

**МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ РУСЕЛ РІК**

**Х. Бурштинська, О. Маланій, В. Шевчук**  
Національний університет “Львівська політехніка”

**Ключові слова:** моніторинг деформаційних процесів, руслові процеси, дистанційне зондування Землі, космічні знімки, водні об’єкти, антропогенна діяльність, ріка Дністер.

**Постановка проблеми**

Як відомо, з часом русла рік змінюють своє планове і висотне положення. За 30–50 років річка може зміститись на відстань, що дорівнює ширині русла, або може з’явитись нова протока.

Моніторинг деформаційних процесів русел рік має важливе значення для розв’язання прикладних задач. Так, наприклад, слабким місцем трубопровідного транспорту є підводні переходи. І саме зміна русел призводить до аварійних ситуацій на підводних переходах. Розрив газопроводу в результаті підмиву берега може призвести до гігантського вибуху і пожежі на ріці, а це, своєю чергою, змусить каравани суден вище і нижче цього місця кілька днів чекати ліквідації пожежі. Розриви нафтопроводів призводять до забруднення річок нафтою [10].

Дуже важливо заздалегідь враховувати руслові деформації при розробці проекту укладки трубопроводу. Враховуючи, що витрати на дослідження становлять зазвичай декілька відсотків від витрат на будівництво, помилки у вихідних даних неприпустимі, тому дослідження, пов’язані з моніторингом гідрографічних об’єктів, є актуальними.

За нормативами (і це насправді необхідно для якісного прогнозу) руслове знімання повинно дорівнювати десяти значенням ширини річки або одній макроформі (наприклад, закруту).

Основним дієвим методом прогнозу руслових деформацій є гідролого-морфологічний аналіз на основі поєднань сучасних і минулих конфігурацій русла. Для більшості типів руслових процесів (врізані русла, пересихаючі річки, вимушені вигини, нерозвинене меандрування, дейгиш, налідні річки тощо) у нормативних документах відсутні конкретні рекомендації щодо прогнозу деформацій і побудови прогнозного профілю розмиву. Для цих річок, як і для вказаних у нормативах (смугово-грядовий тип, осередкова і руслова багатурукавність, побічний тип, обмежене, вільне і “незавершене” меандрування) обов’язково необхідно поєднати сучасне і попереднє положення русла.

Зазвичай основним руслоформувальним чинником є дія водного потоку та інші флювіальні чинники. Проте в інших випадках переважають такі чинники (що не враховується в діючих нормативах), як: руслоформувальна витрата води; надходження наносів з вищерозташованої ділянки, з водозабору, в результаті розмиву берегів, із зсувами, з ярів і припливів; вплив дощів на надходження наносів; складування і втрати будівельних матеріалів; гранулометричний склад наносів; каламутність; літологічна будова та гідрогеологія; інфільтраційні потоки; неотектонічні рухи, землетруси, обвали; вічна мерзлота, періодичне намерзання, внутрішньоводний лід, інші льодові явища; рослинність; зміцнення або руйнування берегів; акумуляція і ерозія наносів на заплаві; вирубка лісу та сплав деревини; еоловий чинник та ін. Визначення головних руслоформуючих чинників дає змогу отримати уявлення про механізм деформації річки (більшість яких не описані в сучасних нормативних документах) [10].

Проблемам створення ефективної системи моніторингу навколишнього середовища міжнародне співтовариство приділяє значну увагу. Відповідно до рішення 4-ї Конференції міністрів “Навколишнє середовище для Європи” (Оргус, 1998 р.) та рекомендацій Всеєвропейської наради “Розвиток системи екологічного моніторингу в Європейському регіоні” (Москва, 1999 р.), затверджених рішеннями Комітету з питань екологічної політики (28.09.2000 р.), при ООН створено спеціальну робочу групу з питань моніторингу навколишнього середовища. На 5-й Конференції міністрів навколишнього середовища “Довкілля для Європи”, що відбулась у Києві у 2003 р., розглядалися практичні аспекти створення загальноєвропейської системи моніторингу навколишнього середовища. Її складовою повинна стати національна система моніторингу, порядок створення і функціонування якої затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.98 р. № 391 “Положення про державну систему

моніторингу довкілля” (далі ДСМД). ДСМД стала складовою національної інформаційної структури і є відкритою інформаційною системою. Пріоритетами її функціонування вважають: захист життєдіяльності громадян і суспільства загалом, збереження природних екосистем, запобігання кризовим змінам у довкіллі і виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження [1].

14 січня 2003 р. у Верховній Раді України відбувся День Уряду, присвячений заходам Кабінету Міністрів України щодо виконання законодавства про мінімізацію збитків від руйнівної дії паводків і повеней, захист населених пунктів, народногосподарських об’єктів і земель від шкідливої дії вод. Прагнучи вирішити цю серйозну проблему, український уряд висунув пропозицію започаткувати пілотний проект щодо запобігання повеням та ліквідації їх наслідків в Україні [6]. Оскільки планування на випадок надзвичайних ситуацій цивільного характеру та готовність до катастроф є одним із ключових напрямів співробітництва, окреслених Хартією про особливе партнерство між Україною та НАТО, Альянс взяв на себе фінансування та координацію першого етапу проекту. Спільний пілотний проект Україна – НАТО щодо готовності до повеней та ліквідації їх наслідків є вагомим прикладом практичних ініціатив у галузі планування на випадок надзвичайних станів цивільного характеру. Цей проект був ухвалений Вищим комітетом НАТО з питань планування на випадок надзвичайних ситуацій цивільного характеру 2 лютого 2001 року. Його основна мета полягає у вдосконаленні системи раннього оповіщення населення стосовно повеней та мінімізації їх наслідків, щоб звести нанівець негативний вплив цього природного явища [9].

#### **Зв’язок з важливими науковими і практичними завданнями**

Проблеми космічного моніторингу довкілля розглядають у значній кількості наукових праць. Незважаючи на цю обставину, практична реалізація концепції моніторингу, сформульованої Секретаріатом ООН з питань довкілля як “система повторних спостережень елементів в просторі і часі з визначеними цілями відповідно до заздалегідь підготовлених програм”, в Україні перебуває на стадії становлення внаслідок об’єктивних і суб’єктивних причин. Після розпаду СРСР були порушені роками налагоджені технології забезпечення даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу

українських користувачів, що здійснюють тематичну обробку і практичне застосування одержаних результатів. Запуск першого українського супутника істотно не вплинув на ситуацію. З одного боку, в Україні цього періоду ще не сформувалася власна ефективна система поширення даних космічного знімання серед зацікавлених у цьому організацій і відомств, а з іншого – характеристики технічних засобів ДЗЗ супутника “СІЧ-1” істотно поступалися російським, американським, французьким та індійським аналогам. Добувати космічні знімки території України, зроблені закордонними супутниками в режимі моніторингу окремих регіонів чи країни загалом, було справою економічно обтяжливою.

