

УДК 556.537

Х. БУРШТИНСЬКА, С. ТРЕТЯК, М. ГАЛОЧКІН

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013, ел. пошта sofijka3@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЗМІЩЕНЬ РУСЛА РІЧКИ ДНІСТЕР  
З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДЗЗ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ<https://doi.org/10.23939/jgd2017.02.014>

**Мета.** Метою роботи є опрацювання методики дослідження горизонтальних зміщень русла річки Дністер від м. Галич до м. Заліщики за різночасовими топографічними картами, спеціальними картами та космічними знімками. Такий комплексний підхід до використання різних матеріалів для отримання вхідної інформації про русло річки з опрацюванням в ArcGIS дає можливість проводити моніторинг зміщень русла, визначати величини зміщень за значний часовий період. Карти ґрунтів та четвертинних відкладів є підставою для встановлення суттєвих причин зміщень русла річки Дністер. **Методика.** Розглянуто основні причини виникнення зміщень та меандрування русла річки Дністер. Моніторинг проведено на ділянці від м. Галича до м. Заліщики довжиною близько 100 км за 100-літній період. Матеріалами для проведення досліджень слугували топографічні карти (1910, 1923, 1976 років) та космічні знімки, отримані з супутників Landsat 5 (1986 р.), Landsat 7 (2000 р.) та Sentinel (2017 р.), а також спеціальні ґрунтові карти та карти четвертинних відкладів. Подано загальну технологічну схему опрацювання матеріалів та фрагменти русла річки Дністер, векторизовані за топографічними картами. Візуалізація та дослідження змін русла річки Дністер виконувалися в програмному середовищі ArcGIS 10.1. Визначено коефіцієнти звивистості русла річки Дністер, виконано вимірювання максимальних зміщень ріки в її п'яти виділених фрагментах русла. Виміри здійснено в вибраних точках. Одночасно виміряно площі островів та стариць. Для наочного дослідження причин зміщення русел рік за топографічними картами масштабу 1:100000 побудовано ЦМР. Для встановлення причин зміщення подано межі Передкарпатського прогину та Волино-Подільської плити, структури яких впливають на формування русла річки Дністра. Проаналізовано карти четвертинних відкладів та ґрунтів. **Результати.** Ділянка досліджень характерна високим показником коефіцієнта звивистості із значною кількістю меандрів та стариць. Дослідження зміщень русла річки Дністер свідчить про значне меандрування в рівнинній частині та майже незмінність русла в горбистій частині. Гідротехнічні роботи, проведені в 20–80-ті роки ХХ ст., значно зменшили звивистість та меандрування, порівняно з природним характером русла, визначеного за картою 1910 року. Максимальні зміщення за 100-літній період виносять 900 м. Із аналізу карт четвертинних відкладів і ґрунтової карти встановлено, що місця максимального зміщення напрямку русла пов'язані з алювієм I, III надзаплавних терас з опідзоленими та болотними ґрунтами. **Наукова новизна.** Встановлено, що основним дієвим методом прогнозу руслових змін є гідролого-морфологічний аналіз на підставі різної топографічної інформації та інформація, отримана на підставі даних ДЗЗ, який передбачає поєднання та аналіз сучасного і минулих конфігурацій русла річки. Основними руслоформувальними чинниками є: повені та паводки; літологічна будова та гідрогеологія; неотектонічні рухи; акумуляція і ерозія наносів на заплаві. **Практична значущість.** Результати моніторингу деформаційних процесів русел рік необхідно враховувати під час виконання низки завдань, пов'язаних з русловими процесами, зокрема: проектуванням та спорудженням гідротехнічних об'єктів; проектуванням ліній електропередач під час переходу через річки; проведенням газотранспортних мереж; визначенням зон затоплення та масштабів руйнацій після паводкових чи повеневих явищ; здійсненням рекреаційної діяльності; встановленням меж охоронних земель; вивченням стану прикордонних земель за встановлення кордону по фарватеру річок.

**Ключові слова:** моніторинг, руслові процеси, зміщення русла, меандрування, алювіальні та делювіальні відклади.

**Вступ**

У роботі розглянуто причини виникнення зміщень та меандрування русла річки Дністер від м. Галича до м. Заліщики. Основними причинами таких явищ є кліматичні, фізико-географічні та антропогенні чинники, зокрема часті повені, слабостійкі породи та ґрунти, вирубка лісів та забір гравійно-піщаних матеріалів з русла річки. Аналіз зміщень здійснено на ділянці довжиною близько

100 км за 100-літній період. Матеріалами для досліджень слугували топографічні карти (1910, 1923, 1976 років) та космічні знімки, отримані з супутників Landsat 5 (1986р.) Landsat 7 (2000 р.) та Sentinel (2017 р.), а також спеціальні карти.

**Мета**

Метою роботи є опрацювання методики дослідження горизонтальних зміщень русла річки

Дністер від м. Галич до м. Заліщики за різночасовими топографічними картами, спеціальними картами та космічними знімками. Такий комплексний підхід до використання різних матеріалів для отримання вхідної інформації про русло річки з опрацюванням інформації в ArcGIS дає можливість проводити моніторинг зміщень русла, визначати причини та величини горизонтальних зміщень за значний часовий період. Карти ґрунтів та четвертинних відкладів є підставою для встановлення суттєвих причин зміщень русла річки Дністер.

### Постановка проблеми

Як відомо, з часом русла річок змінюють своє горизонтальне і висотне положення [Hooke., 1984]. За 30–50 років річка може зміститись на відстань, що дорівнює ширині русла або й більше, можуть з'явитись нові протоки, рукави тощо. Основними причинами таких явищ є кліматичні, фізико-географічні та антропогенні чинники, зокрема часті повені, слабкостійкі породи та ґрунти, вирубка лісів та забір гравійно-піщаних матеріалів з русла ріки [Mahmood et al., 2015; Rud'ko H. I., Petryshyn V. Yu., 2014]. Крім того, збільшення кількості сезонних опадів, повторюваність аномальних сезонів обумовлюють не лише зростання рівня води в руслі, але і збільшення рукавів річки, обводнених стариць та заплави, зміну місцеположення русла, зростання підмивів та акумуляції матеріалу. Зміни русла значною мірою впливають на природні і культурні ландшафти та на господарську діяльність людини. З іншого боку, антропогенна діяльність, зокрема, гірничодобувні та будівельні роботи у долинах ріки теж зумовлюють зміну русла ріки [Obodovskiy O. G., 2001].

