

Мельник Антон Анатолійович,
кандидат географічних наук
Ячнюк Марина Олександрівна,
кандидат географічних наук

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці, Україна, e-mail: a.melnik@chnu.edu.ua
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці, Україна, e-mail: m.yachniuk@chnu.edu.ua

ВИКОРИСТАННЯ ГІС ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЗМІЩЕНЬ РУСЛА РІЧКИ СІРЕТ

Метою роботи є дослідження горизонтальних зміщень русла річки Сірет від населеного пункту с. Стара Жадова до с. Черепківці.

Методика: для розв'язання питань, які сформовано в роботі стосовно горизонтальних зміщень русла річки Сірет, застосовано методи ГІС-аналізу, математичної обробки даних, аналізу зміщень русла річки Сірет. Проведено напівавтоматичне оцифрування русла річки Сірет по картах масштабів: 1:75 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:28 000 протягом 1864-2016 рр. та визначено довжини і коефіцієнти звивистості. Виділено ділянки з найбільш вираженим меандруванням і змінами горизонтальних зміщень русла.

Результат дослідження: Для проведеного дослідження оцифровано русло річки Сірет по космічним знімкам 2016 року, що дало змогу встановити коефіцієнт звивистості, який становить 1,52. Завдяки векторизації водного об'єкту по топографічній карті 1987 року масштабу 1:50 000 визначено, що коефіцієнт звивистості збільшився до 1,57. Здійснено прив'язку військово-топографічної карти Австро-Угорської імперії на територію західної частини України 1889 року та розраховано коефіцієнт звивистості по оцифрованому руслу річки що дорівнює 1,75. Також проведено оцифрування растрового зображення з утворенням векторизованих шарів по карті 1957 року масштабу 1:25 000 і визначено показник коефіцієнта звивистості, що складає 1,7. Під час дослідження використано Австрійську військово-топографічну карту Галичини та Буковини 1861-1864 рр. на території сучасної західної України, по якій розраховано коефіцієнт звивистості на рівні 1,9, що є найбільшими значеннями за весь період спостережень. Загальний оверлейний аналіз показав, що за весь час спостережень відбувалось спрямлення русла, що призвело до зменшення процесів меандрування по всій довжині водного об'єкту. Виділено ділянки з найбільш вираженим меандруванням і території з найбільшими змінами горизонтальних зміщень русла: поблизу сіл - Нова Жадова, Черепківці, Камянка, Клинівка, м. Сторожинець.

Наукова новизна: здійснено ГІС-аналіз горизонтальних зміщень русла річки Сірет за 152-річний період спостережень, що дозволило виділити основні характерні ділянки русла.

Практична значимість: результати проведеного дослідження можуть використовуватись в організаціях та відомствах, в гідротехнічних службах, в установах, що займаються проектуванням будівництва річкових переходів, в обласних та районних управліннях водного господарства, а також в науково-дослідних установах.

Ключові слова: русло річки, ГІС, меандрування.

Melnik Anton,
Candidate of Geographical Sciences
Yachniuk Marina,
Candidate of Geographical Sciences

Yuri Fedkovich Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine
e-mail: a.melnik@chnu.edu.ua
Yuri Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine
e-mail: m.yachniuk@chnu.edu.ua

USE OF GIS IN RESEARCH OF HORIZONTAL DISPLACEMENTS OF THE SIRET RIVER

The aim of the work is to study the horizontal displacements of the Siret riverbed from the settlement of Stara Zhadova to the village of Cherepkivtsi.

Methodology: GIS analysis methods, mathematical data processing, analysis of Siret riverbed displacements were used to solve the issues raised in the work on horizontal displacements of the Siret riverbed. Semi-automatic digitization of the Siret riverbed on the scale maps: 1:75 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:28000 was carried out and the lengths and coefficients of tortuosity were determined. Areas with the most pronounced meandering and changes in horizontal displacements of the channel are selected.