Ситуація докорінно змінилася з початком нового тисячоліття. Нині Україна має власну інфраструктуру приймання, первинної обробки, архівації, а також поширення космічних знімків як із закордонних, так і з вітчизняних супутників. Значну частину функцій цієї інфраструктури забезпечує державний науково-виробничий центр “Природа” зі своїми філіями в усіх регіонах України. У грудні 2003 р. відбувся запуск національного космічного апарата “СІЧ-1М”, який відкриває реальні перспективи практичного втілення ідеї космічного моніторингу компонентів навколишнього середовища України як на національному, так і на регіональному, а то й на об’єктному рівнях [1].

Згідно з Водним кодексом України, всі водні об’єкти на її території є водним фондом, до якого віднесено:

- поверхневі води – природні водойми (озера), водотоки (річки, струмки), штучні водойми (водоймища, ставки, канали);
- підземні води і джерела;
- внутрішні морські води і територіальне море.

Нормативно-правову базу моніторингу водного фонду України складають: “Водний кодекс України” від 06.06.95 р. – стаття 21 і Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод” від 20.07.96 р. № 815. Згідно з цими документами, моніторинг здійснюється за категоріями кількості і якості вод з метою збирання й аналізу інформації про поточний стан водного фонду, прогнозу його змін, а також підтримки рішень стосовно розроблення науково обґрунтованих і економічно доцільних рекомендацій у сфері раціонального використання, охорони, поновлення водних ресурсів. За призначенням моніторинг поділяється на: фоновий, загальний,

антропогенного впливу на водні об'єкти, місця водокористування, спеціальний, кризовий (у зонах підвищеного ризику і впливу аварій чи надзвичайних ситуацій).

Дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) мають високу потенційну ефективність для моніторингу водних об'єктів усіх перелічених вище призначень. З огляду на ґрунтово-кліматичні умови території України, зокрема відсутність пустель і напівпустель, де космічні методи ефективно застосовуються для вивчення підземних вод і джерел, а також враховуючи її територіальне розміщення і структуру об'єктів водного фонду, можна очікувати на високу ефективність застосування методів космічного моніторингу водних об'єктів 1-го і 3-го типів, тобто поверхневих вод суші і моря. У межах цієї роботи основну увагу буде зосереджено на першому з них, а саме – поверхневих водах суші. Для них результатом державного моніторингу є первинна інформація, одержувана суб'єктами моніторингу в процесі систематичних оцінок індексів і комплексних показників еколого-санітарного стану водних ресурсів визначеної території, які відносимо до зазначеного інтервалу часу, а також про кількісні й якісні параметри антропогенних, природних і змішаних чинників впливу на динаміку цього стану. Зазначимо, що в Україні існує система державного моніторингу якості водних ресурсів за фізичними, хімічними і гідробіологічними показниками, заснована на організації періодичного добору проб води у фіксованих пунктах з подальшим їх лабораторним аналізом. Зазначимо, що її можливості у реалізації функцій інформаційного забезпечення управління раціональним використанням і охороною водних ресурсів можуть бути істотно розширені завдяки використанню технологій ДЗЗ і геоінформаційних систем (ГІС). Системний аналіз структури і технологій інформаційного забезпечення управління водокористуванням та охороною водних ресурсів, що склалися в Україні, дає підстави зробити висновок про доцільність методами космічного моніторингу поверхневих вод суші визначити такі першочергові завдання:

1) картографування берегових ліній водойм і водотоків, оцінювання площ їхніх поверхонь (інвентаризація водних об'єктів);

2) оцінювання параметрів зон поширення стічних вод від точкових джерел їх скидання;

3) ідентифікація дифузійних джерел забруднення водних об'єктів (абразія узбереж, замулення окремих ділянок, розмивання обмілин);

4) моніторинг процесів евтрофування (цвітіння) водойм;

5) класифікацію ділянок поверхневих водозборів за інтенсивністю забруднення відповідних водних об'єктів стоком із сільгоспугідь;

6) моніторинг границь снігового покриву, зон його інтенсивного сходу, оцінки вологозапасу на окремих ділянках поверхневих водозборів.

Очевидно, список сформульованих завдань не є повним, проте вочевидь вказує на основні проблеми інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень практично за усіма видами водокористування: питного і технічного водопостачання, гідроенергетики, транспорту, рибного господарства, рекреації тощо. Органи управління цими галузями економіки України організовано за ієрархічним принципом. Відтак категорії національного, регіонального і локального (об'єктного) рівнів космічного моніторингу поверхневих вод суші знаходять своє логічне втілення у структурі інформаційних потоків, сформованих його суб'єктами шляхом тематичної обробки знімків відповідних ділянок території країни та їх водних об'єктів [1, 2, 7].

#### **Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми**

Комплексні спостереження за динамікою русел річок сьогодні набувають все більшого поширення. Їх виконують проектні організації, що здійснюють спостереження на локальних ділянках магістральних переходів через річки, зокрема, нафто- і газопроводів, для уникнення аварійних ситуацій. Дещо інші цілі і задачі ставлять перед собою науково-дослідні організації під час будівництва та реконструкції мостів, дюкерних переходів. У кінці минулого століття набули поширення стаціонарні спостереження на значних за площею територіях, організовані фахівцями на базі ряду регіональних університетів. Одержані до сьогодні матеріали свідчать про велику наукову цінність подібних досліджень, допомагають зрозуміти багато закономірностей ерозії і стоку наносів, динаміки розвитку форм русла, впливу природних і антропогенних чинників на процеси у водозбірних басейнах [3].

Наукові дослідження з цієї проблематики виконувалися в МГУ (Н.І. Маккавєєв, Р.С. Чалов та ін.), ДГІ (Н.Є. Кондратьєв, І.В. Попов та ін.), КНУ ім. Т. Шевченка (О.Г. Ободовський, В.В. Онищук). Фахівці КНУ ім. Т. Шевченка проаналізували надзвичайні руслові ситуації на річках Карпатського регіону (Тересва, Тиса та ін.), запропонували нові науково обґрунтовані поло-

ження щодо оцінювання процесів руслоформування, розробили класифікацію паводків для гірських річок за характером прояву руслових деформацій, оцінили ефективність та надійність роботи існуючого комплексу захисно-регуляційних споруд та вперше широко запровадили систему моніторингу руслових процесів [5].

