

УДК 556.537

Мельник А.А.

кафедра геодезії, картографії та управління територіями

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича вул.

Коцюбинського 2, Чернівці, 58012, Україна. E-mail: Melnikanton.ua@gmail.com

МОНІТОРИНГ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЗМІЩЕНЬ РУСЛА РІЧКИ ПРУТ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація: Сучасна недостатня кількість діючих гідрологічних постів, зниження можливостей проведення польових досліджень, погіршення якості та недоступність гідрометеорологічної, картографічної інформації, а для більшості водних об'єктів просто відсутність даних призводить до неможливості комплексного гідролого-морфологічного дослідження басейну річки та оцінки інтенсивності руслових змін зокрема. В роботі проведено дослідження горизонтальних зміщень русла річки Прут в межах міста Чернівці за допомогою топографічних карт різного масштабного ряду, більше ніж за 160 річний період спостережень. Встановлено суттєві відмінності, щодо самої звивистості русла так і особливостей його розмірів і форми. Найбільший показник звивистості русла спостерігався в середині ХХ століття і становив - 1,33 і зменшився до 1,12 станом на 2016 р.

Ключові слова: звивистість русла, горизонтальні зміщення, топографічна карта.

Постановка проблеми. Русла річок є одними з найбільш динамічних географічних об'єктів на поверхні землі, що супроводжується постійними їх рухами та зміщеннями. Вони добре реагують на динаміку температурного режиму та кліматичних показників, зміни та мінливість метеорологічних умов, а також на навантаження людини. Збільшення опадів протягом сезону, повторюваність аномальних сезонів призводять не лише до зростання рівня води в руслі, але і до збільшення як кількості так і ширини рукавів річки, сприяє зміні місцеположення основного русла, супроводжується обводненням

стариць та заплави, акумуляції наносів та зростанню підмивів. Горизонтальні зміщення русла істотно впливають на культурні й природні ландшафти та на господарську діяльність людини. І навпаки - людська діяльність, зокрема, гірничодобувні та великомасштабні гідротехнічні роботи у долинах рік, також призводять до змін їх русел.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивченням руслових процесів займалися Р.С. Чалов, М.І. Маккавеев, В.М. Лохтін, І.В. Попов, М.А. Великанов, Ю.С. Ющенко, О.Г. Ободовський, 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. Третяк та інші [Burshtynska Kh., 2017, Mykhnovych A., 2004, Tretiak S., 2018, Iushchenko Yu., 2005].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Недостатні вивчення та дослідження питань руслових процесів можуть призводити до затоплення значних територій, що є особливо небезпечним для населених пунктів. Сучасна недостатня кількість діючих гідрологічних постів, зниження можливостей проведення польових досліджень, погіршення якості та недоступність гідрометеорологічної, картографічної інформації, а для більшості водних об'єктів просто відсутність даних призводить до неможливості комплексного гідролого-морфологічного дослідження басейну річки та оцінки інтенсивності руслових змін зокрема. Саме тому, в більшості робіт, що зустрічаються та пов'язані схожою проблематикою, для досліджень обрано невеликий водний об'єкт або ж ділянку головного русла чи його притоки [Burshtynska Kh., 2017, Mykhnovych A., 2004, Tretiak S., 2018].

Важливою проблемою також залишається порівняння морфометричних характеристик річкової мережі на топографічних картах і планах різного масштабного ряду. Наближена до дійсності звивистість річки може бути відображена тільки на картах та планах великого масштабу. Чим дрібніший масштаб карти, тим більше спрямляється або узагальнюється рисунок річок. Тому і проведення таких оцінок та дослідження горизонтальних зміщень русла доцільно проводити по картографічному матеріалу одного масштабного ряду.