The result of the study: For the study, the course of the river Siret was digitized from space images in 2016, which allowed to establish the coefficient of tortuosity, which is 1.52. Due to the vectorization of the water body on the topographic map of 1987 at a scale of 1:50 000, it was determined that the coefficient of tortuosity increased to 1.57. The military-topographic map of the Austro-Hungarian Empire was linked to the territory of the western part of Ukraine in 1889 and the coefficient of tortuosity along the digitized riverbed equal to 1.75 was calculated. The raster image was also digitized with the formation of vectorized layers on a 1957 map at a scale of 1:25 000 and the twist coefficient was determined to be 1.7. The study used the Austrian military topographic map of Galicia and Bukovina in 1861-1864 in modern western Ukraine, which calculated the coefficient of tortuosity at 1.9, which is the highest value for the entire observation period. The general overlay analysis showed that during the whole period of observations the channel was straightened, which led to a decrease in meandering processes along the entire length of the water body. Areas with the most pronounced meandering and areas with the greatest changes in horizontal

displacements of the channel were identified: near the villages of Nova Zhadova, Cherepkivtsi, Kamyanka, Klynivka, and the town of Storozhynets.

Scientific novelty: GIS analysis of horizontal displacements of the Siret riverbed during the 152-year observation period was carried out, which allowed to identify the main characteristic parts of the riverbed.

Practical significance: the results of the study can be used in organizations and departments, in hydraulic services, in institutions involved in the design of river crossings, in regional and district water departments, as well as in research institutions.

Key words: riverbed, GIS, meandering.

Постановка проблеми. Через дію природних та антропогенних факторів відбувається зміна положення русел річок. Однією із методик визначення схожих змін є використання космічних знімків та карт завдяки ГІС-технологіям. Результати спостереження горизонтальних зміщень русла рік слід враховувати при виконанні завдань, що пов'язані з русловими процесами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням руслових процесів займалися чимало дослідників. Найбільший вклад по даній проблематиці здійснили: Р.С. Чалов, М.І. Маккавєєв, В.М. Лохтін, І.В. Попов, М.А. Веліканов, Ю.С. Ющенко, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь, Г.Р. Байрак, А.В. Яцик, Л.Ф.Дубіс, І.П. Ковальчук, А.Б. Михнович, В.В. Онищук, М.М. Максимович, Х.В. Бурштинська, В.М. Шевчук, С.К. Третьяк та інші [1,3,5-8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Недостатні вивчення питань руслових процесів можуть призводити до затоплення значних територій, що є особливо небезпечним для населених пунктів. Важливою проблемою також залишається порівняння морфометричних характеристик річкової мережі на топографічних картах і планах різного масштабного ряду [2,4].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є дослідження горизонтальних зміщень русла річки Сірет від населеного пункту с. Стара Жадова до с. Черепківці. Відповідно до мети були поставлені такі завдання: 1) визначити та з'ясувати довжини та коефіцієнти звивистості русел річки Сірет по топографічним картам за різні періоди спостережень з використанням ГІС; 2) зібрати та опрацювати атрибутивні дані русла річки Сірет за період спостереження – 1864-2016 рр. Виділити ділянки з найбільш вираженим меандруванням та найбільшими змінами горизонтальних зміщень русла річки.

Виклад основного матеріалу. Під час дослідження обрано космічні знімки, що відображають стан місцевості станом на кінець липня – початок серпня місяця 2016 року (межений період). Завдяки програмному продукту Mapinfo Professional було оцифровано 66,44 км русла річки Сірет (Рис.1).



Рис.1 Оцифрування русла р. Сірет від с. Стара Жадова до с. Черепківці

Однією з визначальних характеристик рік є звивистість їхніх русел, її обчислюють за допомогою коефіцієнта звивистості:

$$K_i = \frac{L_i}{L_i}$$

де L_i - довжина русла на ділянці, L_i – довжина русла між крайніми точками, виміряна по прямій.

Визначено коефіцієнт звивистості русла річки Сірет в межах досліджуваної території - 1,52. Поблизу с. Нова Жадова, м. Сторожинець та с. Черепківці характерним є наявність найбільш яскраво виражених меандр.

Також було використано топографічну карту масштабу 1:50 000, по якій проведено оцифрування русла річки Сірет. Довжина оцифрованої ділянки склала 68,22 км, коефіцієнт звивистості збільшився до 1,57 (Рис.2А).