Використання матеріалів аерокосмічного знімання для дослідження планових деформацій висвітлено в науковій літературі. Ці матеріали надали додаткові можливості для вивчення законів формування і розвитку річок, особливо в гірських регіонах. До них належать: виявлення регіональних особливостей типізації річкових русел і заплав, виділення структурних рівнів процесів руслоформування і визначення типів русла, уточнення чинників руслових процесів, виявлення умов формування руху паводкової хвилі, а також найактуальніший сьогодні аспект – аналіз і контроль трансформації річок під впливом антропогенної діяльності в їхніх басейнах [2]. Можливості використання матеріалів аерокосмічного знімання при вивченні руслових деформацій дуже широкі. При дослідженні руслових деформацій у гірських регіонах вони є основним, а в деяких випадках – єдиним джерелом інформації, в інших – використовуються в комплексі з картографічними даними і результатами наземних спостережень [5].

Своєчасний моніторинг стану річкового русла з метою попередження надзвичайних ситуацій передбачає оцінювання ступеня стійкості річкових русел, що не можливо без оцінювання горизонтальних переформовань. Паводки, особливо руслоформівні та катастрофічні, істотно впливають на планові деформації русел рік, вони навіть можуть змінювати тип русла. Тому разом з моніторингом стійкості русел можна проводити моніторинг горизонтальних деформацій, для чого потрібні картографічні дані за різні роки [8].

Сьогодні постає необхідність детального розроблення методів організації моніторингу руслових процесів. Різноманітність умов формування русел річок і, відповідно, широкий діапазон можливих форм прояву руслових процесів вимагають обґрунтування у виборі ділянок стаціонарних спостережень.

Зіставлення наявної картографічної інформації, даних натурних спостережень із супутниковою інформацією дасть змогу простежити зміни та розвиток руслових переформовань та ерозійних процесів для всіх річок України,

зокрема й Карпатського регіону, за декілька останніх десятиліть. Сьогодні такі дослідження виконуються фрагментарно, для деяких ділянок та рік. Складання сучасних цифрових карт басейнів річок різного масштабу дасть змогу уточнити гідрографічні характеристики річок та їхніх басейнів на підставі аерокосмічних знімків. Сучасні геоінформаційні системи та методи дистанційного зондування Землі допомагають у створенні методів розрахунку і прогнозів руслових процесів і, зокрема, горизонтальних руслових деформацій. Такі технології забезпечують збирання, збереження, обробку, доступ, аналіз, відображення та розповсюдження географічно координованих даних, а також дають змогу аналізувати великі території та зміни на поверхні Землі, що виведе дослідження на якісно новий рівень та істотно оптимізує будь-які розрахунки та прогнозування [2,3,7].

#### **Невирішені частини загальної проблеми**

У функціонуванні річкової системи важливе місце займають процеси руслоформування. Проблема оцінювання руслових процесів гірських річок до останнього часу надавали недостатню увагу. Гірські річки є особливими водними об'єктами, надзвичайно податливими до антропогенного впливу, що проявляється як в руслах, так і на їх водозборах. У цьому контексті слід зважати також на наслідки, завдані катастрофічними паводками, коли неврахування руслової ситуації лише збільшує збитки від них.

Деформації дна і берегів річок належать до найвиразніших процесів, які лімітують безпеку соціальних і виробничих об'єктів в їх руслах і заплавах. Для гірських умов навіть незначне зміщення русла річки в плані призводить до низки негативних явищ. Вони пов'язані зі значними навантаженнями в русло-заплавному комплексі, викликаними наявністю комунікаційних, гідротехнічних, господарських споруд на невеликій території, які розташовані часто вздовж річок та в їх заплавах. На зміни конфігурації русел річок істотно впливають паводки, особливо руслоформівні та руслоруйнівні, які призводять до зміни типу русла. Для вирішення завдань, пов'язаних із запобіганням таким змінам, необхідне дослідження планових переформовань русел, встановлення зв'язків між типами русел і чинниками, які їх обумовлюють. Сьогодні постійні спостереження за русловими процесами, які пов'язані з глибинною і боковою ерозією, не ведуться, що не дає можливості виявити найнебезпечніші ділянки, визначити черговість будівництва берегоукріплювальних

споруд, розробити систему заходів з регулювання русла і захисту від ерозії, розробити комплексну схему регулювання русла тощо [4].

Дотепер залишається відкритим питання детальної типізації русел гірських річок та побудови карт їх поширення. Тут необхідно зазначити, що причини і закономірності змін типів русел за зміни балансу між руслоформівними факторами не повністю вивчені. На сучасному етапі в дослідженні руслових процесів важливим інструментом їх оцінки є використання сучасних ГІС-технологій та матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Детально динаміку змін руслових деформацій неможливо прослідкувати за топографічними картами. Допомогти вирішити ці питання можуть результати дистанційного зондування Землі, які зараз використовуються недостатньо [1, 7].

#### **Постановка завдання**

Метою поданого дослідження є розроблення технології моніторингу гідрографічних об'єктів на прикладі частини русла р. Дністер з використанням даних космічного знімання та картографічних матеріалів.

#### **Особливості річки Дністер як водотоку**

У верхній частині (до м. Самбір) Дністер – типова гірська річка, що тече у вузькій долині між скелястими стрімкими берегами. Вийшовши на рівнину, Дністер в межах Сансько-Дністровської низовини тече широкою долиною, течія його стає спокійнішою. У середній частині в глибокій вузькій долині в руслі Дністра на поверхню виходять щільні вапняки і пісковики, а нижче Кам'яця-Подільського – кристалічні породи (граніти, гнейси, сієніти), які біля селища Ямполя утворюють пороги. Нижче Дубоссар Дністер має широку заплаву, порізану численними протоками, озерами. Долина річки тут досягає 8–16 км. Нижня частина Дністра розташована в межах причорноморської низовини.

Дністер несе багато води. Підвищена водоненість пояснюється тим, що верхня частина його басейну розташована в Карпатах. Саме там починаються численні і багатоводні праві притоки Дністра (загалом Дністер приймає води 385 приток, з них 177 праві та 208 ліві за співвідношення площ: правобережна частина басейну – 31034,6 км<sup>2</sup>; лівобережна – 41065,4 км<sup>2</sup>), що впадають у нього на ділянці від витоків до р. Бистриці Надвірнянської. Вони починаються на висоті від 800 до 1500 м і надають на цій ділянці режиму верхнього Дністра рис, власних гірським річкам.

