

УДК 556.537

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІЩЕНЬ РУСЛА РІКИ ДНІСТЕР ЗАСОБАМИ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ

**І. Радзій, І. Заяць, С. Третяк**

Національний університет “Львівська політехніка”

**Ключові слова:** руслові процеси, моніторинг, космічний знімок, звивистість русла, стариця.

### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Внаслідок дії природних та антропогенних чинників із часом змінюються русла рік, що пов'язано зі зміною водоохоронних земель. Найефективнішою методикою вивчення таких змін, тобто проведення моніторингу руслових процесів, є використання космічних зображень. Із аналізу спеціальної літератури можна зробити висновок, що найістотніші зміни виникають у разі переходу із гірської частини ріки до рівнинної.

Результати моніторингу деформаційних процесів русел рік необхідно враховувати під час виконання низки завдань, пов'язаних з русловими процесами, зокрема із:

- проектуванням та спорудженням гідротехнічних об'єктів;
- проектуванням ліній електропередач на переходах через річки;
- прокладанням газотранспортних мереж;
- визначенням зон затоплення та масштабів руйнацій після паводкових чи повеневих явищ;
- встановленням меж охоронних земель;
- здійсненням рекреаційної діяльності;
- вивченням стану прикордонних земель за встановленням кордону по фарватеру річок;
- впливом зміщень русла на екологічні процеси.

Проблема визначення змін русел рік та проведення їх моніторингу актуальна, про що свідчить низка державних та адміністративних постанов і рекомендацій, а також численні науково-дослідницькі праці.

В Україні в 1995 р. прийнято Водний кодекс; у 2001 р. – Земельний кодекс; різноманітні постанови Кабінету Міністрів України, які стосувалися водоохоронної діяльності, прийняті у 1996 та 2009 рр.

*Актуальність дослідження.* В останнє десятиліття через велику потребу у водних ресурсах для життєдіяльності ґрунтовніше досліджують гідрологічні об'єкти, зокрема здійснюють моніторинг їх стану та прогнозують можливі зміни цих об'єктів.

У зв'язку зі зміною клімату в світі, а також через антропогенні чинники почастишали повеневі явища на території України, зокрема у західному регіоні, які призводять до руйнівних наслідків. Як відомо, саме

повені є однією із основних причин зміщень русла ріки. Тому необхідно проводити моніторинг стану річок, щоб визначити та уточнити межі водоохоронних зон.

*Мета дослідження* – опрацювати методику дистанційного спостереження за деформаціями русел рік, яка ґрунтується на використанні матеріалів космічного знімання з використанням геоінформаційних технологій. Зокрема, робота полягає у виявленні зміщень русла ріки Дністер у 1975–2015 рр.

### *Завдання дослідження:*

- дослідити чинники, які впливають на руслові процеси, зокрема на зміщення русла;
- здійснити оброблення космічних знімків та картографічних матеріалів за різночасовий період з метою виявлення зміщень русла ріки;
- проаналізувати ґрунтові та геологічні карти та на їх основі виявити зв'язок ґрунтового-геологічного покриву із виявленими зміщеннями.

*Предметом дослідження* є геоінформаційна система ArcGIS.

*Об'єктом дослідження* вибрано дві частини русла ріки Дністер:

- від с. Розвадів (Миколаївський район) до смт. Журавно (Жидачівський район) на території Львівської області;
- від смт. Журавно до м. Галич на території Івано-Франківської області.

Вагомий внесок у дослідження руслових процесів річок України зробили О. Ободовський, М. Рего, І. Ковальчук, А. Михнович, О. Байрак та інші.

У посібнику [7] розглянуто загальні умови формування річкових русел. Наведено основні положення розвитку поздовжніх профілів та формування річкових заплав.

Стаття [3] містить інформацію про дослідження гідроекологічного та геоєкологічного стану річок на прикладі р. Бережниця та р. Коропець. Створено відповідні геоінформаційні моделі, які характеризують стан цих річок.

У статті [8] подано та проаналізовано основні природні чинники та вплив антропогенної діяльності людини на компоненти навколишнього середовища, що в сукупності є визначальними чинниками формування паводків у долині Дністра. А дослідження

[5] спрямоване на моделювання паводків за допомогою ГІС.

Особливості меандрування на деяких ділянках Дністра подано в [1].