Виклад основного матеріалу. Сучасні космічні знімки та топографічні карти останніх десяти років, які вдалось отримати, дають можливість дослідити значно більшу територію розташування русла річки Прут ніж та, що взята для даного дослідження. Проте, не всі листи топографічних карт відповідного масштабу за XIX-XX століття були отримані під час пошуку. Це спричинило вибір обмеженої ділянки дослідження просторово-часового аналізу горизонтальних зміщень русла річки Прут. Тому, було обрано ділянку водного об'єкту в межах міста Чернівці подовживши її вгору та вниз по течії до закінчення листів відповідної карти. Так, початковою та кінцевою точками стали: західна - поблизу с. Стрілецький Кут та східна – міст, що з'єднує вул. Московської Олімпіади м. Чернівці з лівим берегом річки.

В багатолітньому циклі рівень води в річках змінюється. Тому при побудові загально-географічних карт певного масштабу встановлені певні прийоми генералізації річкової мережі. Правила генералізації використовуються до умовного рисунка річкової мережі на час межени. Саме тому, перед початком оцифрування русла, було вибрано космічні знімки, що відображають стан місцевості станом на кінець липня – початок серпня місяця 2016 року (межений період). Для здійснення векторизації використано ГІС-продукт Mapinfo Professional.

В результаті було оцифровано 14,1 км русла річки Прут. Для кращого та більш детального аналізу зміни горизонтальних зміщень русла, територію досліджень було розбито на три ділянки – Західна, Центральна, Східна. Вибір місця поділу зумовлений особливостями звивистості русла.

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

$$K_i = \frac{\hat{L}_i}{L_i} \quad (1)$$

де \hat{L}_i - довжина русла на ділянці, L_i – довжина русла між крайніми точками,

виміряна по прямій.

Визначено коефіцієнт звивистості русла річки Прут в межах досліджуваної території, що становить 1,12. Для центральної ділянки характерним є наявність прямолінійного русла, а для двох інших частин притаманна наявність меандр.

Було прив'язано в ГІС продукті топографічну карту масштабу 1:100 000. Із підписів карти відомо, що вона складена по матеріалам зйомки 1947 року, а в 1957 році виправлена по карті масштабу 1:50 000, що була оновлена в 1977 році. Крім того зазначено, що вона відповідає стану місцевості на 1982 р. Проведено напівавтоматичне оцифрування русла річки Прут. Довжина ділянки склала 15,83 км, розрахований коефіцієнт звивистості збільшився до 1,19. Аналіз порівняння горизонтальних зміщень русла по карті та знімку показує, що існують зміни, щодо самої звивистості русла так і особливостей його розмірів і форми (Рис. 1). Практично не змінним залишається русло в центральній частині досліджуваної території. У східній та західній частинах коефіцієнт звивистості збільшується за рахунок меандрування русла так і завдяки присутності рукавів. Найбільші зміни спостерігаються в районі протікання річки біля сіл Ленківці та Стрілецький Кут.

Для кількісного аналізу горизонтальних зміщень русла річки Прут було обрано дві ділянки з найбільшим неспівпадінням русла за два періоди. У західній частині (точка 2) довжина зміщень становить 195 метрів, а у східній частині (точка 1) – 212 метрів.

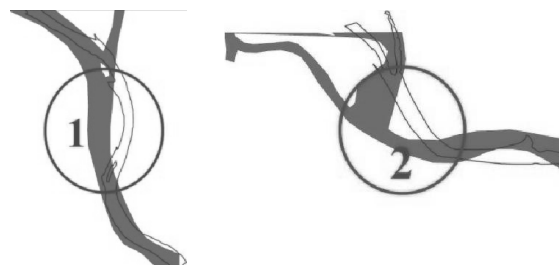


Рис. 1 Топографічна карта 1982 р. масштабу 1:100 000 з нанесеними руслами річки Прут та контрольними точками вимірювання горизонтальних зміщень (1 – східна, 2 – західна ділянки).

Досить важливим при здійсненні порівнянь горизонтальних зміщень русла річки є аналіз по картам однакового масштабного ряду. Враховуючи це, було віднайдено старі карти Австрійської монархії у масштабі 1:75 000, що мають датування 1855 року видання.

