
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 504.064:528.8:911.2(282.247.32)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.6-57.27>

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ АНТРОПОГЕННИХ ЗМІН В БАСЕЙНІ РІЧКИ СЕРЕТ

Паланичко О.В., Волянюк К.М.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського, 2, 58000, м. Чернівці
o.palanychko@chnu.edu.ua, volianiuk.kostiantyn@chnu.edu.ua

Розкрито результати дослідження змін природних та антропогенних умов формування басейну річки Серет. Проаналізовано вплив природних та антропогенних чинників на басейн річки. Описано існуючі методичні підходи та попередні дослідження науковців в басейні річки Серет. Для аналізу застосовано дані ДЗЗ та сучасні ГІС-технології. Досліджено особливості деформації русла та змін в басейні річки під впливом природних та антропогенних чинників. Визначено основні з них, які найбільше впливають. З аналізу дослідження умов розвитку руслових процесів річки Серет за період з 1861 по 2020 роки випливає, що русло річки є найбільш динамічним елементом рельєфу річкової долини. Зміни в руслі річки спостерігаються як поступові, так і дуже активні, що призводить до значних змін у рельєфі басейну. За результатами досліджень, проведених з використанням топографічних карт 1861 року та космознімків високої роздільної здатності за 2005 і 2020 роки, було виявлено суттєві зміни природних та антропогенних умов в басейні річки Серет. Виявлено вздовж русла річки значний антропогенний вплив, що проявляється у спрямленні русла, побудові різних інженерних споруд, розростання площі міст, вирубуванні лісових насаджень та розорюванні в басейні річки. За допомогою відповідного програмного забезпечення Google Earth Engine встановлено, що з 2005 по 2020 роки площа вирубаних лісів у прибережних зонах річки склала 6,47 га. Таким чином, результати дослідження підкреслюють важливість комплексного підходу до управління водними ресурсами річки Серет, де необхідно враховувати як природні зміни, так і антропогенний вплив на басейн, для забезпечення сталого розвитку регіону. Використання сучасних технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем відкриває нові горизонти для вивчення та моніторингу змін природних екосистем, що є дуже важливим у контексті охорони довкілля та сталого управління природними ресурсами. Отримані в ході досліджень результати дозволяють розробити ефективні стратегії управління для збереження даної екосистеми для майбутніх поколінь. *Ключові слова:* річка, Серет, русло, заплава, деформації, антропогенний вплив, урбанізація, знеліснення, дистанційне зондування Землі, сучасні технології.

Application of modern technologies for the analysis of anthropogenic changes in the Seret river basin. Palanychko O., Volianuk K.

The article reveals the results of the study of changes in the natural and anthropogenic conditions of the formation of the Seret River basin. The impact of natural and anthropogenic factors on the river basin is analyzed. The existing methodical approaches and preliminary studies of scientists in the Seret river basin are described. The satellite images and modern GIS technologies were used for the analysis. The peculiarities of the deformation of the channel and changes in the river basin under the influence of natural and anthropogenic factors were studied. The main ones that have the greatest impact have been identified. From the analysis of the study of the conditions of the development of channel processes of the Seret River for the period from 1861 to 2020, it follows that the river channel is the most dynamic element of the relief of the river valley. Changes in the course of the river are observed both gradually and very actively, which leads to significant changes in the topography of the basin. According to the results of research conducted using topographic maps of 1861 and high-resolution space photographs for 2005 and 2020, significant changes in natural and anthropogenic conditions in the Seret River basin were revealed. A significant anthropogenic influence was revealed along the channel, manifested in the straightening of the channel, the construction of various engineering structures, the expansion of the urban area, the felling of forest plantations and plowing in the river basin. Using Google Earth Engine we calculated that from 2005 to 2020, the area of cut down forests in the coastal zones of the river amounted to 6.47 hectares. Thus, the results of the study emphasize the importance of an integrated approach to water resources management of the Seret River, where it is necessary to take into account both natural changes and anthropogenic impact on the basin, to ensure the sustainable development of the region. The use of modern technologies of remote sensing of the Earth and geoinformation systems opens new horizons for studying and monitoring changes in natural ecosystems, which is very important in the context of environmental protection and sustainable management of natural resources. The results obtained during the research make it possible to develop effective management strategies to preserve this ecosystem for future generations. *Key words:* river, Seret, channel, flood, deformations, anthropogenic influence, urbanization, deforestation, remote sensing of the Earth, modern technologies.

Постановка проблеми. Зростання антропогенного навантаження на річкові системи є однією з найбільш актуальних проблем сьогодення. Сучасні гідрологічні дослідження, що стосуються вивчення малих рівнинних водотоків, мають важливе практичне значення. Басейн річки Серет, рівнинної

притоки річки Дністер, зазнає активного впливу людської діяльності, зокрема інтенсивного сільсько-господарського використання, урбанізації, промислових викидів, будівництва гідротехнічних споруд тощо. На жаль, це все призводить до порушення водного балансу, деградації природних екосистем, погіршення якості води та втрати біорізноманіття.