Зважаючи на періодичність виникнення паводків в Україні та їхній негативний вплив на антропогенні системи, можна стверджувати, що безперервний моніторинг водних об'єктів має важливе значення для розв'язання прикладних задач і є необхідним [Shevchuk V. M., Burshtynska Kh. V., 2011].

Такі спостереження ґрунтуються на використанні методів дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій, що уможлиблює регулярне відстеження стану територій, забезпечує широку оглядовість, повторюваність, високу оперативність одержання та опрацювання інформації. Крім того, використання даних ДЗЗ та ГІС-технологій відкриває нові можливості для отримання оперативного прогнозу зон можливого затоплення, попередньої оцінки масштабів повеней, моделювання географічних об'єктів, визначення найдоцільніших місць для розташування захисних споруд, а також контролю зони прибережних територій.

Сьогодні постає необхідність детального опрацювання методів організації моніторингу

зміщення русел річок, дослідження процесів їх меандрування, що пов'язане із зміною водоохоронних зон та також визначенням затоплених земель [Grenfell M. C., 2013]. Сучасні геоінформаційні системи, зокрема спеціальні модулі, дають можливість за певними гідрологічними моделями визначати зони затоплення та проводити прогнозування таких зон, а також складати тематичні карти, пов'язані з підтопленням та затопленням земель.

### Невирішені частини загальної проблеми

Основним дієвим методом прогнозу руслових змін є гідролого-морфологічний аналіз на підставі різної інформації, який передбачає поєднання та аналіз сучасного і минулих конфігурацій русла річки.

Основними руслоформувальними чинниками є:

- повені та паводки;
- літологічна будова та гідрогеологія;
- неотектонічні рухи, землетруси, обвали;
- флора та фауна на території басейну;
- акумуляція і ерозія наносів на заплаві.

Однак деякі автори, крім цих чинників, вважають, що на причини меандрування діють прискорення Коріоліса, наявність випадкових перешкод, концентрація ентропії, структурна турбулентність, поперечна циркуляція, блукання динамічної осі потоку.

Меандрування супроводжується руйнуванням русел, берегів і дна річки. У деяких випадках меандри можуть зблизитися один з одним настільки, що земляна перемичка між ними проривається. У такому разі утвориться нове, коротше русло, в якому значно більші похил та швидкість течії. Внаслідок цього на кінцях залишеного потоком меандра почнуть відкладатись наноси й утвориться стариця [Obodovskiy O. G., 2001; Burshtynska Kh. V., 2015].

### Методика роботи

#### Постановка завдання

Об'єктом досліджень слугує русло річки Дністер, яке протікає в Івано-Франківській, Тернопільській та Чернівецькій областях на рівнинній та горбистій території. Розташування ділянки дослідження подано на рис. 1.

#### Передкарпатський прогин

Передкарпатський прогин – це молода альпійська область опускання земної кори, яка розміщена між Карпатською структурою і Волино-Подільською плитою. Покажемо на (рис. 2) межі Передкарпатського прогину та Волино-Подільської плити, структури яких впливають на формування русла Дністра та його основних правобережних приток. [Kravchuk YA. S., 1999; Rudko H. I., Petryshyn V. Yu., 2014].