По прив'язаній карті було оцифровано русло річки Прут і встановлено, що загальна довжина складає 14,92 км, а коефіцієнт звивистості дорівнює 1,14. Це говорить про те, що звивистість русла була більшою в 1855 р. в порівнянні з сучасною, хоча і не найбільшою як в 1982 р. (Рис.2).

Здійснено порівняння горизонтальних зміщень русла річки Прут більш ніж за 160 років. Аналіз показує існування ще більшої відмінності у розміщенні русла. В розрізі виділених територій найбільші зміни характерні для західної та східної частини, зокрема наявність багаторукавності. Для західної ділянки (точка 1) спостерігається найбільше горизонтальне відхилення – 612 м., для центральної (точка 2) - 169 м., а для східної (точка 3) – 322 м.

Зареєстровано та прив'язано топографічну карту масштабу 1:50 000 1977 та 1940 років. (Рис.3). Аналіз по карті 1940 року показав, що довжина річки склала 16,6 км із показником коефіцієнта звивистості – 1,25. В той час як по карті 1977 року показники становлять 15,75 км та 1,19 відповідно.

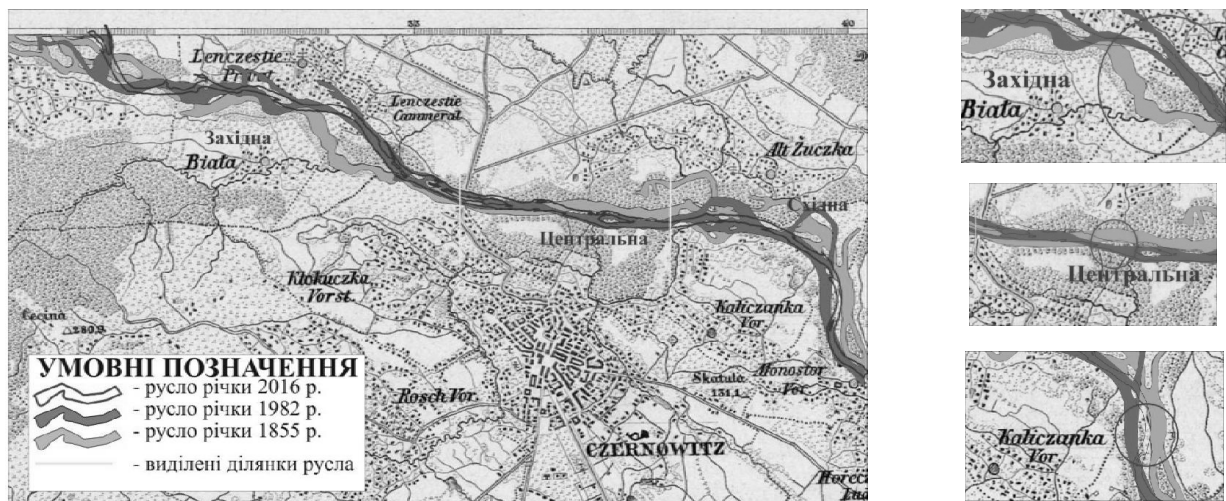


Рис.2 Топографічна карта Австрійської імперії 1855 р. масштабу 1:75 000 з оцифрованими руслами річки Прут і розміщеними контрольними точками вимірювання горизонтальних зміщень (1 – західна, 2 – центральна, 3 східна)

Просторові особливості горизонтальних зміщень русла річки Прут показують про існування в минулому (1940 р.) ще більшої кількості рукавів. У центральній частині досліджуваної ділянки практично відсутні горизонтальні зміщення русла, лише в деяких місцях вони становлять – 50-60 метрів. У західній частині в деяких місцях ширина багаторукавності становила 360-850 м., а найбільші горизонтальні зміщення становлять 340 м. (між селами Стрілецький Кут та Ленківці).