Актуальність дослідження. Відомо, що безперервна течія річок свідчить про добрий гідроекологічний стан та збереження річкових екосистем. У минулому більшість досліджень були спрямовані на проєктування та будівництво гідротехнічних споруд. В наш час увага зміщується на відновлення річок та їхніх екосистем, що є важливим для сталого розвитку країни та адаптації до кліматичних змін. Використання нових підходів, сучасних методів моніторингу та врахування досвіду країн Європейського Союзу є ключовим напрямом у цьому процесі. Варто зазначити, що саме сучасні методи моніторингу забезпечують високу точність і ефективність досліджень. Саме геоінформаційні системи (ГІС), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), супутниковий моніторинг і математичне моделювання дозволяють виявити та оцінити масштаби антропогенного впливу, динаміку змін у гідроекологічному стані річки та прогнозувати можливі наслідки. Застосування сучасних методів моніторингу є важливим кроком для збереження гідроекологічного стану річки Серет та інтеграції України у європейські стандарти управління водними ресурсами.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження річкових басейнів відіграє ключову роль у вивченні водних екосистем, а наявні знання у цій сфері слугують важливою основою для подальших наукових розвідок. З часом інтерес до річкових басейнів постійно зростає, а аналіз попередніх робіт демонструє широкий спектр актуальних питань – від якості води до впливу кліматичних змін на гідрологічні процеси. Різноманіття наукових підходів до вивчення річкових басейнів є необхідним для розуміння їх динаміки та екологічних взаємозв'язків. Отже, ретельне дослідження попередніх напрацювань є важливим для визначення пріоритетів науки та розробки ефективних стратегій управління водними ресурсами.

Мета дослідження полягає у науковому обґрунтуванні впровадження сучасних методів моніторингу для вивчення та мінімізації негативного впливу антропогенної діяльності на гідроекологічний стан басейну річки Серет. **Основні завдання:** провести аналіз основних джерел антропогенного навантаження у басейні річки Серет, визначити стан водних ресурсів за допомогою ГІС-технологій та дистанційного зондування Землі, оцінити вплив антропогенних факторів на гідроекологічний стан басейну річки та розробити рекомендації для відновлення та збереження водних екосистем річки Серет.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення басейну річки Серет є невід'ємною частиною сучасних наукових досліджень. Відомо, що перші узагальнюючі праці стосовно природних умов басейну річки Дністер, гідрографічної мережі, зокрема і Подільської його частини, з'явилися ще в середині XIX сторіччя. В основному це були монографії та енциклопедичні видання [1]. Геолого-геоморфологічна характеристика досліджуваного басейну річки Серет висвітлена у роботі Костюк О. [2]. Геоекологічні аспекти річки розкрито у праці Стецько Н.П. [3]. Ряд праць присвячених гідроекологічному стану Серету, а саме аналізу вмісту важких металів та гідрохімічних показників річки [4], впливу об'єктів малої гідроенергетики на якість води у річці [5,6]. В межах міжнародного проєкту «Громадська діяльність для ідеального навколишнього середовища в Західній Україні» у 2017 році [7] було здійснено дослідження якісного стану води у верхній течії досліджуваної річки. Також науковцями досліджувалися питання зарегульованості стоку річки [8], антропогенне навантаження на басейн [9-12], вивчено регіональні та басейнові особливості поширення малих і великих водосховищ [13]. Аналіз проведених досліджень басейну річки Серет свідчить про значні наукові зусилля, спрямовані на вивчення різноманітних аспектів цього водного об'єкта. Такий багатогранний підхід дозволяє не лише дослідити фізико-хімічні характеристики басейну, але й глибше зрозуміти його екологічні взаємозв'язки, створюючи цінну основу для подальших наукових робіт. Водночас, незважаючи на значну кількість наукових публікацій, дослідження здебільшого охоплюють окремі ділянки річки Серет, залишаючи інші території недостатньо вивченими.

Наукова новизна дослідження полягає у застосуванні комплексного підходу до моніторингу та аналізу гідроекологічного стану басейну річки з використанням інноваційних технологій. Практичне значення полягає у можливості впровадження отриманих результатів для оптимізації управління водними ресурсами регіону, розробки природоохоронних заходів для відновлення річкових екосистем, планування стійкого розвитку територій у басейні річки Серет.