Питання космічного моніторингу річок як новітній метод дослідження стану навколишнього середовища розглянуто у публікації [2, 4, 9, 11]. У них висвітлено основні переваги космічного моніторингу над геодезичним, запропоновано методику комплексного моніторингу за руслами рік, що ґрунтується на поєднанні використання космічних та картографічних матеріалів.

Дослідження, пов'язані із деформаційними процесами річок, проводяться також в інших країнах.

У наукових працях [10, 15] визначено зв'язок між земною поверхнею та гідрологічними характеристиками русла.

Огляд впливу ерозії берегів та методи її оцінки розглянуто в [16].

У Великій Британії проведено дослідження [12], пов'язане із переплетенням та звивистістю одноканвних та багаторукавних русел річок із визначенням відповідних коефіцієнтів.

Дослідженням руслових процесів займалися також науковці із Австралії [14]. У роботі висвітлено вплив антропогенних чинників на транспортування осаду та замулення.

У науковій праці [13] досліджено деформації русла річки Бразос у Техасі в 1910–2010 рр. на основі карт та космічних знімків, а також проаналізовано меандри, нахил ріки та форму русла.

**Виклад основного матеріалу**

Для виявлення та аналізу зміни положення русла ріки Дністер на вибраній ділянці на території Львівської області використано такі матеріали:

- 1) карти австрійського періоду за 1874 р., масштаб 1:75 000;
- 2) карти польського періоду за 1923 та 1930 рр., масштаб 1:100 000;
- 3) карти радянського періоду за 1978, 1985 та 1988 рр., масштаб 1:100 000;
- 4) космічний знімок, отриманий із супутникового літального апарата Landsat-7 за 2000 р.;
- 5) космічний знімок, отриманий із супутникового літального апарата Landsat-8 за 2015 р.

Блок-схему проведеного дослідження подано на рис. 1.

Застосування космічних знімків ґрунтується на урахуванні спектральних властивостей космічних знімків. У табл. 1, 2 подано ці числові характеристики.



Рис. 1. Блок-схема дослідження

Таблиця 1

**Характеристика спектральних каналів для Landsat-7**

Канали	Спектральні діапазони, мкм	Назва
Канал 1	0,45–0,52	Синій
Канал 2	0,52–0,60	Зелений
Канал 3	0,63–0,69	Червоний
Канал 4	0,77–0,90	Ближня інфрачервона ділянка
Канал 5	1,55–1,75	Змішена інфрачервона ділянка
Канал 6	10,40–12,50	Середня інфрачервона ділянка
Канал 7	2,09–2,35	Дальня інфрачервона ділянка
Канал 8	0,52–0,90	Панхроматична ділянка

Таблиця 2

**Характеристика спектральних каналів для Landsat-8**

Канали	Спектральні діапазони, мкм	Назва
Канал 1	0,43–0,45	Аерозолі
Канал 2	0,45–0,51	Синій
Канал 3	0,53–0,59	Зелений
Канал 4	0,64–0,67	Червоний
Канал 5	0,85–0,88	Ближня інфрачервона ділянка
Канал 6	1,57–1,65	SWIR 1
Канал 7	2,11–2,29	SWIR 2
Канал 8	0,50–0,68	Панхроматична ділянка
Канал 9	1,36–1,38	Citrus
Канал 10	10,6–11,19	Теплова інфрачервона (TIRS) 1
Канал 11	11,5–12,51	Теплова інфрачервона (TIRS) 2

### Опрацювання картографічних матеріалів та космічних зображень у геоінформаційній системі ArcGIS

Для виконання дослідження русла за картографічними матеріалами виконано прив'язку топографічних карт до потрібної системи координат, а саме WGS 84, тобто системи координат знімків.

Прив'язку карт австрійського та польського періодів виконано за опорними точками (перехрестями доріг, мостами та іншими сталими точками місцевості). Координати опорних точок отримано із програми Google Earth. Для перетворення використано поліном другого степеня.

Прив'язку радянських карт виконано за перехрестями координатної сітки до системи Pulkovo 1942, після чого здійснено трансформацію у систему WGS 84.

На рис. 2–4 подано фрагменти карт, використаних для проведення моніторингу.



Рис. 2. Фрагмент австрійської карти 1874 р.



Рис. 3. Фрагмент польської карти 1930 р.



Рис. 4. Фрагмент радянської карти 1985 р.