Стік Дністра характеризується майже безперервним чергуванням паводків, які відбуваються як навесні, так і влітку та восени. Високі паводки спричиняють раптове танення снігу, дощі, а влітку – сильні зливи. Літні паводки за висотою часто перевищують весняну повінь. Води Дністра під час паводків несуть багато наносів [11].

#### **Антропогенна діяльність**

Рівнинна частина басейну Дністра характеризується різноманітною сільськогосподарською структурою. Тут домінують великі колективні селянські спільноти, натомість у заплавної частині та в гірських долинах Карпат переважає низькоінтенсивний тип господарювання на дрібних ділянках.

Долинний ландшафт Верхнього Дністра та його приток є типовим для Східної Європи. Русло Верхнього і частково Середнього Дністра здебільшого не зазнало негативних впливів гідротехнічних робіт. На Верхньому і Середньому Дністрі практично відсутні великі греблі і, за невеликим винятком, дамби. Це є важливою передумовою проведення досліджень і можливої природної регенерації.

Проблема забрудненості Дністра залишається і надалі актуальною, а шляхів її вирішення досі не визначено. Оскільки басейн Верхнього Дністра розміщений на території Львівської області, яка характеризується високим рівнем господарської діяльності, то очевидно, що тут є багато підприємств, зокрема таких, що займаються нафто- і газодобуванням. Подекуди їхні відходи без необхідної фільтрації потрапляють у річку, яка, зрозуміло ж, не може самоочиститись від таких прикрих “результатів виробництва”.

Отже, у басейні Дністра розташовані три зі ста найбільших забруднювачів природного середовища України: Акціонерне товариство “Нафтопереробний комплекс Галичина” (м. Дрогобич), Роздільське ДГХП “Сірка” і Стебницьке ДГХП “Полімінерал”.

Хоча збитки від забруднення води постійно вимірюють, накладають штрафи на посадовців та притягують їх до адміністративної відповідальності, екологічна ситуація від цього, на жаль, не покращується. Позаяк очисні споруди не можуть приносити прибутків, їхнє спорудження повністю залежить від державного фінансування. До того ж трапляється, що підприємства мають істотні заборгованості за електроенергію. Зрештою, навіть залишаються без світла. Звідси випливає ще одна проблема очисних споруд: через зниження температури гине спеціально вирощений намул, який очищує воду, тому доводиться його закуповувати знову. А на це немає коштів [11, 12].

## Виклад основного матеріалу дослідження

### Основні засади моніторингу річки Дністер

Метою досліджень було проаналізувати зміни положень русла ріки Дністер на ділянці Бусовисько – Тершів – Старий Самбір. Для встановлення цих змін використано такі космічні та картографічні матеріали:

1. Космічні знімки, отримані з апарата Landsat 3 (оптико-механічний багатоспектральний сканер MSS, 1979 рік);
2. Космічні знімки, отримані з апарата Landsat 7 (оптико-електронний багатоспектральний сканер ETM+, 2000 рік);
3. Топографічна карта масштабу 1:10 000 (1985 р.);
4. Топографічна карта масштабу 1:10 000, створена за результатами аерофотознімання (2007 р.);
5. Карта ґрунтів;
6. Геологічна карта масштабу 1:200 000.

Вихідними матеріалами для визначення планових деформацій ріки Дністер були цифрові зображення (космознімки за 1979 і 2000 роки), отримані за допомогою космічних апаратів Landsat 3) та Landsat 7.

Під час опрацювання космічних знімків, які являють собою зображення яскравостей об'єктів, важливим є поєднання каналів. Це дає можливість отримати вищий показник інформативності.

Підставою для об'єднання каналів слугують теоретичні засади дистанційного зондування Землі, які полягають у тому, що всі об'єкти мають певну відбивну здатність [3, 16]. Власне відбивна здатність характеризує спектрофотометричні характеристики об'єктів. Результатом об'єднання знімків, отриманих в різних каналах з КЛА "Landsat 3", є композитне зображення (рис. 1), на якому досліджуваний нами елемент місцевості (гідрографія) виділяється значно краще. Це дає змогу проаналізувати зміни русла та причини їх виникнення.

Для одержання такого синтезованого зображення було використано канали 1, 4 і 3 (Landsat 3, апаратура MSS) для червоного, зеленого і синього компонентів відповідно.

Працюючи зі знімками, отриманими апаратурою ETM+ (Landsat 7), експериментальним шляхом було встановлено, що гідрографія якнайкраще контрастує з фоном при поєднанні каналів 2, 3 і 6. Для проявлення на результатуючому синтетичному знімку дрібніших структур було використано знімок 8-го панхроматичного каналу з вищою роздільною здатністю (15 м).

Технологія передбачає надання 8-му каналу 30 % прозорості, а піксельний розмір графічних

файлів 2-го, 3-го і 6-го каналів необхідно привести до піксельних розмірів 8-го каналу.

Виконується почергове накладення 8-го (30 % прозорості) каналу окремим шаром на 2-й з подальшим злиттям (об'єднанням) шарів, те саме виконуємо з 3-м і 6-м каналами. Отримані три графічні файли в градаціях сірого кольору є основою для синтезу кольорового зображення в системі RGB. Рівень яскравості зображення 2-го каналу визначає червоний колір та його відтінки, рівень яскравості 3-го каналу визначає зелений колір, а 6-го – синій.

Після зведення трьох каналів в одне кольорове RGB-зображення ми отримуємо кольорову сцену території з просторовим розрізненням 15 м (рис. 2).

Порівняння космічних знімків різних років (період близько 20 років) дало змогу встановити зміни положення русла ріки Дністер вище місця впадання притоки Лінинка. Зауважено також зміни русла між населеними пунктами Спас і Бусовисько (показано стрілками).

### Побудова ЦМР в місцях деформації русла річки Дністер

Використовуючи топографічні карти різних років, можна проаналізувати зміни, що відбулись із руслом річки Дністер за 20-річний період.