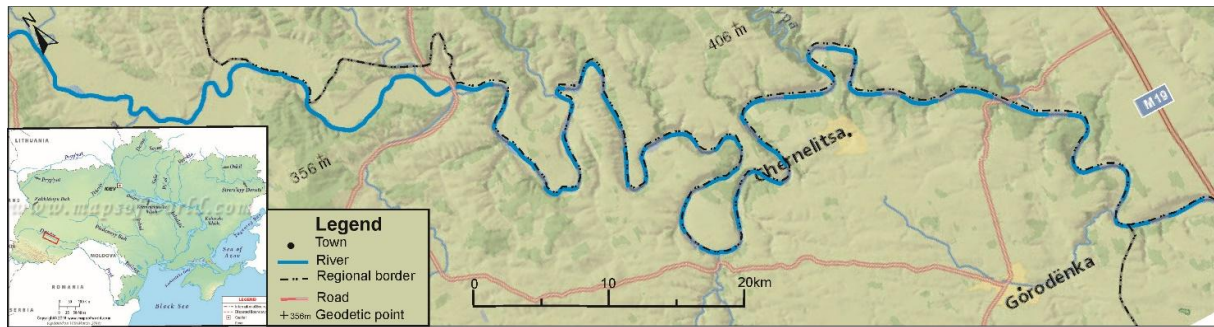


Рис. 1. Розташування ділянки дослідження

Fig. 1. Investigation area

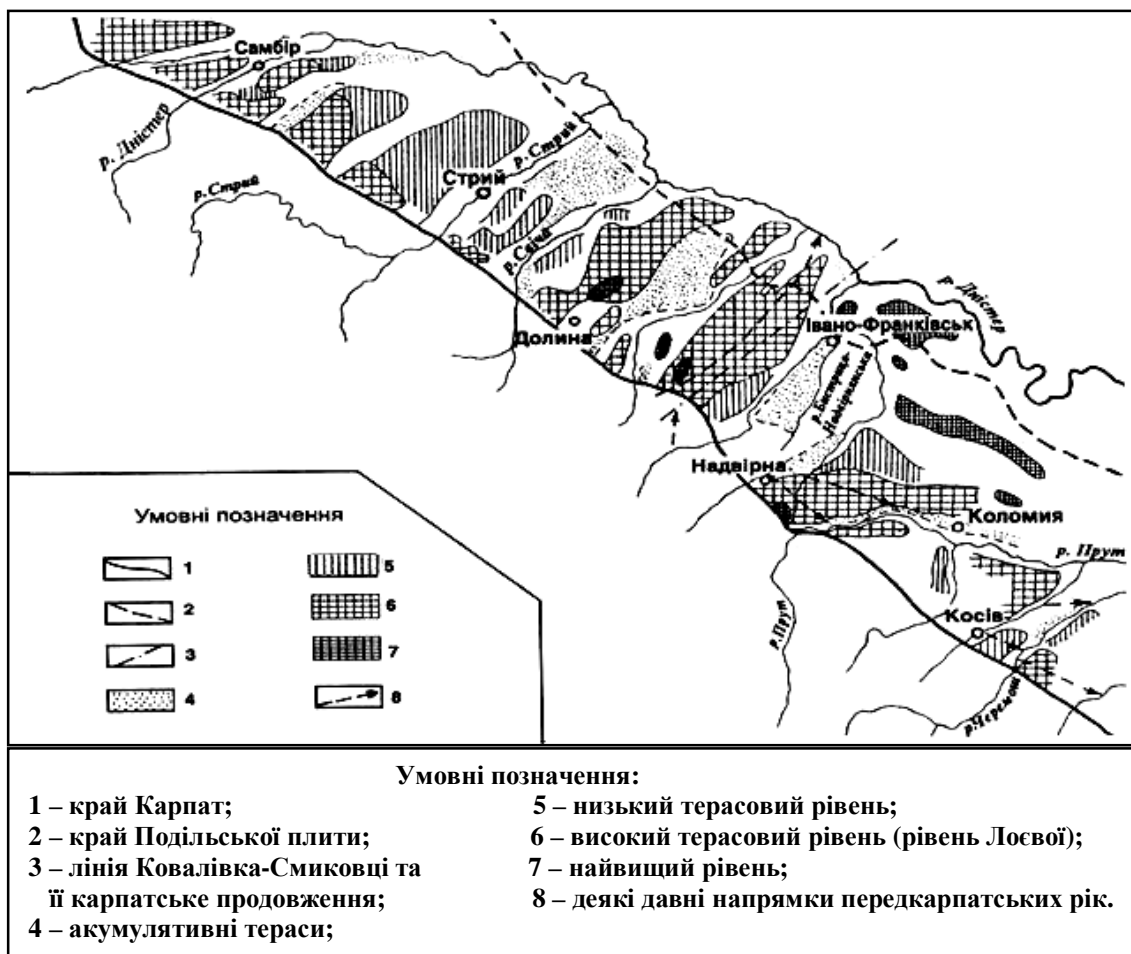


Рис. 2. Передкарпатський прогин

Fig. 2. Precarpathian deflection

Для проведення моніторингу зміщень та меандрування русел ріки Дністер на ділянці між м. Галич та м. Заліщики, протяжністю приблизно 100 км, використано:

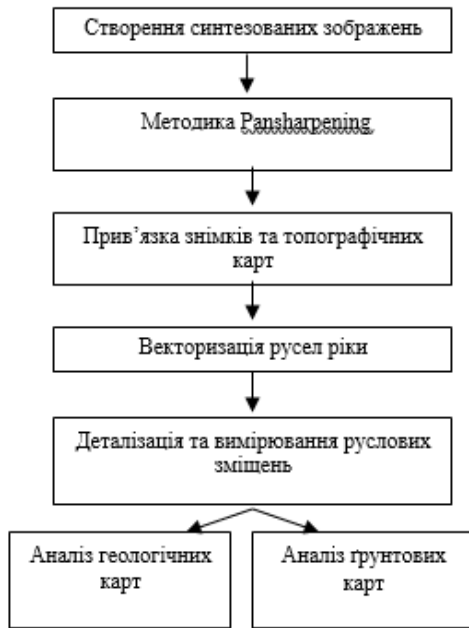
1) топографічні карти масштабів 1:100000 (1910, 1923, 1976 рр.);

2) космічні знімки, отримані із супутників Landsat 5 (1986 р.), Landsat 7 (2000 р.) та Sentinel 2 (2017 р.);

3) карту четвертинних відкладів та ґрунтову карту масштабу 1:200000.

Загальну технологічну схему опрацювання матеріалів подано на (рис. 3). На (рис. 4) подано фрагменти русла річки Дністер, векторизовані по топографічних картах.

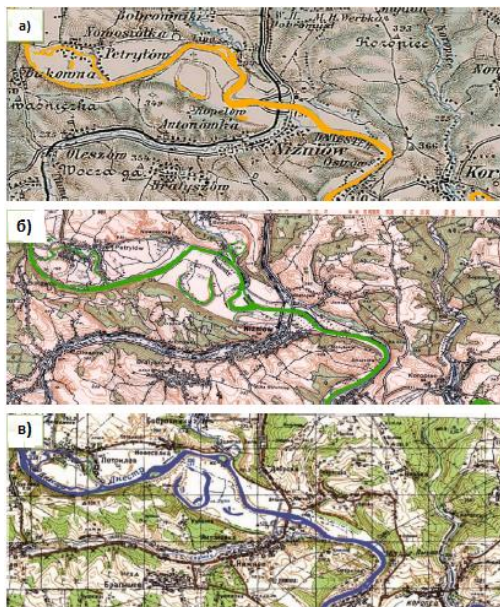
Візуалізація та дослідження змін русла річки Дністер [Nath et al., 2013; Pan., 2013] виконувалася в програмному середовищі ArcGIS 10.1.



**Рис. 3.** Технологічна схема моніторингу зміщень русла ріки Дністер засобами ArcMap 10.1

*Fig. 3. The technological scheme of monitoring the displacement of the channel of the Dnister river using ArcMap 10.1*

Прив'язка топографічних карт здійснювалась за 10 точками, координати яких визначались за кілометровою сіткою. Карти австрійського періоду, на яких відсутня кілометрова сітка, прив'язані за допомогою функції трансформації



положення точок, які можна було ідентифікувати (мости, перетини доріг, геодезичні пункти) на прив'язану карту. Для точнішої прив'язки використано поліном 2-го степеня, похибка прив'язки не перевищувала 15 метрів за внутрішньою сходимістю. Після прив'язки всі топографічні карти було приведено до єдиної системи координат WGS-84, в якій подано космічні зображення. На рис. 4 представлено векторизовані русла періодів: а – австрійського, 1910 р., б – польського, 1923 р.; в – радянського, 1976 р. та космічних знімків у межах досліджуваної ділянки.

Крім топографічних карт, планові зміщення русла, визначались за космічними знімками, отриманими з супутників Landsat 5 (1986 р.), Landsat 7 (2000 р.) та Sentinel 2 (2017 р.).

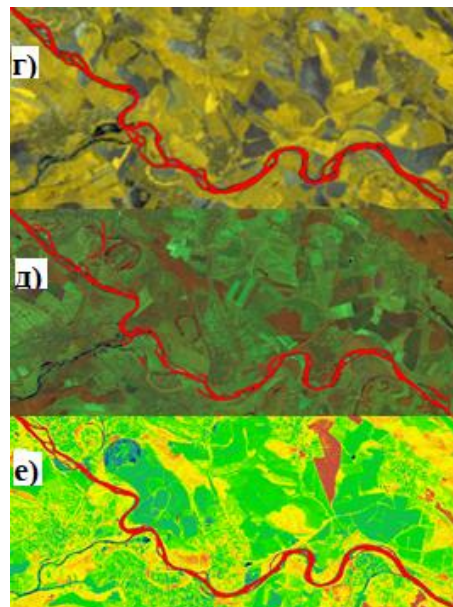
На фрагменті карти (1910 р.) помітно суттєве меандрування русла, яке характеризується значними відхиленнями від середнього положення, що також свідчить про значну звивистість русла (табл. 1).