Методологічне або загальнонаукове значення. Аналіз природних та антропогенних змін у басейні річки Серет ілюструє складність та динамічність цього екологічного середовища. Детальний аналіз допомагає виявляти довготривалі змін рельєфу, русла річки та прилеглих територій за допомогою сучасних методів дистанційного зондування землі з різноманітних супутників Sentinel-2, Landsat 1-5 MSS L1 та Landsat 8-9, та з використанням різного програмного забезпечення. Порівняння картографічних даних різних років дозволило оцінити не лише загальну тенденцію зміщення, а й визначити найбільш динамічні зони річкової системи. У ході

аналізу було виявлено похибки, пов'язані з прив'язкою старих карт до сучасних космоснімків, це було пов'язано із низькою деталізацією старих топографічних карт. Однак ці помилки вдалося мінімізувати завдяки використанню точних методів геоприв'язки та обробки зображень. Отримані дані є достатньо точними для правильної оцінки руслових процесів.

Для аналізу природних та антропогенних змін в басейні річки Серет були використані наступні методи наукових досліджень: порівняльний, картографічний та метод прогнозування. Для моніторингу впливу антропогенної діяльності на сучасний гідроекологічний стан басейну річки Серет ми використали топографічні карти масштабу 1:150 000 Імперії Габсбургів 1861 року (Galicia and Bucovina (1861–1864) – Second military survey of the Habsburg Empire) та космоснімки високої роздільної здатності за 2005 та 2020 роки отримані супутниками: Sentinel-2, Landsat 1-5 MSS L1 та Landsat 8-9 (зокрема використано EO Browser та Copernicus Browser). Для обробки космоснімків та карт застосовано програми ArcGIS Online, Quantum GIS та Google Earth Engine. Ці програми призначені для географічної візуалізації, картографії, дистанційного зондування та професійних застосувань. Вони дозволяють, за допомогою відповідних інструментів, вивчати географічні об'єкти, аналізувати зміни природних умов. Для проведення власних досліджень за основу нами були використані розроблені методики [16,17]. Відповідні методики дали можливість аналізувати зміни природних та антропогенних умов у басейні, також було здійснено тематичне картографування досліджуваних територій. Використовуючи Google Earth Engine ми порівняли та проаналізували інтенсивність та критичність знеліснення за вибрані роки.

Виклад основного матеріалу. Однією із найбільших приток Дністра в межах Тернопільської області є річка Серет (рис. 1). Річка має довжину 248 км, площа басейну 3900 км² (майже третина області). У верхній течії до м. Тернопіль долина річки широка й заболочена, а русло помірно звивисте. Нижче за течією від Тернополя долина звужується, а після села Буцнів стає звислою з крутими, переважно залісненими схилами. Варто зазначити, що геоморфологічна структура басейну річки Серет неоднорідна. На півночі басейну переважають м'які форми рельєфу, а на півдні, у нижній частині басейну, спостерігаються глибокі долини, що впливає на збільшення швидкості течії та форму врізання русла.

Антропогенний вплив на басейні рівнинних річок має значний вплив на їх гідрологічний режим, якість води, біорізноманіття та стійкість екосистем. Річка Серет є рівнинною, в басейні активно ведеться господарська діяльність. Для аналізу змін природних та антропогенних умов в басейні річки Серет було розроблено три ключові завдання, а саме: вивчити умови розвитку руслових процесів річки Серет; проаналізувати основні аспекти антропогенного наван-



Рис. 1. Басейн річки Серет

таження на басейн річки; оцінити ступінь урбанізації прибережних територій річки Серет.

Русла річок є найбільш динамічними елементами рельєфу річкових долин, які постійно змінюються з різною інтенсивністю. Ці процеси значно впливають на формування рельєфу річок. Знання закономірностей руслових деформацій є ключовим для прогнозування їхнього розвитку та оцінки можливих негативних наслідків, зокрема впливу на господарські об'єкти, екологічний стан річки та умови водокористування.

Варто зазначити, що дослідження динаміки русел рівнинних річок залишаються недостатньо поширеними в науковій практиці. Для аналізу руслових процесів річки Серет було використано програму Quantum GIS, що дозволило провести тематичне картографування території (рис. 2). Для відображення змін русла на топографічних картах і космічних знімках його контури були позначені різними кольорами, залежно від року: жовтим – 1861 рік, синім – 2005 рік, червоним – 2020 рік.

Антропогенний вплив на річки найбільш помітний у господарському освоєнні їхніх басейнів і регулюванні стоку. Аналіз знімків території за період з 1861 по 2020 рік свідчить про значну зміну форми русла річки Серет, що проявляється у спрямленні її русел уздовж всього потоку. Природні горизонтальні деформації включають переміщення русла в межах смуги руслоформування, зміну конфігурації та розмірів звивин, а також відновлення природного меандрування на ділянках, де русла раніше були спрямлені.