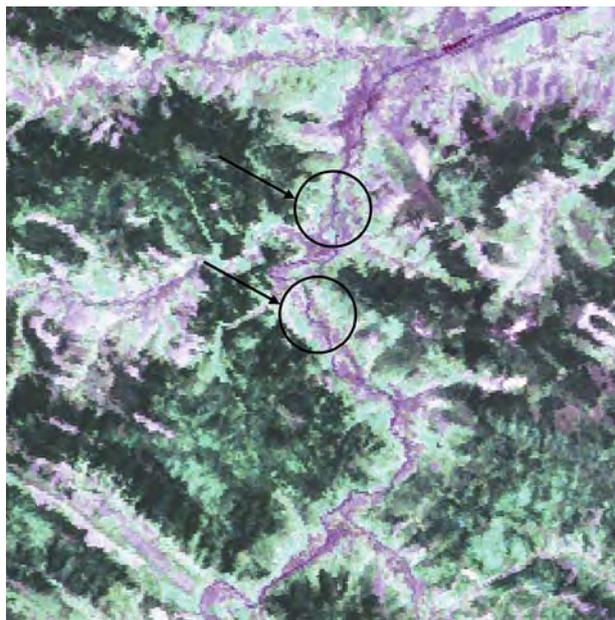
В експериментальній фазі дослідження для вивчення питання зміни русла ріки Дністер поблизу населених пунктів Бусовисько та Тершів використано топографічні карти масштабу 1:10 000. Цифрову модель рельєфу (ЦМР) будували у програмному пакеті ArcGIS 9 на основі топографічних карт 1985 та 2007 року випуску (рис. 3, 4 відповідно).

Ці топографічні карти були відскановані і експортовані в програмний пакет ArcGIS 9 для подальшого опрацювання. Так, для відображення й аналізу змін рельєфу оцифровувались горизонталі та позначки висот, а для відображення й аналізу змін річкового русла виконувалось оцифрування гідрографії (рис. 5, 6).

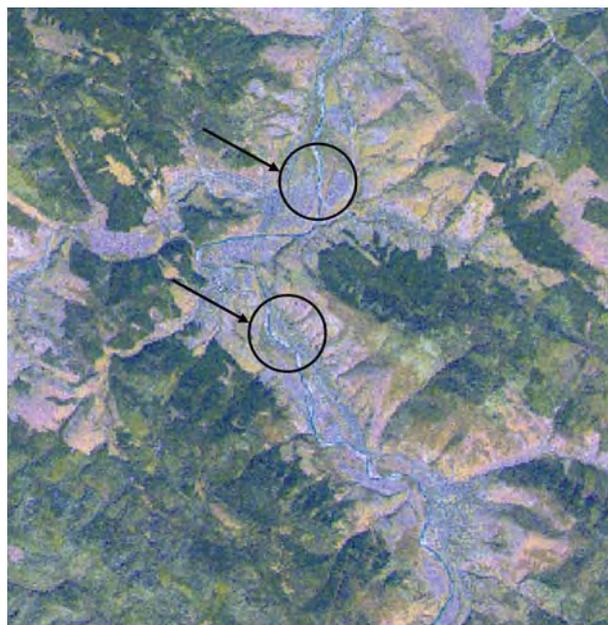
Для більш наочного представлення рельєфу досліджуваної території, а також річкового русла було побудовано ЦМР на основі TIN-моделі.

Цифрові моделі рельєфу доцільно використовувати для автоматичного визначення крутизни берегів, площі затоплення, а також моделювання надзвичайних ситуацій.

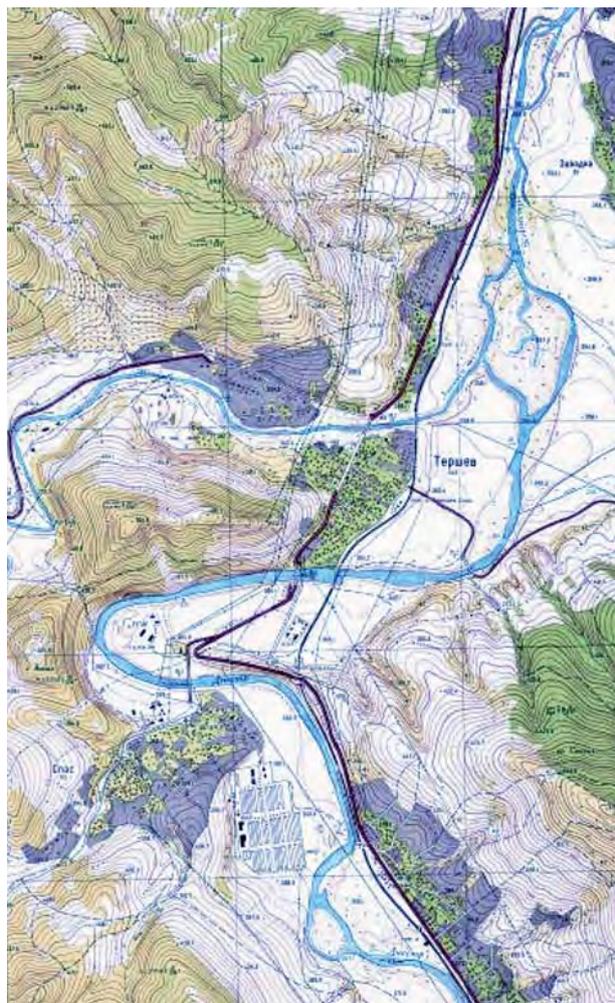
Оскільки у цьому дослідженні нас найбільше цікавить зміна русла річки Дністер, то найкраще це видно при накладанні зображень русла з двох карт – 1985 і 2007 років (рис. 7).



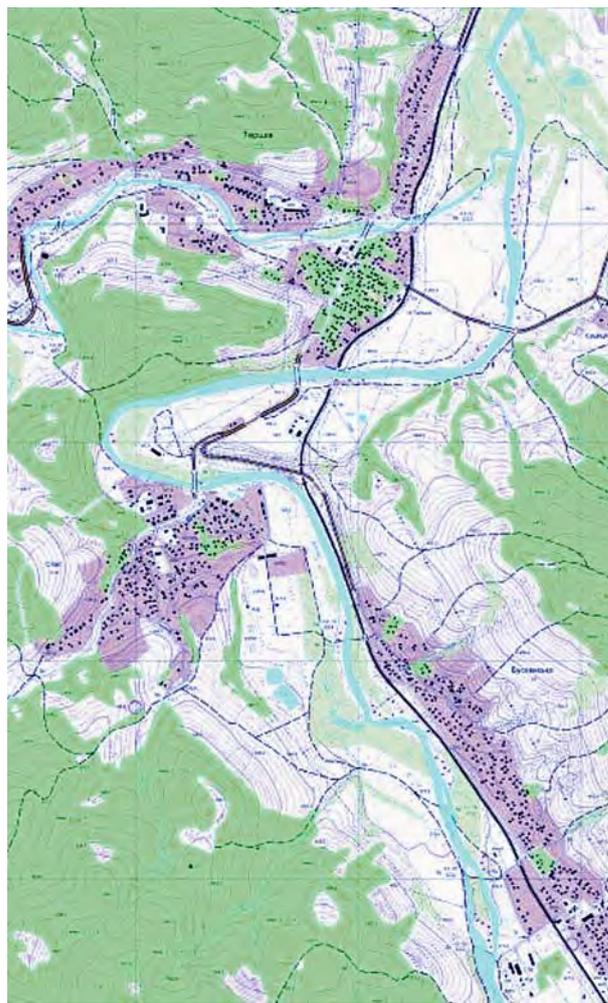
*Рис. 1. Синтезоване зображення досліджуваної ділянки місцевості станом на 1979 рік із КЛА "Landsat 3"*