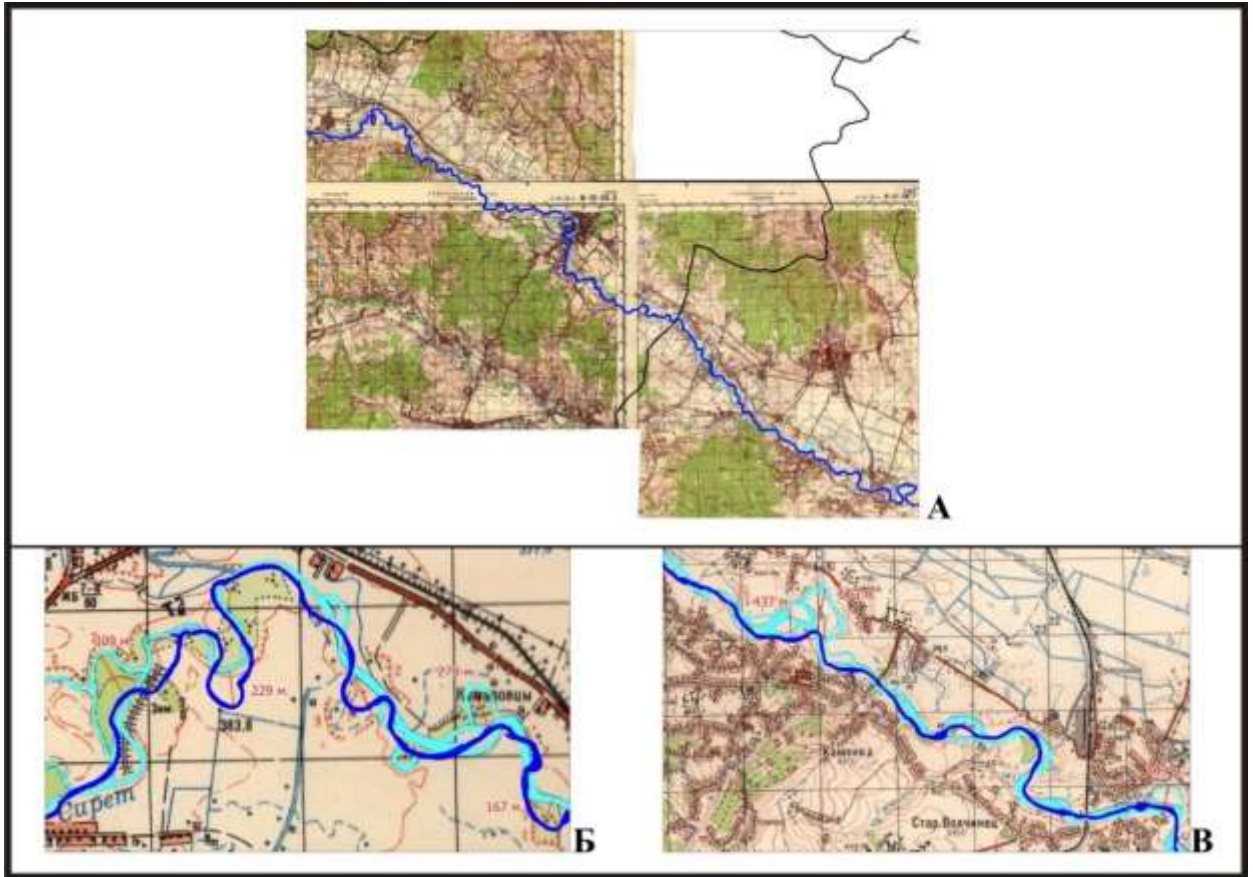


Рис. 2. Топографічна карта 1987 р. масштабу 1:50 000 з оцифрованими руслами річки Сірет 1987 та 2016 рр. (А). Розміщення ділянок русла з найбільшими горизонтальними зміщеннями поблизу с. Нова Жадова (Б), с. Камянка (В).