Наступним кроком є опрацювання космічних знімків. Для створення композитного зображення у

програмі ArcMap застосовується процедура Composit Band [15]. Її суть полягає в об'єднанні трьох спектральних каналів (RGB – червоного, зеленого, синього), поєднання яких забезпечує найкращий контраст досліджуваного об'єкта на фоні місцевості.

Для знімка із супутника Landsat-7 використано комбінацію каналів 5, 4, 1 (рис. 5), для Landsat-8 – каналів 7, 5 і 3 (рис. 6). Об'єкти гідрографії відображено на зображеннях темно-синім кольором.

Відповідно до характеристик знімальних систем типу Landsat, просторове розрізнення знімків, отриманих із цих апаратів, становить 30 м. Така точність не завжди достатня для розв'язання різних прикладних задач. Для того, щоб покращити розрізнення знімків, застосовують спеціальну процедуру злиття мультиспектрального зображення низького розрізнення із панхроматичним каналом, роздільна здатність якого вища. Цей процес також відомий як “паншарпенінг” (Pansharpening). У результаті утворюється мультиспектральний растровий шар із розрізненням панхроматичного зображення.

У середовищі ArcGIS є можливість виконувати покращення різними методами: IHS, Brovey, Esri, просте середнє, Gram-Schmidt. У цьому дослідженні застосовано спосіб IHS, який ґрунтується на перетворенні зображення RGB (red, green, blue – червоний, зелений, синій) на INS (intensity, hue, saturation – інтенсивність, тон, насиченість). Потім значення інтенсивності замінюють значеннями, отриманими із панхроматичного зображення. Результуюче зображення виводиться із використанням кольорової гами RGB.

Отже, застосувавши процедуру Pansharpening, поліпшили розрізнення зображення із 30 м до 15 м. На рис. 7 та 8 подано покращені зображення за 2000 та 2015 рр.

### Аналіз горизонтальних деформацій для першої ділянки русла

Досліджувана область характеризується значним меандруванням. Меандри – це плавні, колоподібні вигини річища річки, іноді на 180°, які утворюються у результаті руслових процесів – розмиву річища й акумуляції відкладів.

Проаналізувавши спеціальну літературу [13], ми визначили, що повна меандра складається із двох колоподібних вигинів (колін).

Проаналізовано найбільші виявлені меандри та визначено, що на цій території переважають складні та меандри сегментного типу.

За допомогою програмного додатка ArcCatalog створено шейп-файли для оцифрованих шарів русла ріки за різночасові періоди. На рис. 9 зображено накладені шари русла річки для першої досліджуваної ділянки за 1874 р. (жовтий колір), 1930 р. (синій), 1985

і 1988 р. (червоний), 2000 р. (рожевий) та 2015 р. (зелений).

На рис. 9 видно істотні зміщення русла за різні періоди. У 1874 р. ріка дуже меандрувала, утворюючи великі вигини. Після проведення низки гідротехнічних робіт та внаслідок дії природних чинників у 1930 р. русло вже значно спрямилося. У деяких місцях були штучно прориті канали, щоб ріка змінила своє положення. На місцях, де пролягали старі русла ріки, залишилися стариці. До 1985 (1988) р. русло стає спокійнішим, все менше меандрує. З 2000 до 2015 рр. особливих змін русла не спостерігається.

Для того, щоб проаналізувати зміну русла за великий проміжок часу, ми виміряли звивистість ріки для окремих частин русла у 1874 та 2015 рр. (рис. 10). Результат подано у табл. 3.

Таблиця 3

**Звивистість русла**

Ділянка	Рік	Довжина прямої, км	Довжина частини русла, км	Звивистість
1	1874	5,03	12,40	2,47
	2015		8,20	1,63
2	1874	8,47	14,65	1,73
	2015		9,34	1,10
3	1874	9,41	18,56	1,97
	2015		10,29	1,09

Місця, у яких помічено найбільші зміщення русла, показано на рис. 11 кругами. Ці самі ділянки у збільшеному вигляді зображено на рис. 12.

У табл. 4 наведено максимальні зміщення та напрямок відносно течії за різні періоди.

Таблиця 4

**Максимальні зміщення русла за 1874–2015 рр. для ділянки № 1**

Період	Зміщення русла, м				
	Ділянка				
	1	2	3	4	5
1874–1930	480	640	490	470	200
1930–1985 (1988)	170	210	180	60	80
1985 (1988)–2000	200	–	40	50	–
2000–2015	–	–	–	–	–

Із табл. 4 видно, що найістотніші зміни показників зміщень відбулися в 1874–1930 р., тобто за 56 років. Зокрема, це зумовлено тим, що в той час

виконувалися гідротехнічні роботи. За період 2000–2015 рр. – у межах точності вимірювань.