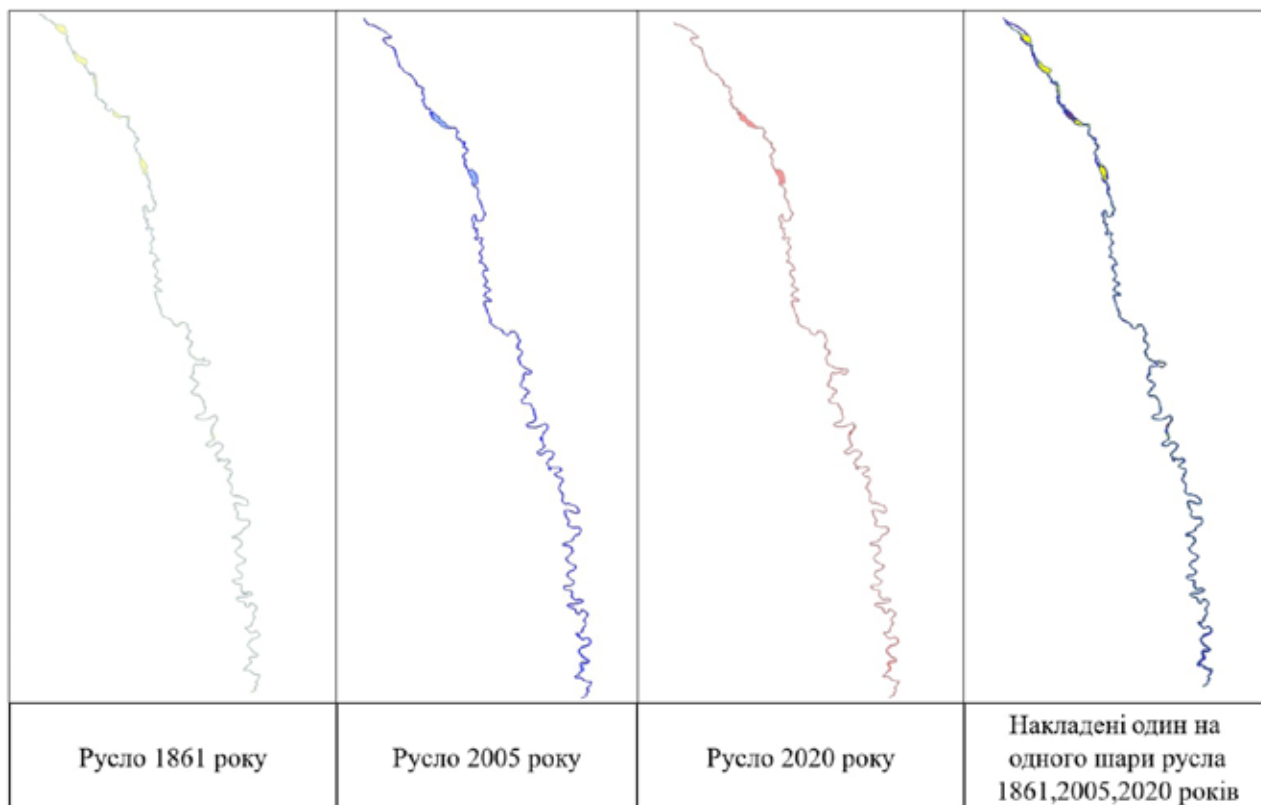


Рис. 2. Відображення русла річки Серет на топографічних картах та космознімках за 1861, 2005 і 2020 роки

Для детального аналізу динаміки русла було обрано шістнадцять ключових ділянок із найбільш вираженими змінами: Залізці, с. Кобзарівська, с. Івачів-Горішній, м. Тернопіль, с. Острів, с. Буцнів, с. Микулинці, с. Малів, с. Біла, м. Чортків, с. Росохач, с. Олексинці, с. Більче-Золоте, с. Касперівці, с. Щитівці та с. Городок.

Варто виділити три найбільш змінені ділянки, а саме у селі Буцнів, місті Тернопіль та Чортків. На знімках (рис. 3) жовтим кольором позначались території русла 1861 року, синім територію 2005 року, червоним територію 2020 року. Також додатково на знімках зеленим кольором позначались різноманітні інженерні споруди, заштрихованими кольорами позначались острови в руслі відповідно (жовтим – 1861, синім – 2005, червоним – 2020). Будівництво численних інженерних споруд в межах смуги руслоформування річки Серет також призводять до змін (рис. 4). В ході дослідження виявлено, що за період з 1861 по 2020 рік було побудовано 23 мости різного призначення.

Відомо, що Поділля, де протікає Серет, має високий рівень господарського освоєння (розораність 62%, лісистість 14,6%) та багато штучних водойм. Варто зазначити, що в басейні річки Серет розміщено 8 водосховищ із загальною площею водного плеса 2100 га. та повним об'ємом 57,4 млн. м³. Також у руслі річки є 8 малих гідроелектростанцій, всі руслового типу, із загальним виробленням електроенер-

гії 21,57 МВт. Вони розташовані в селах Горішній Івачів, Мишковиці, Долина, дві в селі Більче-Золоте, Скородинцях, Каперівцях та у місті Чортків [6]. В басейні річки Серет налічується 216 ставків загальною площею 1213 га. Ставки в основному використовуються для потреб сільського господарства та аквакультури. За проаналізованою інформацією стан більшості ставків у Тернопільській області незадовільний.