*Рис. 2. Синтезоване зображення досліджуваної ділянки місцевості станом на 2000 рік із КЛА "Landsat 7"*



*Рис. 3. Топографічна карта за 1985 р.*



*Рис. 4. Топографічна карта за 2007 р.*

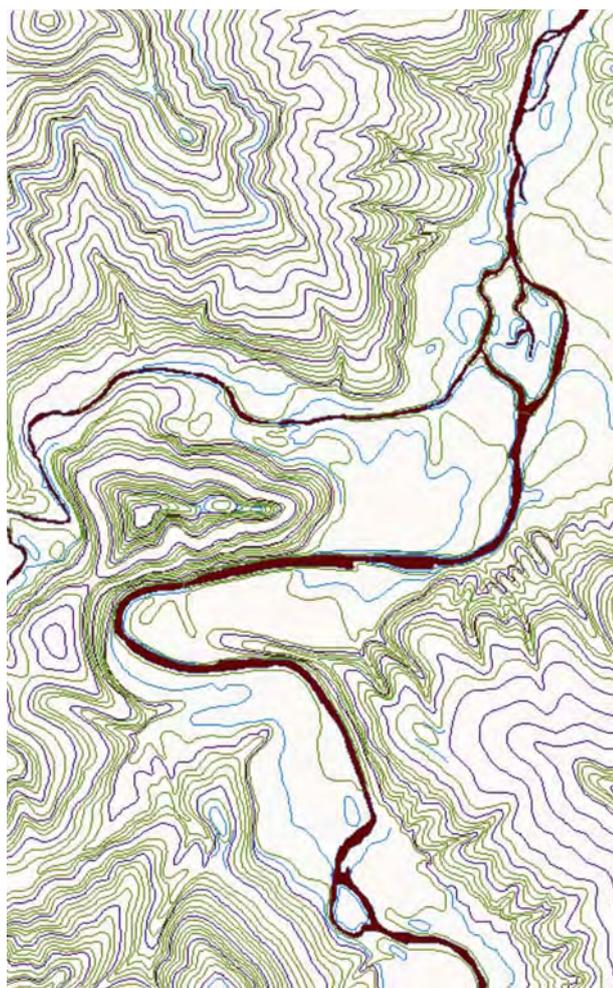


Рис. 5. Елементи рельєфу і гідрографії  
(за картою 1985 р.)

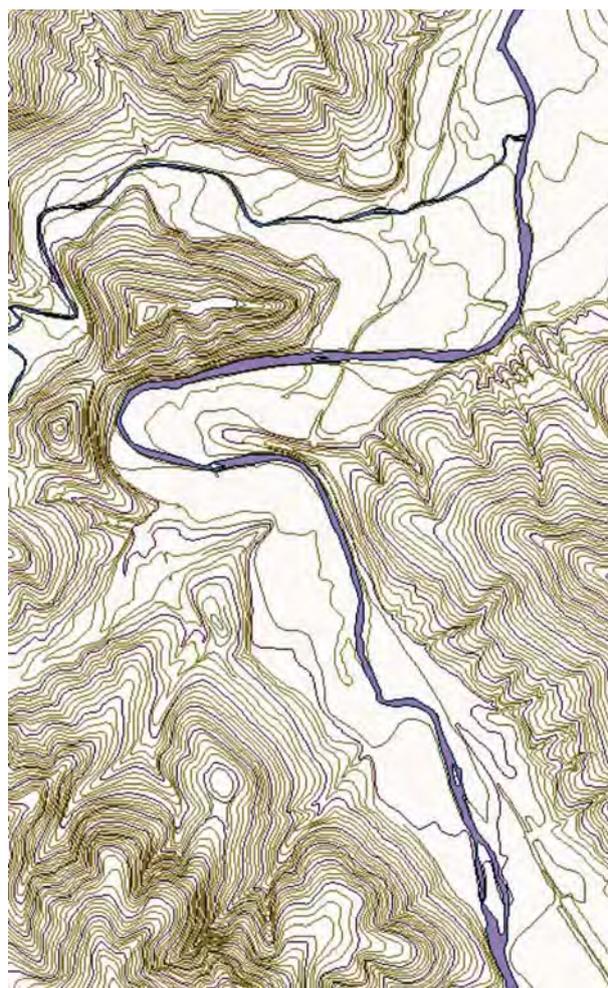


Рис. 6. Елементи рельєфу і гідрографії  
(за картою 2007 р.)

Порівнюючи зображення русла річки Дністер на космічних знімках за 1979 і 2000 роки та на двох картах (1985 і 2007 років), бачимо, що майже за 30-річний період відбулись доволі істотні зміни. На старих зображеннях видно, що в місці впадання річки Лінинки в Дністер (поблизу с. Тершів) на площі 33 га був розташований піщаний острів. Зараз же острів щез, а правий рукав Дністра, що огинав острів (довжина 870 м), перетворився на озеро. Причиною цього може бути розробка піщаного кар'єра, внаслідок чого утворилось нове русло. Подібну ситуацію спостерігаємо з руслом у південній частині карти (між населеними пунктами Спас і Бусовисько) – піщаний острів площею 19,6 га зник, а один із рукавів річки (довжина 400 м) перетворився на озера. В деяких місцях змінилось русло і у притоки Дністра річки Лінинки.

Як бачимо, на досліджуваній ділянці ріка має тенденцію до випрямлення русла, відми-

рання рукавів, спрощення початкової конфігурації. Випрямлення русла, як відомо, відбувається під час сильних паводків. Тому, враховуючи малі кути нахилу прибережних територій (1–2 град.), можна припустити, що саме паводки у травні 1989, липні – серпні 1997, листопаді 1998, березні 2001 років стали причиною цього явища. Також не потрібно виключати вплив антропогенної діяльності, яка зростає з кожним роком.

Варто зазначити також збільшення рослинності у місцях деформації русла (раніше на цих ділянках був пісок).

#### **Аналіз геологічних і ґрунтових карт**

Дослідження причин деформації русла річки Дністер було б неповним без аналізу геологічної карти (рис. 8), а також ґрунтового покриття (рис. 9).