Для різнобічного розгляду досліджуваної ділянки проаналізовано також стариці. З часом деякі стариці пересихають, а інші, навпаки, збільшуються. Тому проаналізовано зміни площ стариць для ділянки русла ріки Дністер від с. Розвадів до смт. Журавно. Таке дослідження здійснено для двох найхарактерніших ділянок (рис. 13).

На рис. 14 показано створену атрибутивну таблицю, у якій розраховано значення площі (стовпець Area) у гектарах та вказано, яку кількість стариць виявлено у тому чи іншому досліджуваному матеріалі. Площу обчислено за допомогою функції Calculate Geometry.

Аналогічні вимірювання виконано для другої виділеної області

Із обчислень видно, що площа стариць постійно змінюється, їх кількість зменшується, частина із них пересихає. Але деякі стариці, навпаки, збільшуються або з'являються унаслідок заболочення покинутих ділянок русел. Але також важливо зазначити, що на картах немає позначення усіх стариць. Це зумовлено тим, що деякі ділянки можуть бути важкодоступними, заболоченими, тому здійснити безпосередньо польове обстеження території неможливо. А на знімках чітко видно розміщену старицю. Також на картах можуть не подавати усіх таких об'єктів, що пов'язано із масштабом карти та узагальненням інформації.

**Аналіз горизонтальних деформацій для другої ділянки русла**

Аналогічно створено векторні шари русла для другої досліджуваної ділянки. На рис. 15 показано накладені шари русла річки за 1874 р. (жовтий колір), 1923 р. (синій), 1978 і 1988 р. (червоний), 2000 р. (рожевий) та 2015 р. (зелений).

Для частин ріки, де русло найбільше меандрує (рис. 16), виміряли звивистість (табл. 5) за 1874 та 2015 рр., щоб проаналізувати, чи набуло русло спокійнішого вигляду.

На рис. 17 кругами показано місця із найбільшими змінами за різні періоди. У збільшеному вигляді їх подано на рис. 18.

Таблиця 5

**Звивистість русла**

Ділянка	Рік	Довжина прямої	Довжина частини русла	Звивистість
1	1874	7,65	12,49	1,63
	2015		10,15	1,33
2	1874	8,30	10,35	1,23
	2015		8,99	1,08





Рис. 5. Синтезоване зображення 2000 р., створене комбінацією каналів 5, 4, 1



Рис. 6. Синтезоване зображення 2015 р., створене комбінацією каналів 7, 5, 3

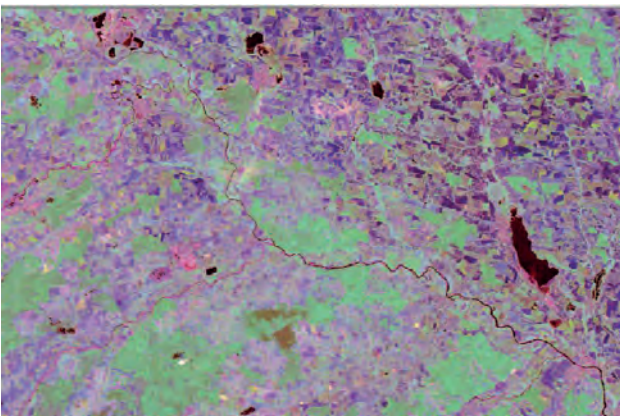


Рис. 7. Знімок 2000 р. із застосуванням методики Pansharpening



Рис. 8. Знімок 2015 р. із застосуванням методики Pansharpening

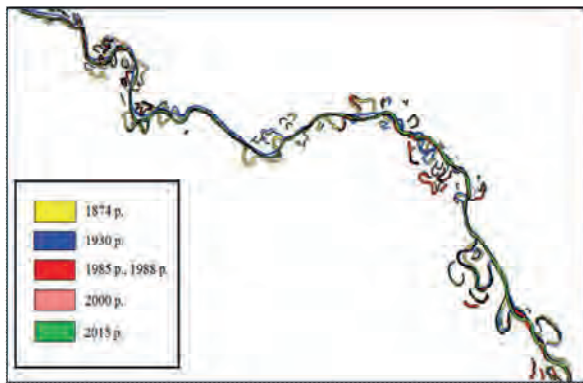


Рис. 9. Накладені векторизовані шари русла ріки за 1874, 1930, 1985 (1988), 2000 та 2015 рр. для першої ділянки