Процеси урбанізації територій з кожним роком набирають все більшого темпу. Вплив урбанізації на водні об'єкти визначається розвитком транспортної інфраструктури, масштабами забудови, створенням індустріальних парків та змінами у характері землекористування. Серед негативних наслідків урбанізації слід виділити збільшення поверхневого стоку, ерозію ґрунтів, зростання ризику повеней тощо. Багато з цих проблем пов'язані з вирубкою лісів. У межах нашого дослідження проаналізовано ступінь знеліснення прибережних територій річки Серет. Встановлено, що з 2005 по 2020 рік площа знеліснених прибережних зон зросла на 6,47 гектарів. Найбільші втрати лісових площ зафіксовано в таких населених пунктах: Залізці – 0,62 га, Чернихів – 0,29 га, Лучка – 0,38 га, Різдвяни – 1,01 га, Буданів – 0,74 га, Скородинці – 1,75 га, Монастирок – 1,50 га (рис. 5). Для оцінки збільшення площ урбанізованих територій було обрано міста Чортків і Тернопіль, розташовані в басейні річки Серет (рис. 6). Карти із

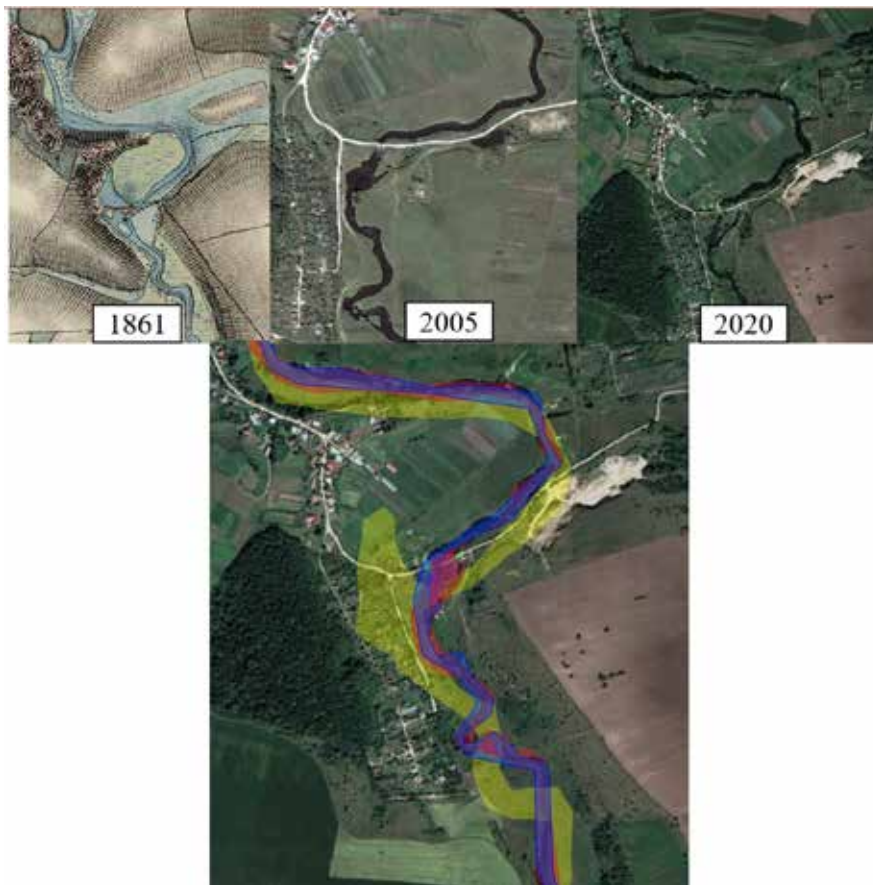


Рис. 3. Приклад деформації русла річки Серет в районі с. Буців

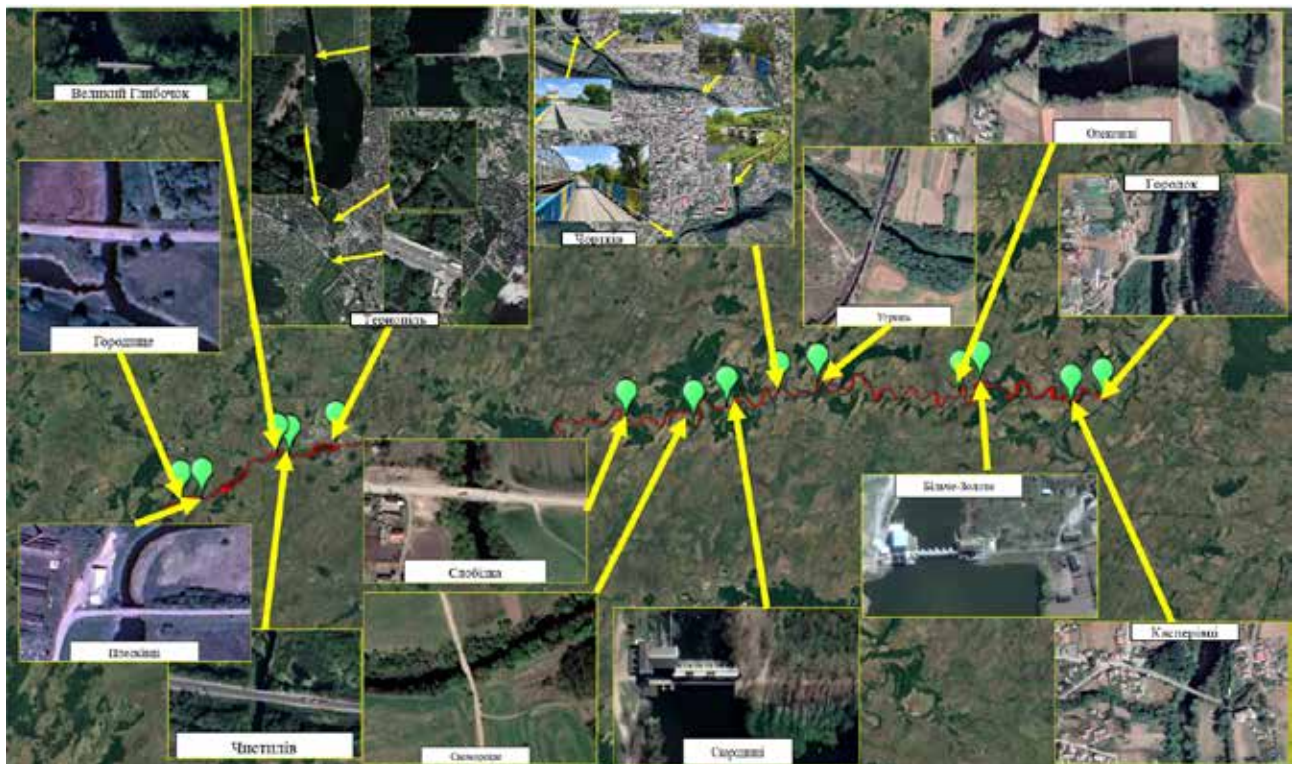