Коефіцієнт звивистості русла визначають із залежності:

$$K_i = L'_i / L, \quad (1)$$

де  $L'_i$  – довжина русла,  $L$  – відстань між крайніми точками русла, виміряними по прямій. Обчислені коефіцієнти звивистості подано в табл. 1. Як видно з табл. 1, русло є сильнозвивистим, коефіцієнти змінюються в межах від 2,28 до 2,34.

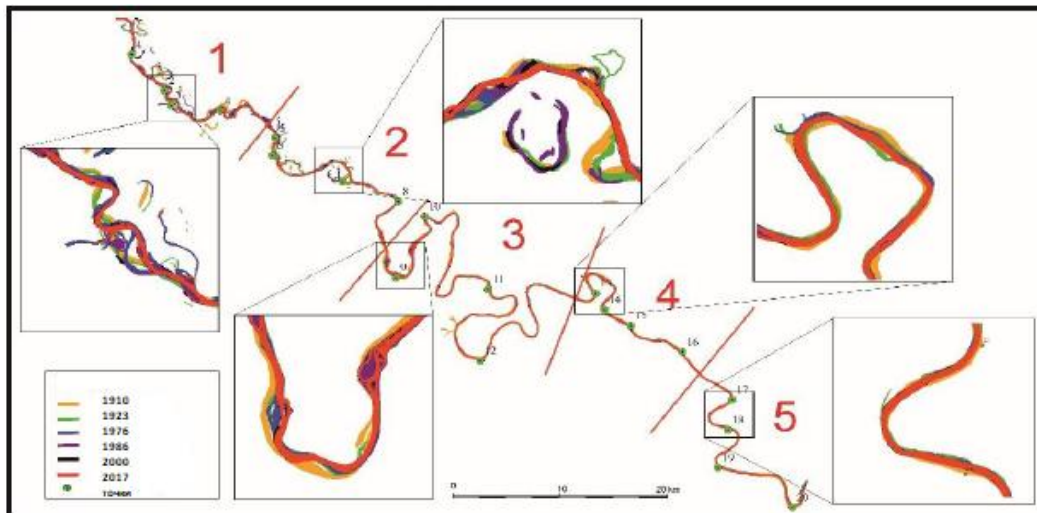
Ділянку досліджень залежно від характеру руслових зміщень поділено на п'ять фрагментів (рис. 5). Виміри здійснено в вибраних точках, які характеризують максимальні зміщення.



**Рис. 4.** Фрагменти топографічних карт та космічних знімків: а – 1910, б – 1923, в – 1976 р., г – Landsat 5 (1986 р.), д – Landsat 7 (2000 р.), е – Sentinel 2 (2017 р.)

*Fig. 4. Fragments of topographic maps and space photographs: а – 1910, б – 1923, в – 1976, г – Landsat 5 (1986), д – Landsat 7 (2000), е – Sentinel 2 (2017)*





**Рис. 5.** Загальний вигляд векторизованих русел річки Дністер за топографічними картами та космічними знімками і збільшені фрагменти русла з деталізацією максимальних змін

*Fig. 5. Common view of Dniester riverbed digitized on topographical maps and satellite images at different epochs*

**Коефіцієнти звивистості русла в різні періоди**  
Таблиця 1

**The sinuosity coefficients of the channel in different periods**

1910	1923	1976	1986	2000	2017
2,28	2,29	2,33	2,28	2,33	2,34

**Максимальні зміщення русла (м)**  
Таблиця 2

**Maximum shifts of riverbed (m)**

№ ділянки	№ точки	1910–1923	1910–1976	1910–2017
1	1	179	182	146
	2	108	577	629
	3	30	<b>700</b>	659
	4	183	256	491
2	5	352	233	273
	6	338	189	174
	7	221	<b>904</b>	849
	8	105	135	145
3	9	364	399	<b>402</b>
	10	155	135	146
	11	204	243	219
	12	168	214	225
4	13	64	176	155
	14	138	143	155
	15	101	<b>215</b>	180
	16	133	84	97
5	17	124	132	97
	18	191	105	122
	19	204	175	181
	20	<b>231</b>	164	141

Зауважено, що в рівнинній частині річки з широкою заплавою русло зазнає значних змін у часі. У (табл. 2) подано величини горизонтальних зміщень за періоди 1910–1923 р., 1910–1976 р., 1910–2017 р.. На перших трьох ділянках зауважено найбільші зміщення: на 1 ділянці – 700 м за період 1910–1976 р., на 2 ділянці – 904 м за період 1910–1976 р. та на 3 ділянці – 402 м за період 1910–2017 р.. На 4 і 5 ділянці при входженні річки в каньйон зміщення русла значно зменшуються і становлять 215 м за період 1910–1976 р. і 231 м за період 1910–1923 р.

Значні зміни стосуються, таких елементів, як стариці та острови. Покажемо на (рис. 6) накладені векторизовані русла (1910 р. – жовтий колір, 2017 р. – червоний колір), на якому чітко помітно зміни характеру русла за 100-літній період та зміни таких елементів, як острови та стариці.



**Рис. 6.** Фрагмент ділянки річки із змінами характеру русла та його елементів

*Fig. 6. Fragment of the river with changes in the nature of the channel and its elements*

У руслі, зображеному на фрагменті карти 1910 р., помітно систему обвалувань берега, що свідчить про проведення гідротехнічних робіт, які зроблено для запобігання змін русла з метою зменшення площ підтоплованих територій.

Про зміни площ стариць та островів свідчать табл. 3 і табл. 4.

Таблиця 3

Площа стариць в різні періоди (км<sup>2</sup>)

Table 3

Area of bayou (km<sup>2</sup>)

1910	1923	1976	1986	2000	2017
1,54	1,08	1,22	1,03	0,45	0,10

Як видно із табл. 3, кількість стариць зменшується, що свідчить про зменшення меандрування. Найбільше стариць утворювалось до 1910 р. На космічних знімках (2000, 2017 р.) стариці зарослі трав'янистою рослинністю і майже непомітні.

Що ж стосується островів (табл. 4), то в 1976, 1986 роках їхні площі збільшилися в 1,5–2,5 раза порівняно з 1910 р. за рахунок зменшення швидкості водного потоку, спричиненого значними літніми паводками 1974 р., 1975 р. Паводкові та повеневі явища призводять до збільшення об'єму наносів. Матеріалом островів слугують галечники та піщані наноси.