Візуальний аналіз порівняння горизонтальних зміщень русла річки Сірет показує, що існують зміни щодо самої звивистості русла так і особливостей його розмірів і форми. По всій довжині русла прослідковуються горизонтальні зміщення в порівнянні оцифрованого водного об'єкту за 1987 та 2016 рр. Найбільші зміни характерні для ділянок поблизу сіл Нова Жадова та Камянка. У східній та західній частинах коефіцієнт звивистості збільшується, особливо у центральній частині досліджуваної ділянки поблизу сіл – Просіка, Карапчів, Йорданешти. У верхів'ї річки багаторукавність спостерігається біля сіл Нова Жадова та Комарівці. А в нижній течії спостерігається однорукавність.

Для кількісного аналізу горизонтальних зміщень русла річки Сірет було обрано дві ділянки з найбільшим неспівпадінням русла за два періоди (Рис.2Б). У західній частині по перпендикулярних лініях до русла річки виміряно довжину зміщень. На даній ділянці вона становить 167-309 метрів (Рис.2В). У східній частині виміри показали ще більше зміщення – 176-678 метрів.

Наближена до дійсності звивистість річки може бути відображена тільки на картах великого масштабу. Враховуючи це, було використано військово-топографічні карти Австро-Угорської імперії на територію західної частини України.

По карті 1889 року було оцифровано русло і встановлено, що загальна довжина річки складає 76,25 км, а коефіцієнт звивистості дорівнює 1,75. (Рис.3)

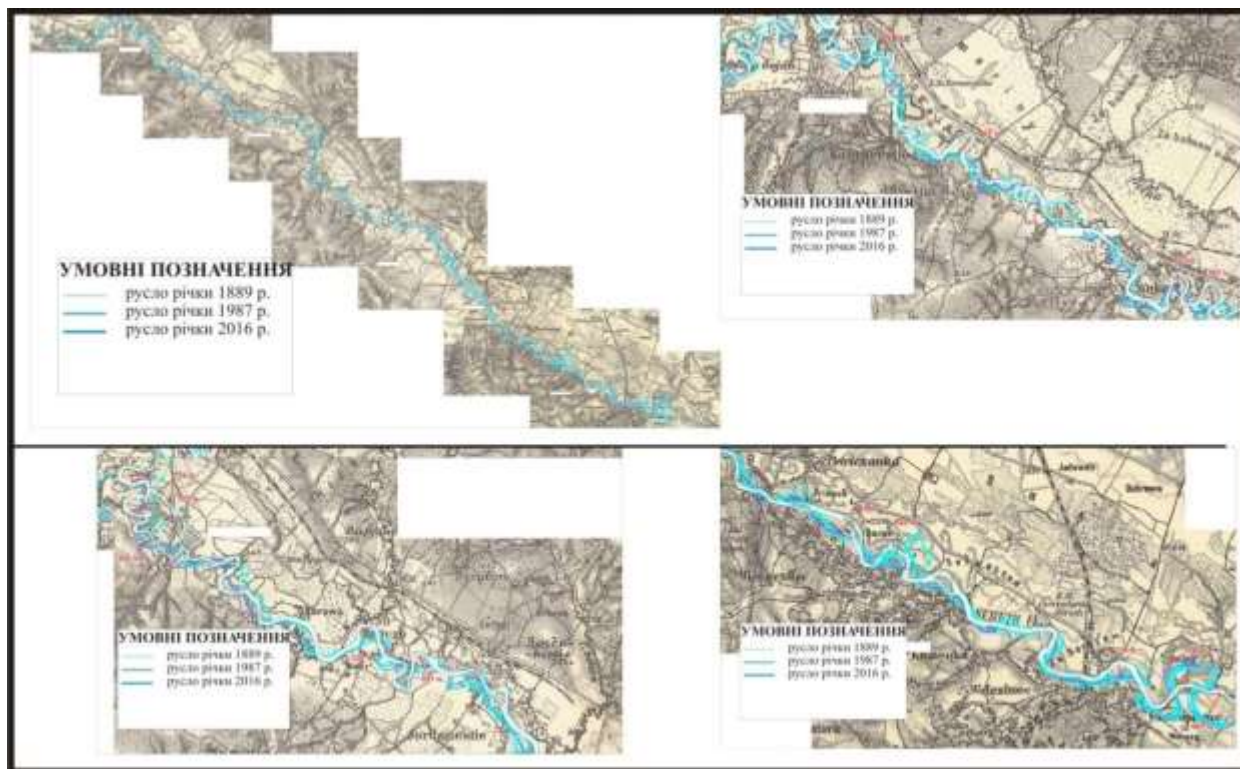


Рис.3. Карта Австрійської імперії 1889 р. масштабу 1:75 000 з оцифрованими руслами річки Сірет за 1889, 1987, 2016 рр.