Рис. 4. Розміщення інженерних споруд вздовж русла річки Серет

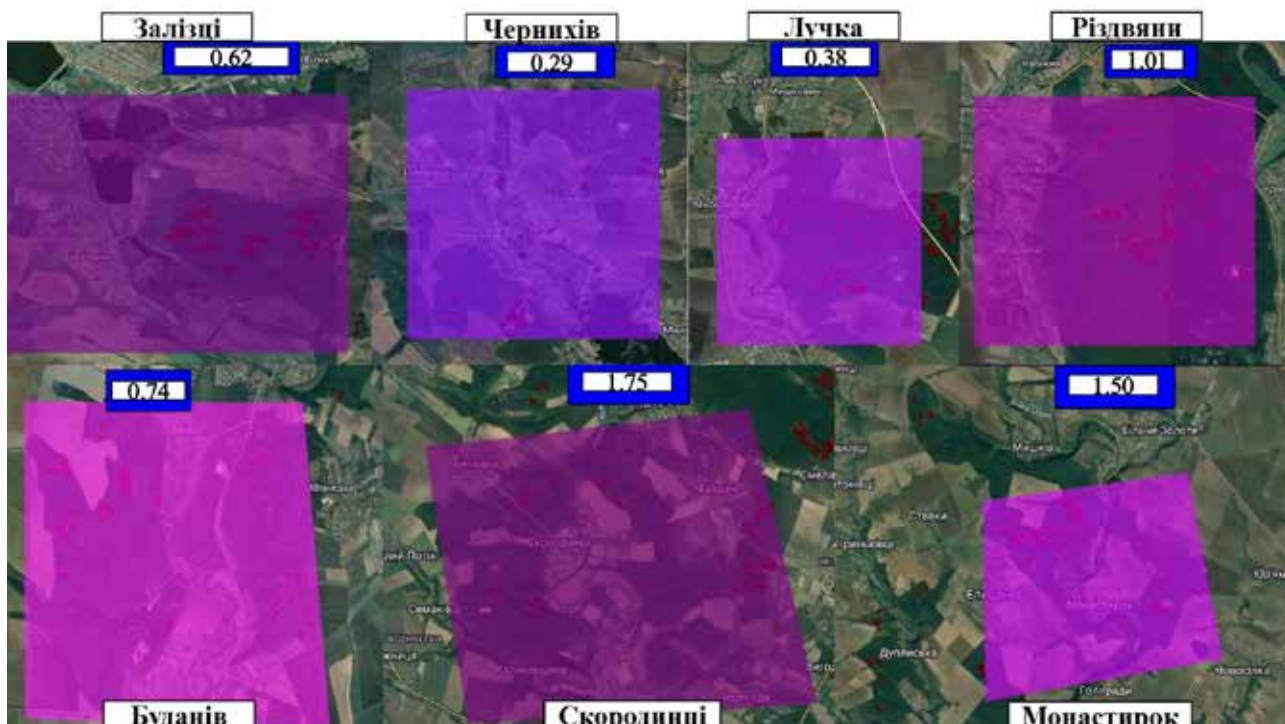


Рис. 5. Приклади площ найбільш знеліснених ділянок в окремих локаціях в басейні річки Серет

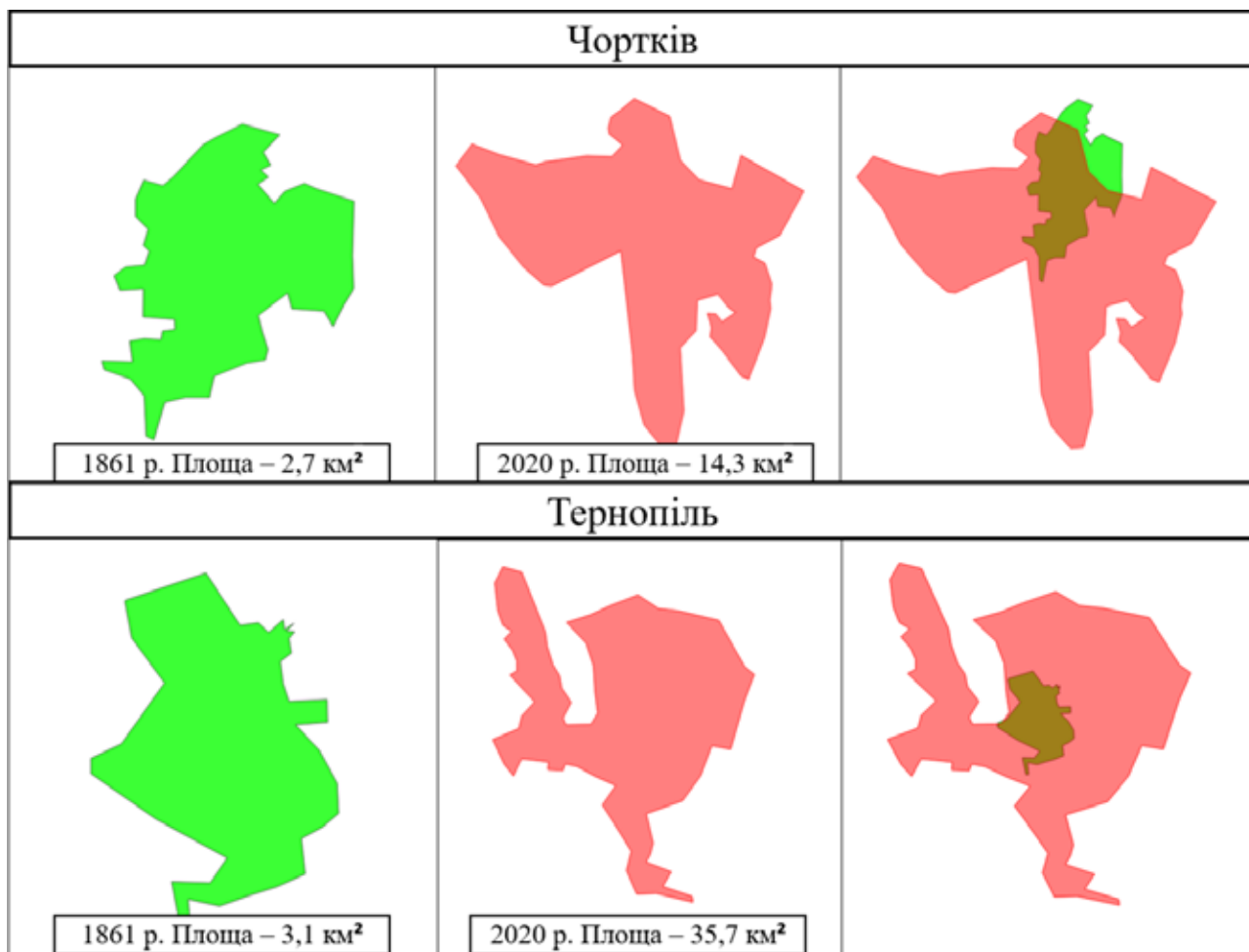


Рис. 6. Порівняння площ міст Чортків та Тернопіль

позначенням територій зеленим кольором (1861 рік) і червоним кольором (2020 рік) були створені за допомогою програми Quantum GIS. Аналіз показав, що за період з 1861 по 2020 рік площа міста Чортків зросла на 11,6 км², а площа міста Тернопіль – на 32,6 км².