Для наочного дослідження причин зміщення русла річки на основі топографічної карти масштабу 1:100000 побудовано ЦМР. Фрагмент ЦМР з накладеним космічним зображенням по-

дано на (рис. 7). За ЦМР виміряно ширину заплави річки: 1 ділянка – 4500–3500 м, 2 ділянка – 1600–1900 м, 3 ділянка – 500–900 м, 4 ділянка – 350–480 м, 5 ділянка – 250–570 м. На перших трьох ділянках заплава значно ширша порівняно з 4 та 5 ділянками. Щоб детальніше дослідити причини зміщень русла річки використано карти четвертинних відкладів (рис. 8) та карти ґрунтів (рис. 9).

Таблиця 4

Площа островів у різні періоди (км<sup>2</sup>)

Table 4

Area of islands (km<sup>2</sup>)

1910	1923	1976	1986	2000	2017
0,96	1,10	2,45	2,11	1,81	1,69

Біля русла ріки основними відкладами є алювіальні та делювіальні відклади I, III надзаплавних терас та сучасних водотоків. Літологічний склад характерний наявністю суглинків, у деяких ділянках торф'янисто-мулистих відкладень та галечників.

Із аналізу ґрунтової карти в місцях максимального меандрування (фрагменти 1, 2) та звивистості встановлено, що основними типами ґрунтів є опідзолені та болотні ґрунти на алювіальних породах, що і призводять до суттєвих змін напрямку русла. На фрагментах 3, 4, 5 ґрунти характерні більшою різноманітністю, головними з них є лесові на сучасному алювію та делювію.

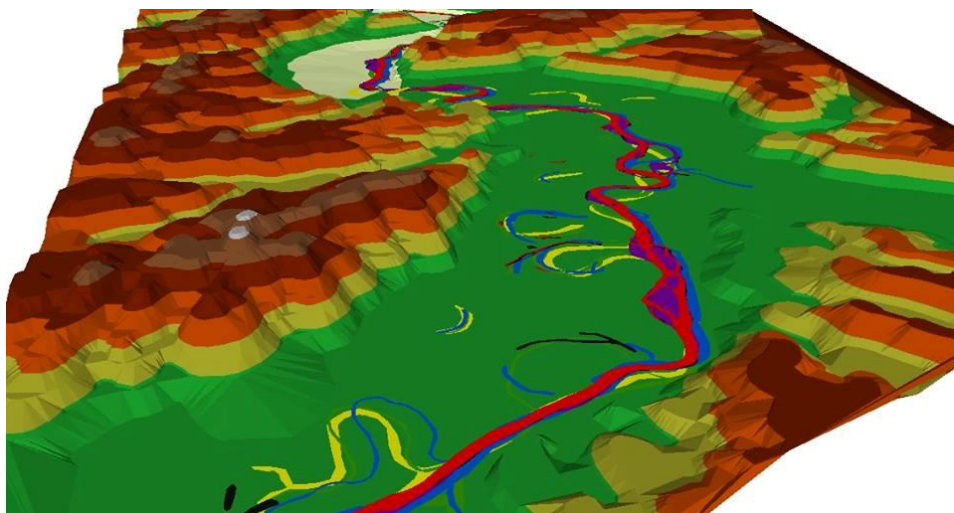


Рис. 7. Побудована ЦМР з накладеними руслами рівнинної частини річки Дністер

Fig. 7. The DTM was constructed with overlying beds of the flat part of the Dniester River