Аналіз ґрунтових карт показав, що в місцях найбільших деформацій русла розташовані такі типи ґрунтів:

- в місці впадання річки Лінинки в Дністер (поблизу с. Тершів) – бурі лісові середньоглибокі і глибокі слабозмиті легкосуглинкові ґрунти на елювії-делювії карпатського флішу;

- з протилежного боку від місця впадання – дерново-буроземні неглибокі слабощебенюваті легкосуглинкові ґрунти на сучасному алювії, підстеленому рінняком; між населеними пунктами Спас і Бусовисько (ліворуч від русла) – лучно-буроземні легкосуглинкові ґрунти на алювіальних відкладах; дерново-буроземні неглибокі слабощебенюваті легкосуглинкові ґрунти на сучасному алювії, підстеленому рінняком; бурі лісові середньоглибокі і глибокі слабозмиті легкосуглинкові ґрунти на елювії-делювії карпатського флішу; бурі лісові неглибокі змиті та розмиті ґрунти;

- між населеними пунктами Спас і Бусовисько (праворуч від русла) – бурі лісові середньоглибокі і глибокі слабозмиті легкосуглинкові ґрунти на елювії-делювії карпатського флішу.

Наявність сучасного алювію та рінняка свідчить про те, що в місцях їхнього залягання відбувались повеневі явища. Присутність змитих та розмитих ґрунтів вказує на ерозійні процеси, викликані сильними зливами.

Досліджувана ділянка знаходиться у фронтальній частині насуву складчатих, або флішових Карпат. Згин потрапляє на стрийську свиту, потужність якої 1200 м.

На геологічній карті в місцях зміщення русла вказано залягаючі породи, ними є різнозерністі пісковики та гравеліти, а також мергелі та кремністі аргіліти.

Аргіліти – це пресована глина, яка легко піддається розмиванню, а кремністий горизонт утворює уступи і пороги у руслі ріки.

Строкато-кольорова товща, що проходить через місця деформації русла, є м'якою. Це може бути причиною планового зміщення русла.

### Висновки

1. Для моніторингу гідрографічних об'єктів ефективним є системний підхід, який передбачає використання космічних зображень, аерозображень земної поверхні, а також топографічних карт і наземних вимірювань.

2. Для ідентифікації гідрографічних об'єктів принципове значення має поєднання зображень, отриманих у певних спектральних діапазонах.

3. Для аналізу змін положення русел рік додатковою інформацією слугують цифрова модель рельєфу та спеціальні тематичні карти, зокрема геологічні та ґрунтові.

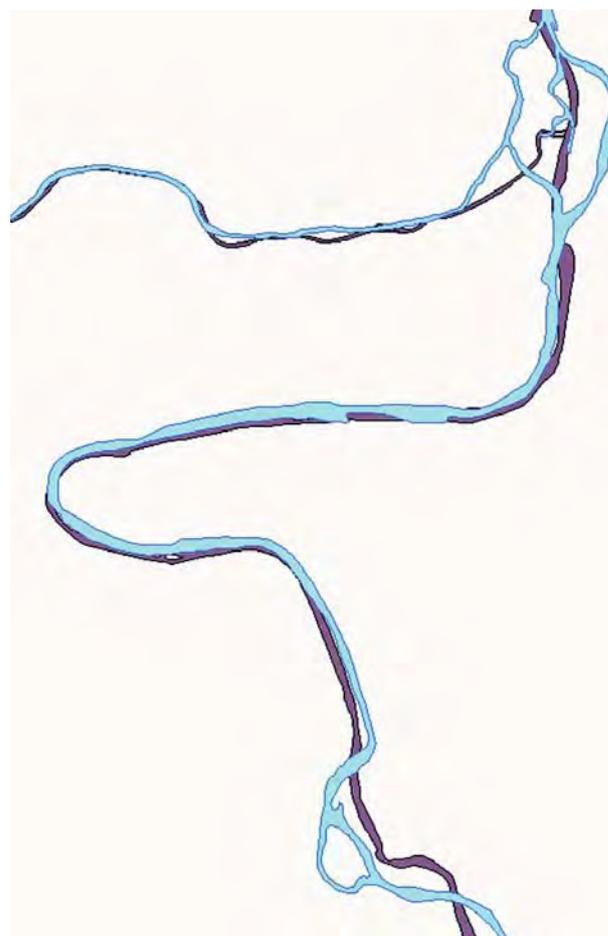


Рис. 7. Порівняльне зображення русла річки



Рис. 8. Фрагмент геологічної карти

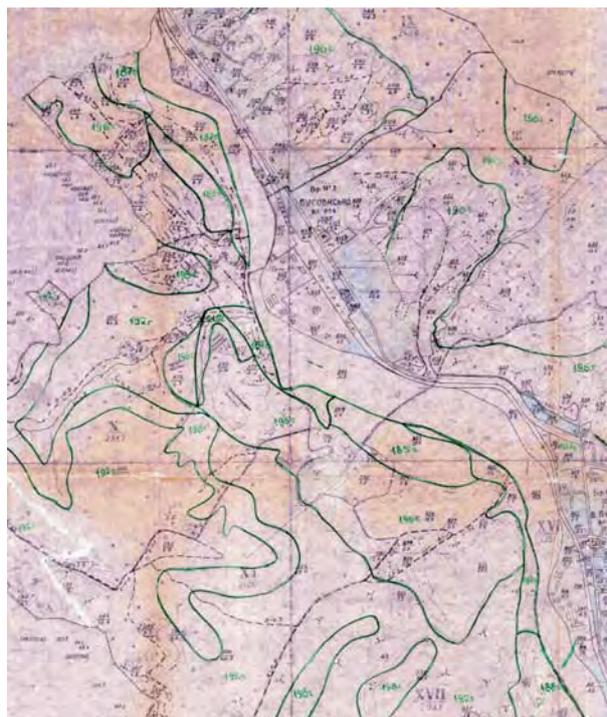
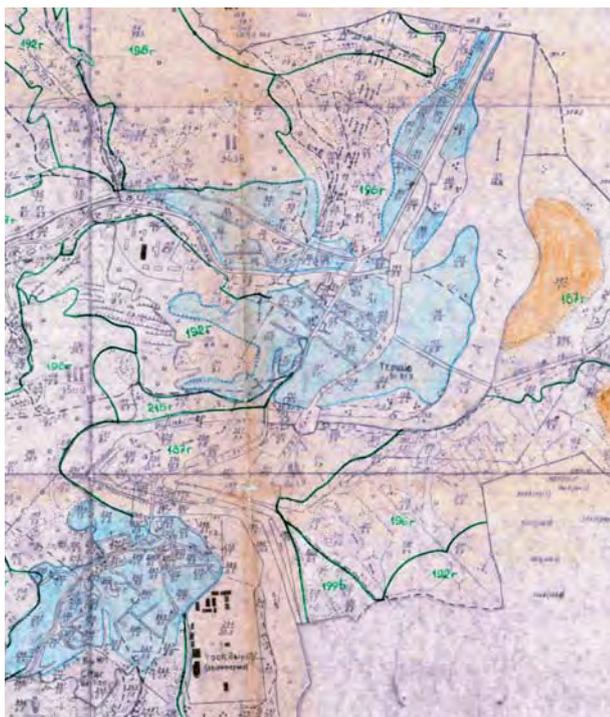


Рис. 9. Фрагменти карти ґрунтів

4. Під час дослідження було встановлено, що причинами деформації русла р. Дністер є часті повені, слабостійке русло з м'якими залягаючими породами, а також антропогенна діяльність.