Висновки. Проведене дослідження показало, що за аналізований період у басейні річки Серет відбулися значні зміни природного та антропогенного характеру. У зв'язку з цим виникає нагальна необхідність здійснення заходів із ревіталізації річки. Зокрема, слід обмежити господарське використання прибережних зон, оскільки надмірне освоєння

земель поблизу водойм сприяє посиленню ерозійних процесів і негативно впливає на гідрологічний стан річки.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати можуть слугувати основою для проведення комплексного аналізу штучних водойм і інженерних споруд у басейні річки Серет. У разі, якщо окремі об'єкти не мають важливого практичного значення, доцільно розглянути їх часткове або повне усунення. Подальші заходи мають бути спрямовані на відновлення змінених ділянок річки до умов, максимально наближених до природних.

Література

1. Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich / pod red. F. Sulimierskiego, B. Chlebowskiego, J. Krzywickiego i W. Walewskiego. T. II, Warszawa. 1881. 943 s.
2. Костюк О. Геолого-геоморфологічні особливості басейну річки Серет. *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Серія: Географія*. 2013. № 1(61). С. 61-63.
3. Стецько Н.П. Геоекологічні дослідження верхньої течії річки Серет. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2018. № 2. С. 180-185.
4. Гуменюк Г.Б., Страшнюк Д.В., Дробик Н.М. Вміст важких металів і характеристика гідрохімічних показників у воді річки Серет поблизу Малашівського сміттєзвалища. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: біологія*. 2015. № 1(62). С. 84-88.
5. Морозовська У., Пилипович О. Гідроекологічний аналіз річки Серет. *Проблеми геоморфології і палеографії Українських Карпат та прилеглих територій* : матеріали 12-й наук.-практ. сем. за міжн. уч., 25 листопада 2021 р. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2021. С. 97-100.
6. Пилипович О., Морозовська У. Вплив об'єктів малої гідроенергетики на якість води у річці Серет (лівої притоки Дністра). *Географічна освіта і наука: виклики і поступ* : матеріали міжн. наук.-практ. конф., присві 140-річчю гео. у Львівському університеті., 18-20 травня 2023 р. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2023. С. 118-122.
7. Чеболда І., Каплун І., Кузик І. Українсько-німецький проект «Громадська діяльність для ідеального навколишнього середовища в Західній Україні». *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2017. № 2 (випуск 43). С. 190-196.
8. Кузик І.Р., Таранова Н.Б. Оцінка зарегульованості стоку річки Серет. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2023. Вип. 70. С. 50-58.
9. Царик В.Л., Царик Л.П., Позняк І.Б. Екологічна небезпека зарегульованих водойм (на матеріалах Тернопільського ставу). *Наукові записки ТНПУ Серія: Географія*. 2017. № 2. С. 140-144.
10. Царик Л.П. Еколого-географічний аналіз і оцінювання території: теорія та практика: монографія. Тернопіль: Навчальна книга «Богдан», 2006. 256 с
11. Царик П., Вітенко І. Геоекологічна ситуація долини річки Гнізна. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2007. № 1. С. 191-197.
12. Царик П., Вітенко І., Царик В. Річково-басейнові системи малих річок Західного Поділля в умовах антропогенних навантажень: порівняльний аналіз. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2022. № 2. С. 129-137. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.2.17>
13. Гребінь В.В., Хільчевський В.К., Сташук В.А., Чунарьов О.В., Ярошевич О.С. Водний фонд України. Штучні водойми. Водосховища і ставки. За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня Київ. Інтерпрес, 2014. 163 с.
14. Капуста Т.Я., Сивий М.Я., Бицюра Л.О. Аналіз стану вивченості річок басейну Дністра в межах Тернопільщини. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2022. Вип. 66. С. 68-80.
15. Любінська Л., Любинський О., Касіяник І. Особливості сільськогосподарського землекористування в басейні річки Серет (на матеріалах Тернопільської області). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. Тернопіль, 2018. Вип. 45. С. 192-198.
16. Бабійчук С.М., Гордієнко О.В., Томченко О.В., Коблюк Н.С., Голод В.І., Кучма Т.Л., Юрків Л.Я., Пікуль С.Т. Основи дистанційного зондування землі. Частина 3. Обробка та аналіз супутникових знімків на платформі Google Earth Engine. *Робочий зошит*. Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. С. 116-124.
17. Бабійчук С.М., Юрків Л.Я., Томченко О.В., Кучма Т.Л., Коблюк Н.С., Гордієнко О.В. Основи дистанційного зондування землі. Частина 1. Історія та практичне застосування. *Робочий зошит. 2-ге видання, доповнене і перероблене*. Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. С. 72-76.