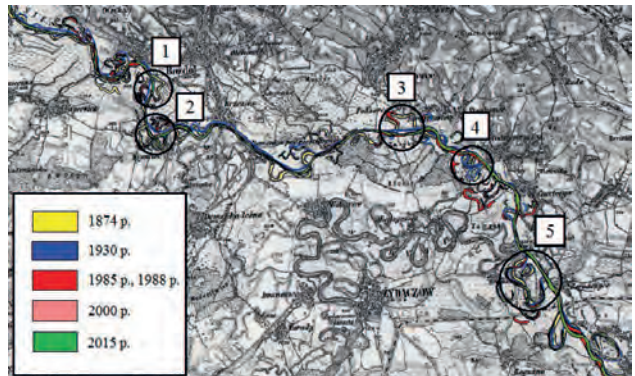


Рис. 11. Накладені векторизовані шари русла ріки із виділенням місць найбільших зміщень

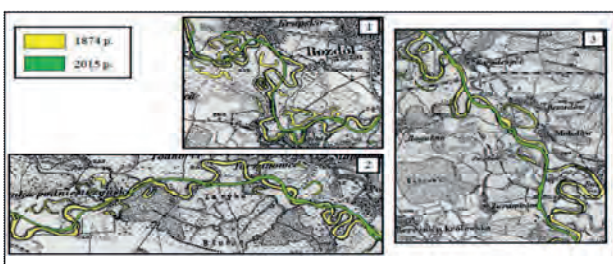


Рис. 10. Частини русла першої ділянки, для яких виміряно звивистість

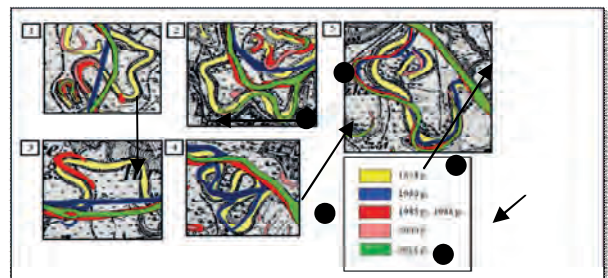


Рис. 12. Збільшені частини русла із найбільшими зміщеннями



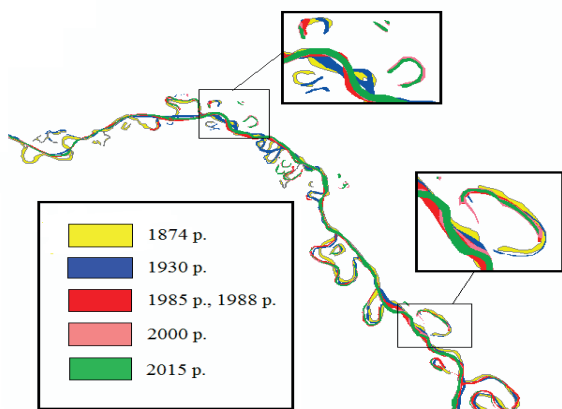


Рис. 13. Виділені стариці, для яких проаналізовано зміну

FID	Shape #	Id	Year	Quantity	Area	Region
0	Polygon	0	1874	1	2,47	1
1	Polygon	0	1930	2	1,84	1
2	Polygon	0	1985	1	1,91	1
3	Polygon	0	2000	4	7,19	1
4	Polygon	0	2015	4	5,11	1

Рис. 14. Атрибутивна таблиця для стариць першої виділеної ділянки

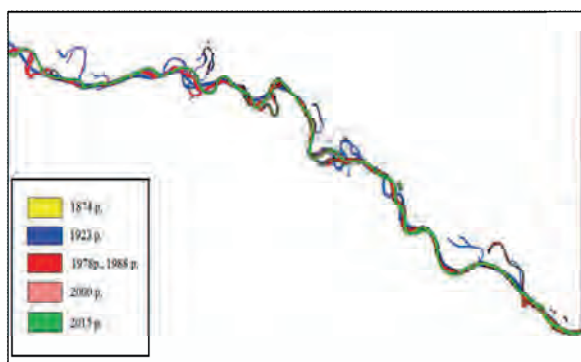


Рис. 15. Накладені векторизовані шари русла ріки за 1874, 1930, 1985 (1988), 2000 та 2015 рр. для першої ділянки