Це говорить про те, що звивистість русла була значно більшою в 1889 р. в порівнянні з сучасною та визначеною по оцифрованому руслу 1987 р.

Порівняння горизонтальних зміщень русла річки Сірет за 127 років показує існування ще більшої відмінності у розміщенні русла. Просторовий аналіз показує існування змін горизонтальних зміщень русла вздовж усієї досліджуваної частини річки Сірет. За винятком ділянки від м. Сторожинець до с. Петричанка характерним є наявність багаторукавності.

Для західної ділянки (до м. Сторожинець) горизонтальне відхилення русла річки Сірет становить найбільше - 494 м, також присутні відхилення у 237 - 463 м. Для центральної частини (від м. Сторожинець до с. Йорданешти) максимальні зміщення русла становлять 571 м.

Проведено оцифрування растрового зображення з утворенням векторизованих шарів русла річки Сірет по карті 1957 року масштабу 1:25 000.

Вдалось встановити, що довжина русла річки в межах досліджуваної території склала 73,8 км, а довжина відрізка між крайніми точками по прямій складає 43,43 км. Визначено показник коефіцієнта звивистості, що складає 1,7. Порівняння показників довжини та коефіцієнтів звивистості, що були визначені по космічному знімку 2016 року та по топографічній карті масштабу 1:50000 - 1987 р. показують, що в минулому русло було більш меандруючим.

Аналіз просторового розміщення горизонтальних зміщень русла річки Сірет показує, що русло було досить багаторукавне на певних ділянках, особливо це характерно в західній і східній частині території поблизу: с. Жадова, с. Калинівка, с. Кам'янка, с. Старий Вовчинець, с. Черепківці (Рис. 4).



Рис. 4. Багатуруканність річки Сірет поблизу сіл Жадова та Старий Вовчинець

У центральній частині досліджуваної території русла річки Сірет спостерігались в минулому як дворукавність так і однорукавність. Відсутні значні горизонтальні зміщення русла в порівнянні з сьогоденням. Найбільші зміщення сягають величини у 150-200 метрів (Рис. 5).