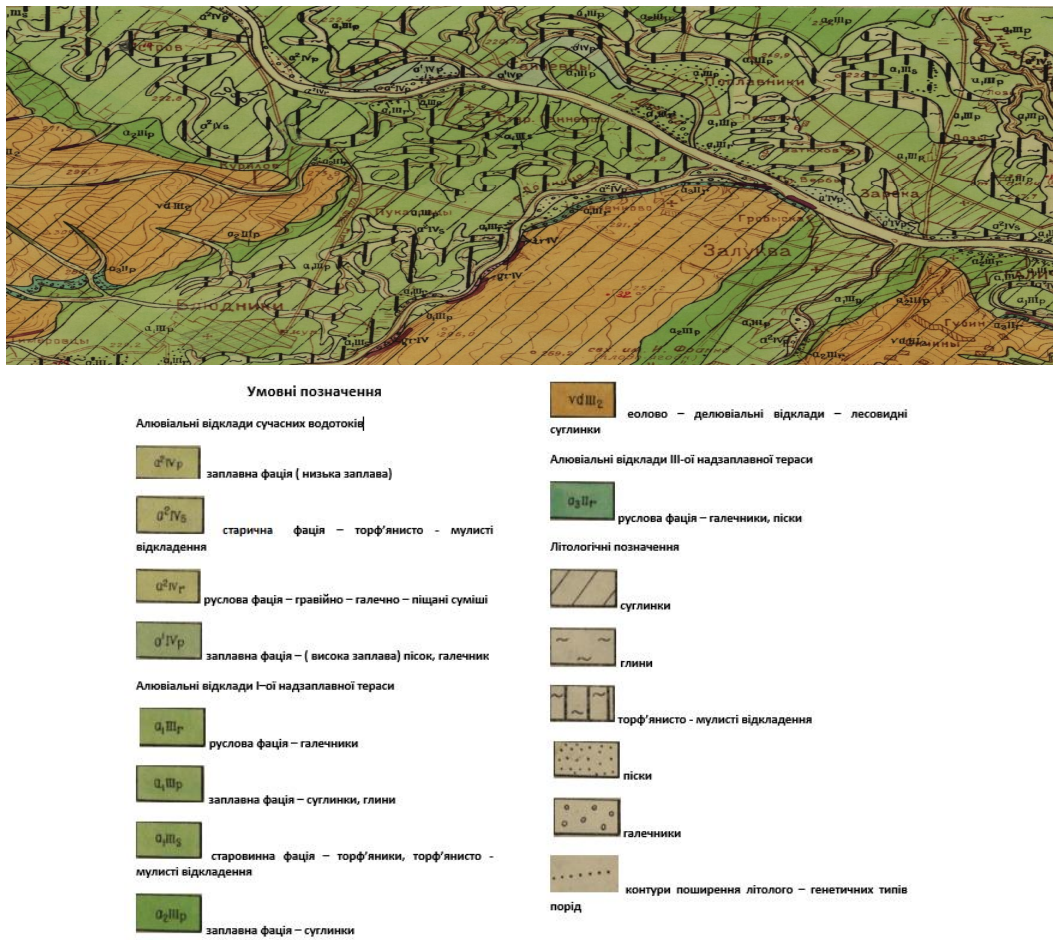


Рис. 8. Фрагмент карти четвертинних відкладів

Fig. 8. A fragment of the maps of the Quaternary sediments

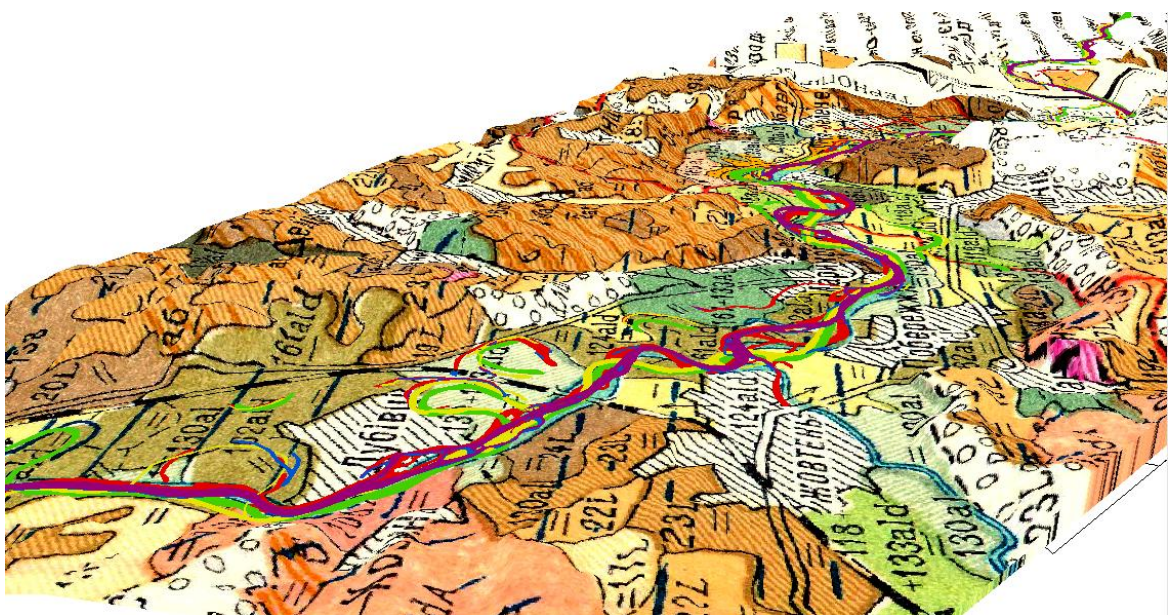


Рис. 9. Положення 1-го фрагмента русла на ЦМР з накладеною ґрунтовою картою

Fig. 9. The position of the first fragments of riverbed and soil map overlaid on DTM

**Висновки**

1. Комплексний підхід дослідження гідрографічних об'єктів ґрунтується на використанні різночасових топографічних карт, космічних зображень, а також геологічних та ґрунтових карт.

2. Для моніторингу русла річки Дністер на ділянці від м. Галич до м. Заліщики за 100-літній період використано топографічні карти (1910, 1923, 1976 років) та космічні знімки, отримані з супутників Landsat 5 (1986 р.), Landsat 7 (2000 р.) та Sentinel (2017 р.), а також карти четвертинних відкладів та ґрунтів.

3. Ділянка досліджень русла характерна високим показником коефіцієнта звивистості, із значною кількістю меандрів та стариць.

4. Дослідження зміщень русла річки Дністер свідчить про значне меандрування в рівнинній частині, що спричинено структурою Передкарпатського прогину, максимальні горизонтальні зміщення русла ріки становлять 800–900 м. У горбистій частині ділянки русло характеризується незначними горизонтальними зміщеннями.

5. Гідротехнічні роботи, проведені в 20–80-х роках ХХ ст., дещо зменшили звивистість та меандрування, порівняно з природним характером русла.

7. Із аналізу карти четвертинних відкладів встановлено, що основними відкладами є алювіальні та делювіальні відклади І, ІІ надзаплавних терас та сучасних водотоків. Літологічний склад характерний наявністю суглинків, у деяких ділянках торф'янисто-мулистих відкладень та галечників.

8. Аналіз ґрунтової карти в місцях максимального меандрування та звивистості русла річки свідчить, що на рівнинній ділянці основними типами ґрунтів є дернові суглинкові та болотисті ґрунти на алювіальних породах, що призводять до суттєвих змін напрямку русла та його елементів, а в частині входження русла річки в каньйон – опідзолені оглеєні ґрунти.

**Список літератури**

Басейн річки Дністер. Фізико-географічні умови формування стоку. 2015. <http://dpbuvt.gov.ua>.

Бурштинська Х. В. Моніторинг руслових процесів та повеневих явищ ріки Дністер за космічними зображеннями / Х. Бурштинська, Л. Мовчко, В. Шевчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – Вип. 1. – С. 124–128.

Кравчук Я. С. Геоморфологія Передкарпаття / Я. С. Кравчук. – Л.: Меркатор, 1999. – 188 с. – (Рельєф України). – Бібліогр.: с. 181–187. – укр.

Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). – К.: Ніка-Центр, 2001. – 274 с.

Ободовський О. Г., Онищук В. В., Ярошевич О. Е. Аналіз руслових процесів та рекомендації щодо управління руслозаплавним комплексом

на передгірно-рівнинній ділянці р. Тиси // Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія: Наук. збірник. – Вип. 7. – Ст. 69–88.

Рудько Г. І. Характеристика родовищ валунно-гравійно-піщаних порід у Львівській області та їх вплив на екологічний стан природного середовища / Г. І. Рудько, В. Ю. Петришин // Мінеральні ресурси України. № 1. 2014. – С. 39–47.

Шевчук В. М. Методика моніторингу рік на урбанізованих територіях / В. М. Шевчук, Х. В. Бурштинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2011. – Вип. 75. – С. 73–82.

Burshtynska Kh., Tumska O., Lelukh D., 2000: Computer Technology of Determination of Area of Digital Elevation Model. In: 19th ISPRS Congress, Vol. XXXIII Work, Gr. IV, Amsterdam, pp. 148–153.

Galay V. I., 1983: Causes of riverbed degradation. Water Resources Researched, Vol. 9, No 5, pp. 1057–1090.

Grenfell M. C., 2013: Mediative adjustment of river dynamics: The role of chute channels in tropical sand-bed meandering rivers. Sedimentary Geology, <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.06.007>.

Hamar J. and Sárkány-Kiss A., 1999: The Upper Tisa Valley. Preparatory Proposal for Ramsar Site Designation and an Ecological Background. Szeged, p. 502.