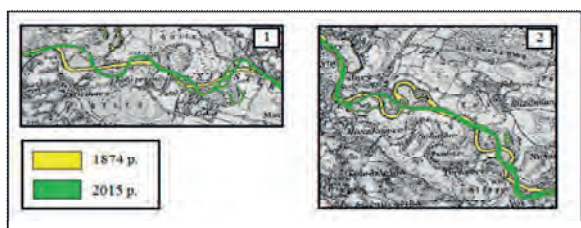


Рис. 16. Частини русла другої ділянки, для яких виміряно звивистість

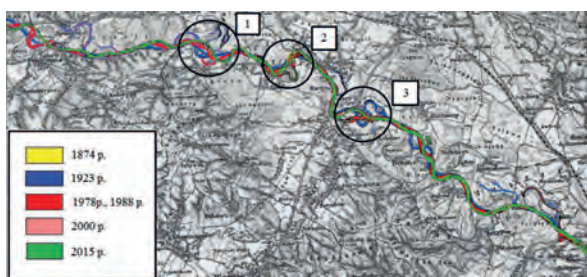


Рис. 17. Накладені векторизовані шари русла ріки із виділенням місць найбільших зміщень

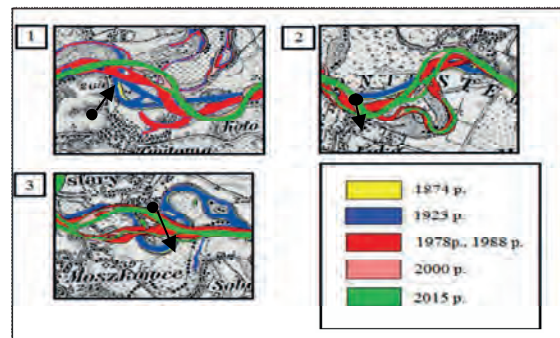


Рис. 18. Збільшені частини русла із найбільшими зміщеннями

FID	Shape #	Id	Year	Quantity	Area
0	Polygon	3	1978, 1988	22	22,9
1	Polygon	1	1874	12	15,8
2	Polygon	2	1923	12	26,52
3	Polygon	4	2000	21	53,25
4	Polygon	5	2015	18	58,57

Рис. 19. Атрибутивна таблиця для островів

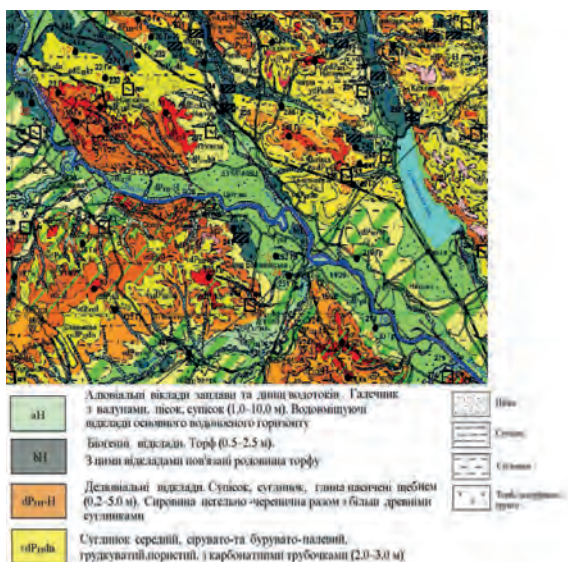


Рис. 20. Геологічна карта і карта корисних копалин четвертинних відкладів

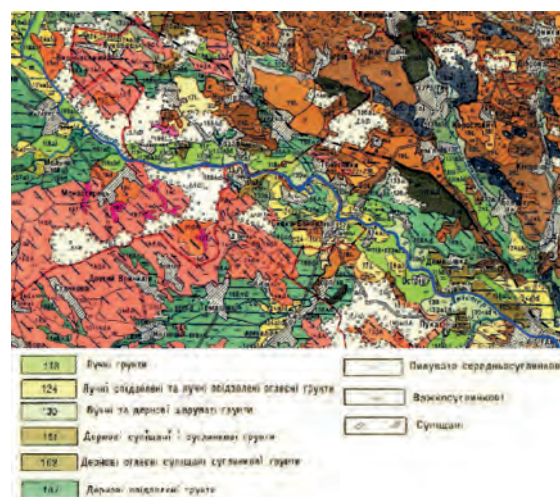


Рис. 21. Ґрунтова карта

Таблиця 6

**Максимальні зміщення русла  
у 1874–2015 рр. для ділянки № 2**

Період	Зміщення русла, м		
	Ділянка		
	1	2	3
1874–1923	270	20	50
1923–1978(1988)	210	170	870
1978(1988)–2000	200	110	-
2000–2015	60	-	-