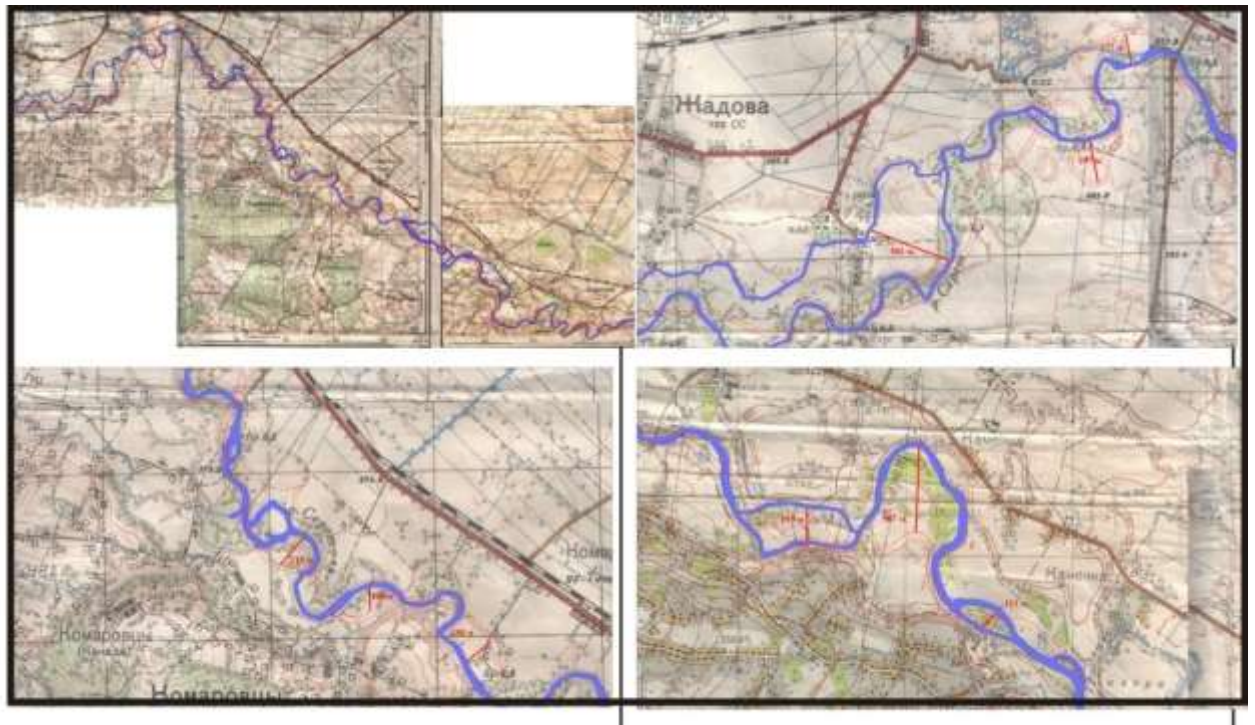


Рис.5 Оцифровка русла річки Сірет по топографічній карті 1957 р. (синій колір) масштабу 1:25 000 та по знімку 2016 р. (червоні межі)

У західній частині характерним є дворукавність русла Сірету. Особливо чітко вона простежується поблизу села Жадова. Відстань між рукавами досягає значення 400-500 м. Максимальні горизонтальні зміщення русла спостерігаються в районі села Нова Жадова і становлять 170-250 метрів. Також, поблизу села Комарівці спостерігаються горизонтальні зміщення русла в порівнянні з сьогоденням на 180-200 метрів.

Для східної території меандрування русла також представлено. Спостерігається багатуруканність, з найбільшою відстанню між рукавами поблизу с. Комарівці -111-195 м., а найбільші зміщення близько 500 метрів.

Під час дослідження використано Австрійську військову топографічну карту Галичини та Буковини 1861-1864 рр. на території сучасної західної України. Аналіз векторизованих шарів показав, що довжина русла водного об'єкту становить 83,04 км, а коефіцієнт звивистості складає 1,9, що є найбільшими значеннями за весь період спостережень. Це в черговий раз підтверджує сучасну випрямленість русла річки Сірет.

Здійснено аналіз оцифрованого русла, що показав присутність ділянок з багатуруканністю,

особливо у східній і західній частині. У західній частині (Рис.6) максимальні горизонтальні зміщення спостерігаються біля сіл: Нова Жадова, Клинівка і становлять 180-370 метрів.