Hooke J. M. (1984) Changes in river meanders: a review of techniques and results of analyses Prog. Phys. Geogr., 8 (1984), pp. 473–508.

Hooke J. M., 2006: Hydromorphological adjustment in meandering river systems and the role of flood events. Sediment Dynamics and the Hydro-morphology of Fluvial Systems (Proceedings of a symposium held in Dundee, UK, July 2006). IAHS Publ. 306.

Mahmood R., Babel M. S., JIA S., 2015. Assessment of temporal and spatial changes of future climate in the Jhelum river basin, Pakistan and India. Weather and Climate Extremes, 10, pp. 40–55.

Morisawa, 1985 M. Morisawa (Ed.), Rivers: Form and Process (ed. 3rd), Longman, London, New York (1985), p. 222.

Nath B., Sultana N. N., Paul A. Trends analysis of river bank erosion at Chandpur, Bangladesh: a remote sensing and GIS approach Int. J. Geomat. Geosci., 3 (3) (2013), pp. 454–463.

Pan S. Application of remote sensing and GIS in studying changing river course in Bankura District, West Bengal Int. J. Geomat. Geosci., 4 (1) (2013), pp. 149–163.

Zolezzi, G., R. Luchi, and M. Tubino, 2012: Modeling morphodynamic processes in meandering rivers with spatial width variations, Rev. Geophys., 50, RG4005, doi:10.1029/2012RG000392.



Х. БУРШТИНСЬКА, С. ТРЕТЯК, М. ГАЛОЧКИН

Кафедра фотограмметрии и геоинформатики, Национальный университет “Львовская политехника”, ул. С. Бандеры, 12, Львов, Украина, 79013, ел. почта: sofijka3@gmail.com

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ РУСЛА РЕКИ ДНЕСТР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

**Цель.** Целью работы является разработка методики исследования горизонтальных смещений русла реки Днестр от г. Галич до г. Залещики за одновременными топографическими картами, специальными картами и космическими снимками. Такой комплексный подход к использованию различных материалов для получения исходной информации о русле реки с обработкой в ArcGIS дает возможность проводить мониторинг смещений русла, определять величины смещений за значительный временной период. Карты почв и четвертичных отложений является основанием для установления существенных причин смещений русла реки Днестр. **Методика.** Рассмотрены основные причины возникновения смещений и меандрирования русла реки Днестр. Мониторинг проведен на участке от г. Галича в г. Залещики длиной около 100 км за 100-летний период. Материалами для проведения исследований послужили топографические карты (1910, 1923, 1976) и космические снимки, полученные со спутников Landsat 5 (1986 г.), Landsat 7 (2000 г.) и Sentinel (2017 г.), а также специальные грунтовые карты и карты четвертичных отложений. Представлена общая технологическая схема обработки материалов и фрагменты русла реки Днестр, векторизованные по топографическим картам. Визуализация и исследования изменений русла реки Днестр выполнялись в программной среде ArcGIS 10.1. Определены коэффициенты извилистости русла реки Днестр, выполнено измерение максимальных смещений реки в ее пяти выделенных фрагментах русла. Измерения осуществлены в выбранных точках. Одновременно осуществлены измерения площади островов и стариц. Для наглядного исследования причин смещения русел рек по топографическим картам масштаба 1 : 100000 построено ЦМР. Для установления причин смещения подано пределы Предкарпатского прогиба и Вольно-Подольской плиты, структуры которых влияют на формирование характера русла Днестра. Проанализированы карты четвертичных отложений и почв. **Результаты.** Участок исследований характерен высоким показателем коэффициента извилистости с большим количеством меандров и стариц. Исследование смещений русла реки Днестр свидетельствует о значительном меандрировании в равнинной части и почти неизменный характер русла в холмистой части. Гидротехнические работы, проведенные в 20–80-е годы XX в., значительно уменьшили извилистость и меандрирование по сравнению с естественным характером русла, определенного по карте 1910 года. Максимальные смещения по 100-летний период выносят 900 м. По анализу карт четвертичных отложений и почвенной карты установлено, что места максимального смещения направления русла связанные с аллювием I, III надпойменных террас с оподзоленными и болотными почвами. **Научная новизна.** Установлено, что основным действенным методом прогноза русловых изменений является гидролого-морфологический анализ на основании различной топографической информации, и информации, полученной на основании данных ДЗЗ, который предусматривает сочетание и анализ современного и прошлых конфигураций русла реки. Основными руслоформирующими факторами выступают: наводнения и паводки; литологическое строение и гидрогеология; неотектонические движения; аккумуляция и эрозия наносов на пойме. **Практическая значимость.** Результаты мониторинга деформационных процессов русел рек необходимо учитывать при решении ряда задач, связанных с русловыми процессами, в частности: проектированием и сооружением гидротехнических объектов; проектированием линий электропередач при переходе через реки; проведением газотранспортных сетей; определением зон затопления и масштабов разрушений после паводковых или половодных явлений; осуществлением рекреационной деятельности; установлением границ охранных земель; изучением состояния приграничных земель за установление границы по фарватеру рек.

*Ключевые слова:* мониторинг, русловые процессы, смещение русла, меандрирование, аллювиальные и делювиальные отложения.

Kh. BURSHTYNSKA, S. TRETAYAK, M. HALOCKIN

Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandera str., Lviv, Ukraine, 79013, e-mail: sofijka3@gmail.com

### STUDY OF HORIZONTAL DISPLACEMENTS OF THE CHANNEL OF DNIESTER RIVER USING REMOTE SENSING DATA AND GIS-TECHNOLOGIES

**Aim.** The aim of the work is to research the method of studying horizontal displacements in the channel of the Dniester river from town Galich to town Zalizhchiki using topographic maps of different periods, special