Проаналізувавши отримані результати, наведені у табл. 6, бачимо, що найбільші зміни в руслі відбулися в 1923–1978 рр.

Ця частина русла пролягає по рівнинній частині, тут виявлено багато островів. Тому було проаналізовано також зміну площ усіх виявлених островів та їх кількість. На рис. 19 подано атрибутивну таблицю островів. Площу визначено у гектарах.

#### Аналіз ґрунтових та геологічних карт

Для дослідження причин, які б могли спричинити виявлені зміщення, проаналізовано ґрунтові та геологічні карти.

Геоморфологічні чинники та четвертинні відклади мають важливе значення для руслоформування. На рис. 20–21 подано фрагменти ґрунтових карт та карт геологічної будови та четвертинних відкладів.

Для виявлення впливу підстильної поверхні проаналізовано ґрунтові та геологічні карти. Встановлено, що у місцях заплави розташовано алювіальні відклади, які представлені здебільшого супісками (перша ділянка) та пісками (друга ділянка). Місцями простежується вихід техногенних (гірничі відвали) та біогенних утворень (торфовища). Вздовж ріки трапляється також вихід делювіальних відкладів, представлених супісками та суглинками.

Ґрунтовий покрив заплавної території представлений переважно лучними та дерновими ґрунтами. Лучні глейові та оглеєні ґрунти утворені в умовах надмірного поверхневого зволоження та постійного зв'язку із позарічковими заплавами. Дернові опідзолені оглеєні ґрунти сухі, ґрунтові води більшу частину року не впливають на ґрунтовий покрив.

#### Висновки

1. Здійснено класифікацію впливу різних чинників на руслові процеси. Простежується

залежність типу русла від структурно-літологічних особливостей регіону, на тип русла впливають четвертинні відклади Передкарпатського прогину. За характером русла перша ділянка є переважно мандруючою, друга – акумулятивною.

2. У результаті аналізу деформацій русла річки Дністер за картографічними матеріалами та космічними зображеннями у 1874–2015 рр. визначено найбільші зміщення русла. Істотні зміни для першої досліджуваної ділянки, розміщеної вздовж річки від с. Розвадів до смт. Журавно, відбулися у 1874–1930 рр., максимальне зміщення становить 640 м; для другої ділянки від смт. Журавно до м. Галич – у 1923–1978 рр., максимальне зміщення – 870 м. Такі величини зміщень досягають за рік для різних ділянок 10–20 м.

3. Аналіз ґрунтових та геологічних карт дав змогу дослідити підстильну поверхню та свідчить про переважання у прирусловій заплаві алювіальних утворень, представлених переважно супісками та суглинками. Четвертинні відклади корелюють із ґрунтовим покривом, який представлений лучними та дерновими ґрунтами.

4. Істотні зміщення русла ріки Дністер у деяких місцях необхідно враховувати під час проектування інженерно-технічних об'єктів, пов'язаних із переходами через річку. Та найголовніше, що виявлені місця значних горизонтальних зміщень потребують перегляду та внесення поправок у нормативні документи, які регламентують межі охоронних земель.

#### Література

1. Байрак Г. Зміни русел малих рік в контексті змін лісистості їхніх басейнів (на прикладі р. Підбуж Старосамбірського району) / Г. Байрак // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. – 2016. – Вип. 1. – С. 18–31.
2. Бурштинська Х. 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
3. Ковальчук І. Картографічне моделювання гідроекологічних проблем річково-басейнових систем / І. Ковальчук, О. Швець, Ю. Андрейчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – Вип. 1. – С. 220–226.
4. Колодко М. Роль лісів у формуванні повеней у Карпатах / М. Колодко, П. Третяк // Лісівнича академія наук України: наук. праці. 2004. –