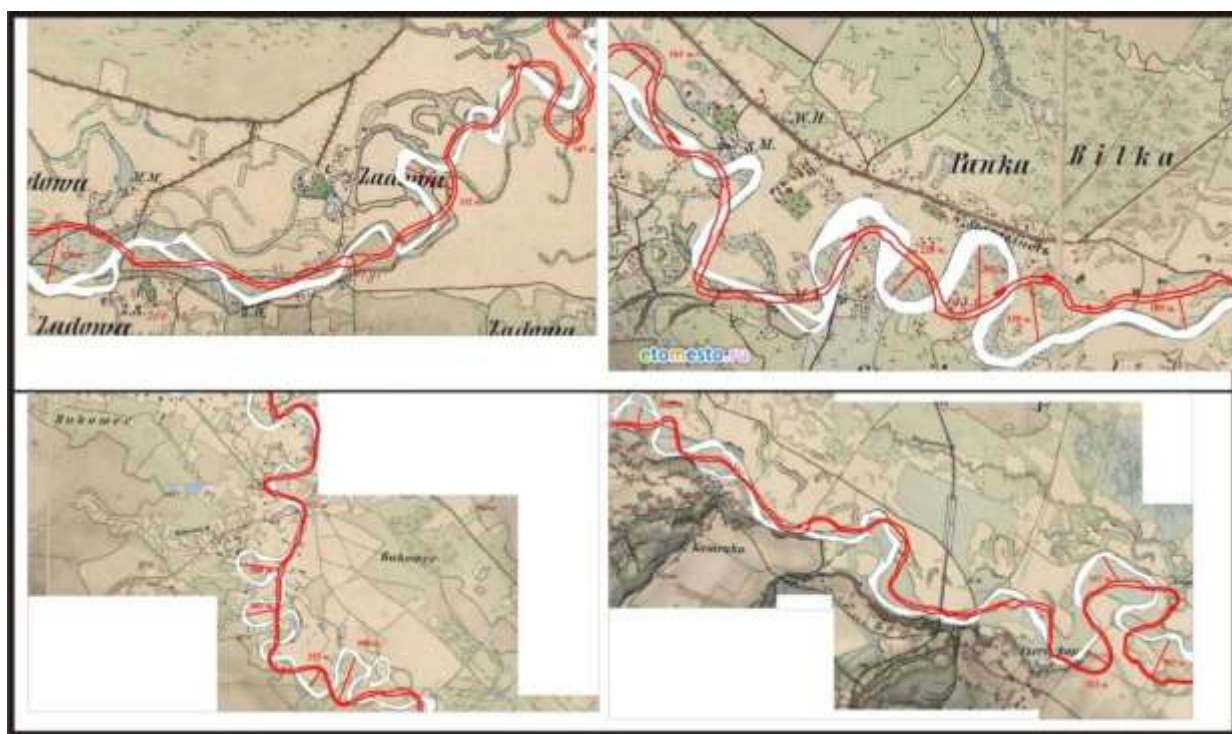


Рис.6 Горизонтальні зміщення русла річки Сірет оцифровані по топографічній карті 1864 р. (білий колір) масштабу 1:28 000 та по знімку 2016 р. (червоні межі)

Табл. 1

Атрибутивні дані русла річки Сірет за період спостереження – 1864-2016 рр.

№	Рік складання карти	Масштаб	Довжина русла між крайніми точками, що виміряна по прямій лінії, км	коефіцієнт звивистості	Ділянки з найбільш вираженим меандруванням	Ділянки з найбільшими змінами горизонтальних зміщень русла
1	2016	1:25000	66,44	1,52	с. Нова Жадова, м.Сторожинець, с. Черепківці	
2	1987	1:50000	68,22	1,57	с. Нова Жадова, с. Камянка, с. Черепківці	с. Нова Жадова, с. Камянка
3	1957	1:25000	73,8	1,7	с. Нова Жадова, с. Камянка, с. Черепківці, с. Клинівка	с. Нова Жадова, с. Камянка, с. Черепківці, с. Клинівка
4	1889	1:75000	76,25	1,75	с. Нова Жадова, с. Черепківці, с. Клинівка	с. Нова Жадова, м. Сторожинець, с. Черепківці,
5	1864	1:28000	83,04	1,9	с. Нова Жадова, с. Камянка, с. Черепківці, с. Клинівка, с. Ропча, м. Сторожинець	с. Нова Жадова, с. Камянка, с. Черепківці, с. Клинівка

Положення русла у центральній частині найбільше співпадає, відносно інших ділянок, з оцифрованим руслом за 2016 р. Проте поблизу села Панка спостерігаються найбільші величини довжини відрізків між двома векторизованими руслами за різний часовий період. Так, максимальні горизонтальні зміщення становлять 160-352 метра.

Окремо слід відзначити, що поблизу міста Сторожинець також є характерним значне меандрування, що є повністю не характерним сьогодні. На деяких ділянках спостерігається повне співпадіння оцифрованих за різний час русел. Максимальні горизонтальні зміщення становлять 250-598 метра.

У східній частині зустрічається менша багаторукавність русла річки Сірет. Максимальні горизонтальні зміщення спостерігаються поблизу населених пунктів – Камянка та Черепківці і становить 239-502 метра.

Узагальнена характеристика просторово-часових характеристик окремих ділянок русла річки Сірет представлена в таблиці.

Висновки. В результаті проведеного напівавтоматичного оцифрування русла річки Сірет по картах масштабу 1:75 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:28 000 протягом 1864-2016 рр. встановлено, що за весь час спостережень відбувалось спрямлення русла, а з 1864 по 2016 рр. характерним для даної території є зменшення процесів меандрування по всій довжині русла. Довжина русла річки Сірет з 1864 р. по 2016 р. зменшується з 83,04 км до 66,44 км., показник коефіцієнтів звивистості також зменшується з 1,9 до 1,52. Виділено ділянки з найбільш вираженим меандруванням і найбільшими змінами горизонтальних зміщень русла: поблизу сіл - Нова Жадова, Черепківці, Камянка, Клинівка, м. Сторожинець.