Проведено оцифрування русла річки Прут по карті 1957 року масштабу 1:25000. Встановлено, що довжина річки склала 16,4 км, а коефіцієнт звивистості – 1,27. Просторовий аналіз горизонтальних зміщень показує, що русло було досить багаторукавне на деяких ділянках, особливо в західній і центральній частині досліджуваної ділянки (Рис.4). У центральній частині спостерігались дворукавність, а ширина між рукавами досягала позначки у 130-150 метрів. Практично відсутні горизонтальні зміщення русла в порівнянні з сьогоденням. Варто відмітити, що не співпадіння розташування русла викликані наявністю сьогодні багаторукавності.

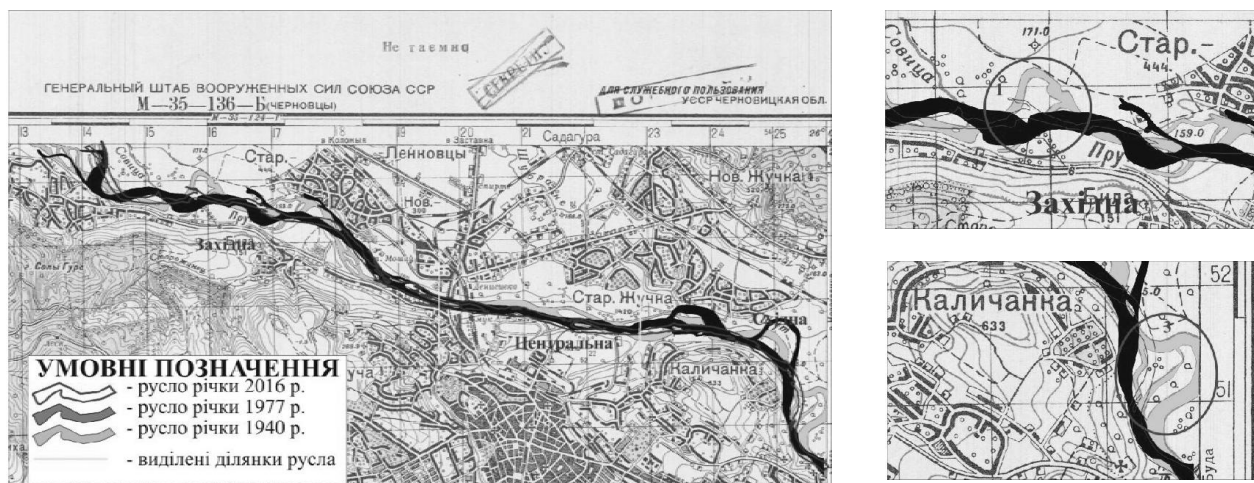


Рис. 3 Топографічна карта 1940 р. масштабу 1:50 000 з оцифрованими руслами річки Прут та розміщеними контрольними точками вимірювання горизонтальних зміщень (1 – західна, 3 східна ділянки)

У західній частині (точка 1) особливо чітко простежуються горизонтальні зміщення русла в районі між селами Стрілецький Кут та Ленківці. Сьогодні ця ділянка практично прямолінійна. Багаторукавність присутня в межах села

Стрілецький Кут з максимальною шириною між рукавами 385 метрів. Ширина максимальних горизонтальних зміщень русла становить 240-315 м.