maps, and space images. Such an integrated approach of using various data for receiving input information about the river bed together with processing in ArcGIS made it possible to monitor the displacements of the channel, and to determine displacement values over a significant period of time. Soil maps and maps of Quaternary deposits are the basis for identifying the significant causes of the displacements of the channel. **Method.** The main reasons of displacements and meandering of the Dniester river bed were considered. The monitoring was carried out on the site (with a total length of about 100 km) from town Galich to town Zalishchiki for over a 100-years period. Materials for conducting research included topographic maps (1910, 1923, 1976) and space images obtained from satellites Landsat 5 (1986), Landsat 7 (2000) and Sentinel (2017), as well as special ground maps and maps of Quaternary deposits. The general workflow of data processing is presented and fragments of the channel of the Dniester river bed are shown, as vectorized topographic maps. Visualization and studies of changes in the Dniester river bed were carried out with ArcGIS 10.1 software. The sinuosity coefficients of the Dniester river channel were determined, and measurements of the maximum displacements of the river in its five selected fragments of the channel were performed. Measurements were made at selected points. At the same time, the area of the islands and the meanders were measured. DEM was created based on topographic maps with a scale of 1: 100000 for researching the reasons of river channels displacements. To determine the reasons which caused displacements, the boundaries of the Precarpathian bend and Podolsk-Volynsky hills are shown as their structures influence the formation of the character of the Dniester River bed. Maps of Quaternary deposits and soils have been analyzed. **Results.** The research area is characterized by a high rate of sinuosity coefficient with a significant number of meanders. The study of the displacements of the Dniester River indicates a significant meandering in the flat part and an almost unchanging nature of the channel in the hilly part. Hydrotechnical works, carried out in the 1920–80's, significantly reduced sinuosity and meandering, compared to the natural character of the channel in the 1910. The maximum displacement during the 100-year period is 900 meters. From the analysis of the soil maps and maps of the Quaternary sediments, it has been established that the places of maximum displacement of the channel are associated with the alluvial sediments in the 1<sup>st</sup> and, 3<sup>rd</sup> floodplain terraces in podzolic and marsh soils. **Scientific novelty.** It was established that the main effective method for forecasting channel changes is a hydrological and morphological analysis based on different topographical information, and information obtained on the basis of remote sensing data, which involves the combination and analysis of modern and past configurations of the river bed. The main factors of channel formation are: floods; lithological structure and hydrogeology; neotectonic movements; and the accumulation and erosion of sediment on the floodplain. **Practical significance.** The results of the monitoring of the deformation processes of the riverbed must be taken into account when solving a number of tasks related to the channel's processes, in particular: designing and constructing hydrotechnical objects; designing power line locations within the transition area of the rivers; carrying out gas transportation networks routes; definition of flood zones and scales of destruction after flood phenomena; realization of recreational activity; establishment of boundaries of protected lands; and the study of the state of the border lands for the establishment of the border along the river fairway.

*Key words:* monitoring, channel processes, channel displacement, meandering, alluvial and deluvial sediments.

#### REFERENCES

- Baseyn richky Dnister. Fyzyko-geografichni umovy formuvannya stoku [Dniester River Basin. Physical-geographical conditions of formation of runoff]. Available at: <http://dpbuvr.org.ua/page.1,dniester.html>
- Burshtynska Kh., Movchko L., Shevchuk V. Monitoryng ruslovyh protsesiv ta povnevnyh yavlyshch riky Dniester za kosmichnymy zobrazhennyamy. [Monitoring of channel processes and high-flood phenomena of the Dniester River on the space images.] Modern achievements in geodetic science and production. Collection of scientific works. 2015, Vol. I (29), pp. 124–128.
- Burshtynska Kh., Tumska O., Lelukh D., 2000: Computer Technology of Determination of Area of Digital Elevation Model. In: 19th ISPRS Congress, Vol. XXXIII Work, Gr. IV, Amsterdam, pp. 148–153.
- Galay V. I. Causes of riverbed degradation. Water Resources Researched, 1983, Vol. 9 (5), pp. 1057–1090.
- Grenfell M. C. Mediative adjustment of river dynamics: The role of chute channels in tropical sand-bed meandering rivers. Sedimentary Geology, 2013. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.06.007>.
- Hamar J. and Sárkány-Kiss A. The Upper Tisa Valley. Preparatory Proposal for Ramsar Site Designation and an Ecological Background. Szeged. 1999, p. 502.
- Hooke J. M. Changes in river meanders: a review of techniques and results of analyses Prog. Phys. Geogr., 8, 1984, pp. 473–508.
- Hooke J. M. Hydromorphological adjustment in meandering river systems and the role of flood events. Sediment Dynamics and the Hydromorphology of Fluvial Systems (Proceedings of a symposium held in Dundee, UK, July 2006, IAHS Publ. p. 306.
- Kravchuk YA. S. Heomorfolohiya Peredkarpattya [Geomorphology of Precarpathians]. Lviv: Merkator. 1999, 188 p.

- Mahmood R., Babel Mukand S., JIA S. Assessment of temporal and spatial changes of future climate in the Jhelum river basin, Pakistan and India. *Weather and Climate Extremes*, 2015, 10, pp. 40–55.
- Morisawa, M. Morisawa (Ed.), *Rivers: Form and Process* (ed. 3rd), Longman, London, New York 1985, p. 222.
- Nath B., Sultana N. N., Paul A. Trends analysis of river bank erosion at Chandpur, Bangladesh: a remote sensing and GIS approach *Int. J. Geomat. Geosci.*, 3 (3), 2013, pp. 454–463.
- Obodovsky O. G. *Gidrologo-ekologichna otsinka ruslovyh protsesiv (na prykladi richok Ukrainy)* [Hydrological and ecological assessment of river processes (on the example of the rivers of Ukraine)], Kyiv: *Ni-ka-Tsentr*. 2001, p. 274.
- Obodovsky O. G., V. V. Onyshchuk, O. E. Yaroshevych. Analiz ruslovyh protsesiv ta rekomendatsii shchodo upravlinnya ruslozaplavnym kompleksom na peredgirno-rivnyynniy dilyantsi r. Tysy [Analysis of channel processes and recommendations for management of the river-flood complex on the foothill plain section Tysi.] *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology: scientific collection*. 2005, Vol. 7, p. 69–88.
- Pan S. Application of remote sensing and GIS in studying changing river course in Bankura District, West Bengal *Int. J. Geomat. Geosci.*, 4 (1), 2013, pp. 149–163.
- Rud'ko H. I., Petryshyn V. YU. Kharakterystyka rodovyshch valunno-hraviyno-pishchanykh porid u L'vivs'kiy oblasti ta yikh vplyv na ekolohichnyy stan pryrodnoho seredovyscha. [Characteristics of deposits of boulder-gravel-sandy rocks in the Lviv region and their impact on the ecological state of the environment.] *Mineral Resources of Ukraine*. 2014, Vol 1, pp. 39–47.
- Shevchuk V. M., Burshtynska Kh. V. *Metodyka monitoryngu rik na urbanizovanyh terytoriyah*. [Monitoring method of the year in urbanized]. *Geodesy, cartography and aerial photography*. 2011, Vol. 75, pp. 73–82.
- Zolezzi, G., R. Luchi, and M. Tubino. Modeling morphodynamic processes in meandering rivers with spatial width variations, *Rev. Geophys.*, 2012, 50, RG4005, doi:10.1029/2012RG000392.

Надійшла 11.09.2017 р.