Список використаних джерел

1. Бурштинська Х.В., Третяк С.К., Галочкін М.К. Дослідження горизонтальних зміщень частини річки Дністер з використанням даних ДЗЗ та ГІС-технологій. *Геодинаміка*, 2, 2017. С. 14-24.
2. Мельник А.А. Моніторинг горизонтальних зміщень русла річки Прут з використанням геоінформаційних технологій. *Науковий вісник Чернівецького університету : збірник наукових праць*. Чернівці : ЧНУ, Вип. 824 : Географія, 2020. С. 9-14.
3. Михнович А.В. Еколого-геоморфологічні дослідження верхньої частини сточища Дністра з використанням ГІС-технологій (*Кандидатська дисертація*). Львівський національний університет імені Івана Франка. Львів. 2004.
4. Настюк М.Г. Деякі особливості руслоформування річок басейнів Прута і Сірету за даними експедиційних досліджень та гідрологічних спостережень. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Наук. Збірник. Том 4 (21), 2010. С. 41-49.
5. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). К.: *Ніка-Центр*, 2001. 274с.
6. Третяк С.К. Моніторинг планових зміщень русел правобережних приток річки Дністер. *Сучасні дослідження геодезичної науки та виробництва*, II (36), 2018. С. 77-86.
7. Ющенко Ю.С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел. Чернівці: *Рута*, 2005. 320 с.
8. Чалов Р. С. Русловедение : теория, география, практика. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М. : *И-во ЛКИ*, Т. 1, 2008. С. 608.

References

1. Burshtynska, Kh. V., Tretiak, S. K., Halochkin, M. K. (2017). Doslidzhennia horyzontalnykh zmishchen chastyny richky Dnister z vykorystanniam danykh DZZ ta HIS-tehnolohii. *Geodynamika*, 2, 14–24.
2. Melnyk A.A. Monitorynh horyzontalnykh smeshcheniy rusla reky Prut s yspolzovanyem heoynformatsyonnykh tekhnolohiy. *Nauchnyi vestnyk Chernovyt'skoho unyversyteta: sbornyk nauchnykh trudov*. Chernovtsy: ChNU, Vyp. 824: Neohrafyia, 2020. S. 9-14.
3. Mykhnovych, A. V. (2004). Ekoloho-heomorfolohichni doslidzhennia verkhnoi chastyny stochyshcha Dnistra z vykorystanniam HIS-tehnolohii (Kandydatska dysertatsiia). *Lvivskiy natsionalnyi universytet imeni Ivana Franka*. Lviv.
4. Nastiyuk M.H. Deiaki osoblyvosti rusloformuvannia richok baseiniv Pruta i Siretu za danymy ekspedytsiinykh doslidzhen ta hidrolohichnykh sposterezhen. *Hidrolohiia, hidrokhimii i hidroekolohiia*. Naук. Zbirnyk. Tom 4 (21), 2010. S. 41-49.
5. Obodovskyi O. H. Hidroloho-ekolohichna otsinka ruslovykh protsesiv (na prykladi richok Ukrainy). K.: *Nika-Tsentr*, 2001. 274s.
6. Tretiak, S. K. (2018). Monitorynh planovykh zmishchen rusel pravoberezhnykh prytok richky Dnister. *Cuchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, II (36), 77-86.
7. Iushchenko, Yu. S. (2005). Neohidromorfolohichni zakonomirnosti rozvytku rusel. Chernivtsi: *Ruta*.
8. Chalov R. S. Ruslovedeniye : teoriya, heohrafyia, praktyka. Ruslovyye protsessy: faktory, mekhanyzmy, formy proiavlenniya y usloviya formirovaniya rechnykh rusel. M. : *Y-vo LKY*, T. 1, 2008. S. 608.

Надійшла до редколегії 05.02.2022

Прийнята до друку 19.05.2022