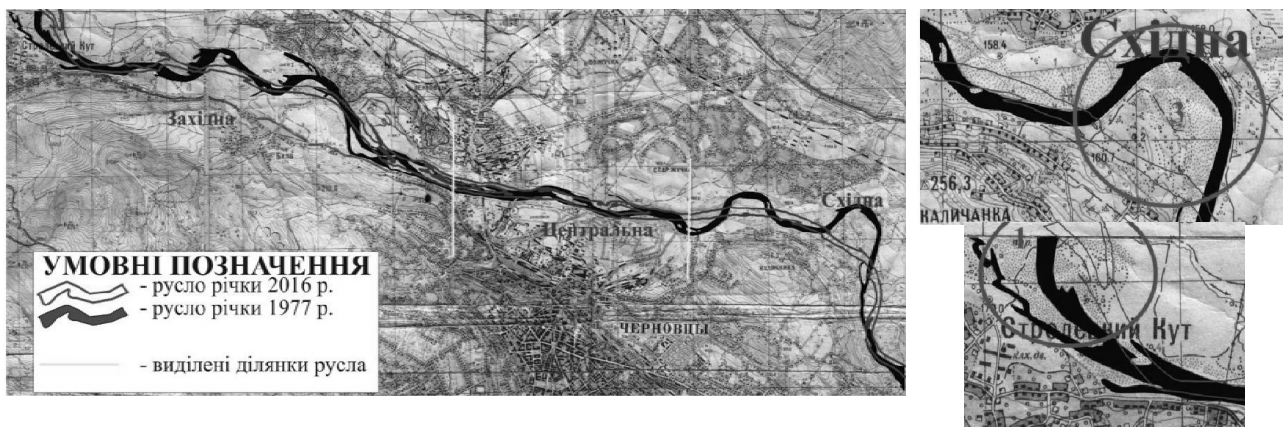


Рис.4 Топографічна карта 1957 р. масштабу 1:25 000 з оцифрованими руслами річки Прут та розміщеними контрольними точками вимірювання горизонтальних зміщень (1 – західна, 3 східна ділянки)

У східній частині (точка 3) меандрування найяскравіше представлено. Багаторукавність відсутня, а найбільші зміщення становлять 250-600 метрів.

Було зареєстровано та прив'язано топографічну карту масштабу 1:25 000 стану місцевості на 1947 р. Так як вдалось віднайти один лист карти - не на всю територію досліджень, то загальна довжина оцифрованого русла менша і становить 13,63 км, а коефіцієнт звивистості – 1,33 (Рис.5). Неохопленою залишилась територія від села Ленківці до с. Стрілецький Кут (близько 3 км.).

В 40-х роках ХХ століття русло було багаторукавне на деяких ділянках, особливо в західній частині. Саме тут спостерігається переплетіння русел, а найбільша ширина між крайніми рукавами становила 420 метрів. Вниз по течії спостерігалась однорукавність русла з подальшим його збільшенням ширини.

Здійснено порівняльний аналіз горизонтальних зміщень русла річки Прут по топографічній карті 1947 р. в масштабі 1:25 000 з оцифрованими руслами станом місцевості на 1947, 1957 та 2016 роки. У західній частині спостерігається співпадіння положення русла за 1947, 1957, 2016 роки. На ділянці поблизу села Ленківці і вище по течії в минулому спостерігалась багаторукавність з переплетенням русла. Характерним є горизонтальні зміщення русла річки Прут станом місцевості на 1957 р. переважно на північ, а

станом місцевості на 1947 р. як на північ так і на південь.