- Вип. 3. – Львів. Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2004. – С. 29–34.
5. Михнович А. Моделювання паводків у долині Верхнього Дністра / І. Ковальчук, А. Михнович // Праці Наук. товариства ім. Шевченка. – Т. XXIII. Екологічний збірник. – Львів: НТШ, 2008. – С. 293–312.
  6. Нова концепція формування водоохоронних обмежень у використанні земель / І. Покидько, А. Мартин // Землепорядний вісник. – 2012. – № 7. – С. 34–40.
  7. Ободовський О. Г. Руслові процеси: навч. посіб. / О. Г. Ободовський; Київ. ун-т ім. Т. Шевченка. – К.: РВЦ “Київ. ун-т”, 1998. – 134 с.
  8. Рего М. З. Вплив природних та антропогенних факторів на формування паводків у долині Дністра (на прикладі протипаводкового модельного полігона в Івано-Франківській області) / М. З. Рего, А. Н. Некос // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2013. – № 1–2. – С. 118–126.
  9. Шевчук В. Використання геоінформаційної системи ArcGis для дослідження змін деформації русел рік / В. Шевчук, О. Маланій // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології: зб. матеріалів XIV Міжнар. наук.-техн. симпозиуму. – 2009. – С. 205–212.
  10. Basin R. Simulating hydrologic and hydraulic processes throughout the Amazon River / Basin R. E. Beighley, K. G. Eggert, T. Dunne, Y. He, V. Gummadil and K. L. Verdin // Hydrological Processes. Hydrol. Process. 23. P. 1221–1235 (2009). (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/hyp.7252.
  11. Burshtynska K. Monitoring of the riverbed of river Dniester of the Carpathian Region using GIS technologies / Khrystyna Burshtynska, Maksym Halochkin, Sofia Tretyak, Iryna Zayac // Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji. Vol. 29. P. 25–36. ISSN 2083-2214, eISSN 2391-9477 DOI: 10.14681/afkit.2017.002.
  12. Friend P. Braiding and meandering parameters / Friend P. F., Sinha R. // Geological Society, London, Special Publications. Vol. 75, issue 1. P. 105–111.
  13. Guneralp I. Channel avulsion processes on the lower Brazos river, Texas / Guneralp I., Billy U. Hales, Anthony M. Filippi // TWDB Final Report 0904830968, 88 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.twdb.texas.gov/publications/reports/contracted\\_reports/doc/0904830968\\_Brazos.pdf](https://www.twdb.texas.gov/publications/reports/contracted_reports/doc/0904830968_Brazos.pdf).
  14. Janicke S. Stream channel processes / S. Janicke // Fluvial Geomorphology. Water & Rivers commission report No. nr6. July 2000. P. 1–12.
  15. Pirmez C. Morphology and structure of Amazon channel / Pirmez C., Flood R. D., Piper D. J. W., Klaus A., et al. // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports. Vol. 155. 1995. P. 23–45.
  16. Watson A. Stream bank erosion: a review of processes of bank failure, measurement and assessment techniques, and modelling approaches / A. J. Watson, L. R. Basher // Integrated Catchment Management Programme Report Series: Bank erosion review. 32 p. Landcare ICM Report No. 2005-2006/01.
- Дослідження зміщень русла  
річки Дністер засобами ГІС технологій**  
І. Радзій, І. Заяць, С. Третяк
- Розглянуто основні причини виникнення зміщень та меандрування русла річки Дністер. Моніторинг проведено на ділянці від смт. Розвадів до м. Галич. Визначено коефіцієнти звивистості окремих ділянок русла річки Дністер, які є значними, що свідчить про меандрування русла річки.
- Исследование смещений русла реки Днестр  
средствами ГИС технологий**  
И. Радзий, И. Заяц, С. Третяк
- Рассмотрены основные причины возникновения смещений и меандрирования русла реки Днестр. Мониторинг проведен на участке от пгт. Розвадов до г. Галич. Определены коэффициенты извилистости отдельных участков русла реки Днестр, которые являются значительными, что свидетельствует о меандрировании русла реки.
- Research of the displacements  
of the Dniester riverbed by means  
of GIS technologies**  
I. Radziy, I. Zayats, S. Tretyak
- The main reasons for the occurrence of displacements and the channeling of the Dniester River are considered. Monitoring is carried out on the site from Rozvadov to Galich. The significant coefficients of tortuosity of some sections of the Dniester riverbed are determined, which testifies to the meandering of the river bed.