The use of geo-information technologies in hydrological studies allows both to detail individual sections of riverbeds for their further study and to deepen the analysis of channel processes, and vice versa to generalize information based on the data of individual points or sections of riverbeds into a complete basin system.

This publication presents an attempt to combine, supplement and generalize with the help of QGIS software, scientific studies of channel processes on the Richka River, to the detailed study of which the author has already devoted a number of her works.

The creation of a digital model of the basin and a GIS map will allow to confirm and deepen the previous scientific developments on this water object. The analysis of the 3D model can bring us closer to revealing paleogeographical conditions and reflecting their features on channel processes of the rivers of this basin within three geomorphological zones. And it is also better to investigate, and perhaps refute, some common theories about the origin and formation of the network of rivers in this Carpathian region.

Application of software of geographic information systems will allow to more deeply and comprehensively investigate this insufficiently covered issue. After all, as noted at the beginning of the publication: river flow is a product of the climate, and the shape of the riverbeds is a reflection of this interaction with the underlying surface. And therefore, a more detailed study of paleogeographical features through the clear vision of digital models will allow us to determine the changes in channel formation conditions on the rivers of the studied territory that occurred in the past.

Стаття надійшла до редакції 24.12.2022