5. Кінцевою метою запропонованої методики є оцінювання та розгляд заходів протидії деформаційним русловим процесам.

### Література

1. Волошкіна О.С., Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Технологічні основи космічного моніторингу поверхневих вод суші // Екологія і ресурси: Наук. збірник. – К., 2006. – Вип. 7. – С. 26–45.

2. Горбачова Л.О. Сучасні пріоритети та напрямки гідроекологічних досліджень річкових басейнів // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник. – К.: ВГЛ “Обрії”, 2006. – Т. 11. – С. 338–341.

3. Кирилюк О.В. Обґрунтування проведення моніторингу руслових процесів для оцінки ступеню стійкості русел малих річок // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник. – К.: ВГЛ “Обрії”, 2006. – Т. 11. – С. 142–148.

4. Коноваленко О.С. Гідродинамічна оцінка руслових процесів гірських річок на прикладі Верхньої Тиси // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник. – К.: ВГЛ “Обрії”, 2008. – Т. 14. – С. 87–101.

5. Коноваленко О.С. Аналіз інтенсивності горизонтальних руслових деформацій на гірських річках Закарпаття // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник. – К.: ВГЛ “Обрії”, 2006. – Т. 11. – С. 153–158.

6. Протиповеневі заходи – проблема національної безпеки (Виступ народного депутата України, голови Всеукраїнської екологічної ліги В.А. Толстоухова на Дні Уряду у Верховній Раді України) // Екологічний Вісник. – 2003/2. – № 1–2, січень–лютий. – С. 2–5.

7. Фролова Г.П., Биленко В.А., Ершова Н.В. Применение ГИС-технологий и дистанционного зондирования для решения гидрологических задач // Тез. докл. IV Всероссийского гидрологического съезда. Секция 1. Состояние и перспективы развития систем гидрологических наблюдений и информационное обеспечение потребителей. – СПб.: Гидрометеоиздат. – 2004.

8. Шевчук В. Методика дослідження деформації русел рік Прикарпатського регіону // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2009. – Вип. 71. – С. 143–150.

9. <http://nato.int>.

10. <http://www.surcon.ru>

11. <http://dpbuivr.org.ua/>

12. <http://www.greenkit.net>

### Моніторинг деформаційних процесів русел рік

Х. Бурштинська, О. Маланій, В. Шевчук

Розглянуто системний підхід до проведення моніторингу руслових процесів рік на прикладі ріки Дністер. Для проведення дослідження русла за 30-річний період з 1979 року використані космічні зображення з літальних апаратів Landsat 3 та Landsat 7, топографічні, геологічні і ґрунтові карти. Виявлені істотні зміни положення русла річки.

### Мониторинг деформационных процессов русел рек

К. Бурштынская, А. Маланий, В. Шевчук

Рассмотрен системный подход к проведению мониторинга русловых процессов рек на

примере реки Днестр. Для проведения исследования русла за 30-летний период с 1979 года использованы космические изображения с летальных аппаратов Landsat 3 и Landsat 7, топографические, геологические и почвенные карты. Выявлены существенные изменения положения русла реки.

### Monitoring of deformation processes of river-beds

H. Burshtynska, O. Malaniy, V. Shevchuk

We consider a systematic approach for monitoring fluvial processes of rivers on the example of the Dniester River. To study the riverbed for 30-year period from 1979 used satellite imagery from aircraft Landsat 3 and Landsat 7, topographical, geological and soil maps. Revealed significant changes of the riverbed.



## Видавництво Львівської політехніки пропонує

### Дорожинський О. Л., Тукай Р. ФОТОГРАМЕТРІЯ

Підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. 332 с.

Формат 170 x 240 мм. Тверда обкладинка.

ISBN: 978-966-553-688-8

Затвердило Міністерство освіти і науки України

Подано теорію аналітичної фотограмметрії та розв'язання основних фотограмметричних задач, що становить основу цифрової фотограмметрії. Висвітлено питання цифрового оброблення зображень, зокрема формування образів, поліпшення якості, способи стиснення та ін. Детально описано технології цифрової фотограмметрії, зокрема побудову цифрових моделей рельєфу і поверхні, аеротріангуляції, кореляції зображень, створення ортофотокарт. Подано теоретичне розв'язання задач космічної фотограмметрії, розглянуто сучасні підходи до технологій космічного картографування поверхонь Землі і планет.

Підручник призначений для студентів ВНЗ базового та магістерського рівнів підготовки напряму "Геодезія, картографія та землевпорядкування", а також для аспірантів, докторантів та фахівців, що займаються використанням фотограмметрії та дистанційного зондування у різних галузях науки і практики.

#### ЗМІСТ

Від авторів.

1. Вступ.
  2. Теоретичні основи фотограмметрії.
  3. Комп'ютерне опрацювання цифрових зображень.
  4. Цифровий фотограмметричний знімок.
  5. Побудова цифрових моделей об'єктів.
  6. Аналітична фототріангуляція.
  7. Технології цифрової фотограмметрії.
  8. Космічна фотограмметрія.
- Список літератури.  
Алфавітний покажчик.

#### ПРО АВТОРІВ

**Олександр ДОРОЖИНСЬКИЙ** – професор кафедри фотограмметрії та геоінформатики Національного університету «Львівська політехніка»

**Ришард ТУКАЙ** – керівник підприємства Tukaj Mapping Central Europe у Польщі

Книги можна замовити за адресою: вул. Ф. Колесси, 2, корп. 23А, м. Львів, 79000  
тел. +38 032 258-21-46, факс +38 032 258-21-36, ел. пошта: [vmr@vlp.com.ua](mailto:vmr@vlp.com.ua), <http://vlp.com.ua>