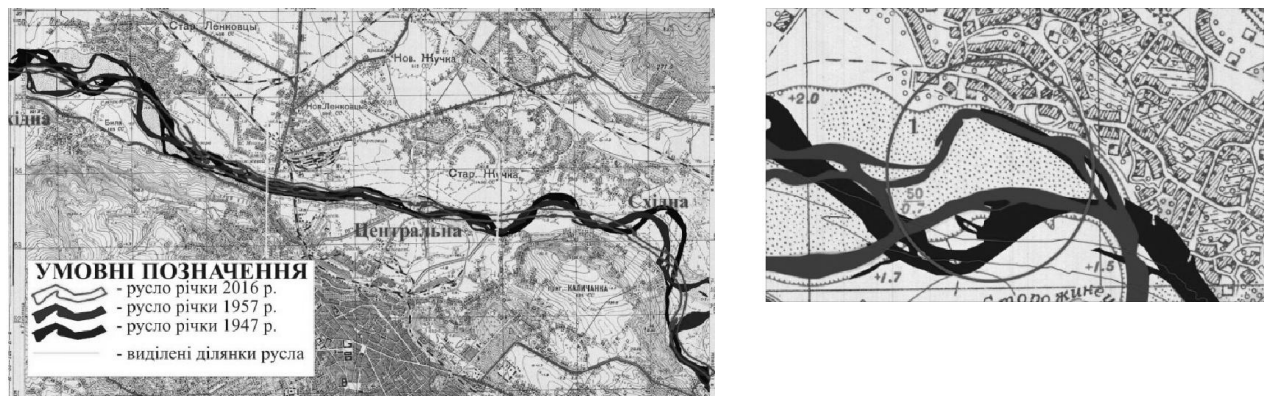


Рис. 5 Топографічна карта 1947 р. масштабу 1:25 000 з оцифрованими руслами річки Прут та розміщеними контрольними точками вимірювання горизонтальних зміщень (1 – західна ділянка)

Поблизу житлової забудови с. Ленківці на карті 1947 року спостерігається проходження в безпосередній близькості рукава русла Прут, проте на карті 1957 року частина рукава уже відсутня, що говорить про пересихання русла або ж суттєве зменшення ширини його розмірів та, як наслідок, не відображення на топографічній карті. Довжина найбільших зміщень русла (точка 1) становить 470 м.

У центральній частині практично відсутні горизонтальні зміщення русла в порівнянні з сьогоденням. Не співпадіння викликані наявністю сьогодні багатурукавності. Найбільша звивистість характерна для східної частини (точка 3). Причому мандрування русла річки ще більш помітні на карті 1947 р. ніж на карті 1957 р. Багатурукавність тут відсутня, а найбільші зміщення - 320-410 метрів.

Висновки. Аналіз просторово-часових змін горизонтальних зміщень русла річки Прут за космічними знімками та топографічними картами за 161 річний період спостережень показав суттєві відмінності, щодо самої звивистості русла так і особливостей його розмірів і форми. За допомогою часового аналізу встановлено, що найбільша звивистість русла спостерігалась в середині ХХ століття і становила - 1,33 і зменшилась до 1,12 станом на 2016 р.

Практично не змінним, в плані горизонтальних зміщень, залишалось русло в центральній частині досліджуваної території. У східній та західній частинах коефіцієнт звивистості збільшуються за рахунок мандрування русла так і завдяки присутності рукавів, особливо це характерно для території району

Калічанки. Для західної частини найбільші зміни спостерігаються в районі протікання річки Прут біля сіл Ленківці та Стрілецький Кут. Найбільші показники відхилень русла від сучасного місцезнаходження знаходяться в інтервалі 300-400 метрів.

References

1. Burshtynska, Kh. V., Tretiak, S. K., Halochkin, M. K. (2017). Doslidzhennia horyzontalnykh zmishchen chastyny richky Dnister z vykorystanniam danykh DZZ ta HIS-tekhnologii. *Heodynamika*, 2, 14–24.
2. Mykhnovych, A. V. (2004). *Ekoloho-heomorfolohichni doslidzhennia verkhnoi chastyny stochyshcha Dnistra z vykorystanniam HIS-tekhnologii* (Kandydatska dysertatsiia). Lvivskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Franka. Lviv.
3. Tretiak, S. K. (2018). Monitorynh planovykh zmishchen rusel pravoberezhnykh pryток richky Dnister. *Cuchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, II (36), 77-86.
4. Iushchenko, Yu. S. (2005). *Heohidromorfolohichni zakonomirnosti rozvytku rusel*. Chernivtsi: Ruta.

А.А. Мельник Мониторинг горизонтальных смещений русла реки Прут с использованием геоинформационных технологий

Аннотация: Современное недостаточное количество действующих гидрологических постов, снижение возможностей проведения полевых исследований, ухудшение качества и недоступность гидрометеорологической, картографической информации, а для большинства водных объектов просто отсутствие данных приводит к невозможности комплексного гидролого-морфологического исследования бассейна реки и оценки интенсивности русловых изменений в частности. В работе проведено исследование горизонтальных смещений русла реки Прут в пределах города Черновцы с помощью топографических карт разного масштабного ряда, за более чем 160 летний период наблюдений. Установлены существенные различия, как по самой извилистости русла так и по

особенностям его размеров и формы. Наивысший показатель извилистости русла наблюдался в середине XX века и составил - 1,33 и уменьшился до 1,12 по состоянию на 2016 год.

Ключевые слова: извилистость русла, горизонтальные смещения, топографическая карта.

A.A. Melnik. Monitoring of horizontal displacements of the Prut River bed using geoinformation technologies.

Abstract: River beds are one of the most dynamic geographical features on the surface of the earth, accompanied by constant movements and displacements. They respond well to the dynamics of temperature and climatic conditions, changes and variability of meteorological conditions, as well as human load. Increasing rainfall during the season, the recurrence of abnormal seasons lead not only to an increase in the water level in the channel, but also to an increase in both the number and width of the river's hoses, contributes to the change of the location of the main channel, accompanied by watering old women and floodplains, the accumulation of sediment and the increase of washouts. Horizontal displacements of the channel significantly affect the cultural and natural landscapes and human economic activity. Conversely, human activity, in particular, mining and large-scale hydrotechnical works in the valleys, also change their course.

Insufficient study and research of riverbed issues can lead to the flooding of large areas, which is particularly dangerous for settlements. The current insufficient number of existing hydrological posts, the reduction of field research opportunities, the deterioration of the quality and the inaccessibility of hydrometeorological, mapping information, and for most water bodies simply the lack of data leads to the impossibility of a comprehensive hydrological and morphological study of the river basin and the assessment of intensities. For this reason, in most of the works encountered and related to similar issues, a small local body of water or a section of the main channel or its tributary is selected for research.

An important problem is also the comparison of the morphometric characteristics of the river network on topographic maps and plans of different scale series. The river meandering close to reality can only be displayed on large-scale maps. The smaller the scale of the map, the more straightened or generalized the drawing of the rivers. Therefore, it is advisable to carry out such assessments and study of horizontal displacements of the channel on the cartographic material of one scale series. The horizontal displacements of the Prut River bed within the city of Chernivtsi were investigated using topographic maps and plans of different scale, for more than 160 years of observations. About 15 km of the Prut River bed has been digitized. For a better and more detailed analysis of the change in horizontal displacements of the riverbed, the study area was divided into three sections - West, Central, and East. The choice of a place of division is caused by features of the winding channel.

The search of maps of different scales in previous years for this territory made it possible to compare the horizontal displacements of the Prut River bed both in time and in space. Topographic maps of 1: 100000 scale in 1982, 1:50000 - 1940 and 1977 and 1:25000 of 1947 and 1957, maps of the Austrian monarchy of 1:75000 - 1855 were found. Analysis of the spatial-temporal changes of horizontal displacements of the Prut River bed by space images and topographic maps during the 161-year observation period showed significant differences in terms of the most meandering channel and its size and shape. Using time analysis, it was found that the highest meandering of the channel was observed in the middle of the twentieth century and amounted to 1.33 and decreased to 1.12 as of 2016. Virtually unchanged, in terms of horizontal displacements, the channel remained in the central part of the study area. In the eastern and western parts, the tortuosity coefficient is increased due to the meandering of the channel and due to the presence of the sleeves, especially in the Kalichanka area. For the western part, the greatest changes are observed in the area of the Prut River near the villages of Lenkivtsi and Streletsky Kut. The highest values of deviations of the channel from the current location are in the range of 300-400 meters.

Key words: meandering bed, horizontal displacements, topographic map.