

УДК 528.92

## МОНІТОРИНГ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПОВЕНЕВИХ ЯВИЩ РІКИ ДНІСТЕР ЗА КОСМІЧНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ

**Х. Бурштинська, Л. Мовчко, В. Шевчук**

Національний університет “Львівська політехніка”

**Ключові слова:** моніторинг, руслові процеси, повені, космічні зображення, цифрування, рік.

### Постановка проблеми

Внаслідок істотних порушень природних умов, викликаних зміною клімату на Землі та впливом антропогенних чинників, останніми десятиліттями спостерігається помітне збільшення повеневих явищ, що призводить до зміни русел рік.

Однією з основних причин виникнення цих явищ вважають безконтрольне вирубування лісів. Зокрема, українські Карпати за останні 40 років втратили значну частину свого лісового покриву і не здатні утримувати вологу. Вода швидко стікає в басейни рік, спричиняючи масштабні екологічні катаклізми. В Україні повені можуть виникати під час весняних заплавних розливів на річках та довготривалих літніх злив.

У сточищі Дністра найбільш паводкобезпечними є долини Дністра в межах Передкарпаття, а також долини його гірських допливів біля виходу їх з гір на рівнину. Саме гірська частина регіону характеризується найбільшими сумами й інтенсивністю випадання дощів, які є головною передумовою виникнення паводків. Суть небезпеки, яку становлять паводки у сточищі Дністра, полягає у виході за високі рівні води з річища на заплаву і затопленні будинків, угідь, комунікацій та інших господарських об'єктів, які часто зводять на заплавної території ріки. До того ж господарська діяльність у сточищі Дністра в останні десятиліття помітно підсилила вплив чинників, що призводять до виникнення і розвитку паводка, тим самим збільшивши частоту виникнення і силу останніх, а також масштаби руйнувань [3, 11, 12].

Такі стихійні лиха неможливо повністю відвернути, однак їхній вплив можна послабити, локалізувати і, за своєчасного попередження, звести до мінімуму матеріальні втрати. Цього можна досягти за допомогою оперативного моніторингу і прогнозування паводкової ситуації, будівництва та зміцнення водозахисних дамб, своєчасного оповіщення про можливість і масштаби повені.

### Невирішені частини загальної проблеми

З плином часу русло ріки здатне змінювати своє положення. На це впливають, як зазначено вище, різного роду природні та антропогенні чинники. Щодо антропогенних чинників, то їх кількість можна значно зменшити за рахунок дотримання суспільством водоохоронних обмежень. Такі обмеження введено для того, аби захистити водні об'єкти від забруднення, засмічення, забудови прибережних територій, забору

там будівельних матеріалів, що призводить до ослаблення та руйнування берегів водойм.

Загалом, землі водного фонду займають в Україні 2422,5 тис. га, або 4,01 % території держави, з них: природні водотоки (річки та струмки) – 241,2 тис. га (10,0 %); штучні водотоки (канали, колектори, канами) – 179,8 тис. га (7,4 %); озера, прибережні замкнуті водойми, лимани – 873,6 тис. га (36,1 %); ставки – 336,5 тис. га (13,9 %); штучні водосховища – 791,4 тис. га. (32,7 %). Такі запаси водних ресурсів характеризуються як недостатні. Ситуація зобов'язує населення України чітко дотримуватись встановлених вимог.

Найважливішими водоохоронними обмеженнями у використанні земель слід визнати водоохоронні зони та прибережні захисні смуги, які мають виконувати функцію “природного буфера” між водним об'єктом та створеними людиною виробничо-господарськими та будівельними системами, які здатні негативно впливати на стан та якість вод.

Нормативно-правову та методичну основу формування водоохоронних обмежень у використанні земель сьогодні становлять: Водний кодекс України від 06.06.1995 р.; Земельний кодекс України від 25.10.2001 р.; Постанова Кабінету Міністрів України від 08.05.1996 р. “Про затвердження Порядку визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режиму ведення господарської діяльності в них”; ДБН 360-92 “Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень”; СОУ 00032632-005:2009 “Землеустрій. Проекти землеустрою щодо створення водоохоронних зон. Правила розроблення” (затверджений наказом Держкомзему від 17.07.2009 р. № 375); Методика упорядкування водоохоронних зон річок України [7]; ВБН 33-4759129-03-05-92 “Проектування, упорядкування та експлуатація водоохоронних зон водосховищ” [6, 8]. Наприклад, під час проектування нових населених пунктів розміри водоохоронних зон треба приймати не меншими за: для водосховищ – 500 м; для малих річок завдовжки до 50 км – 100 м; для малих річок завдовжки 50–100 км включно – 200 м; для малих річок завдовжки понад 100–200 км – 300 м. Вимоги стосуються території у межах населених пунктів та поза їх межами. Тому зміна русел рік тісно пов'язана з виконанням нормативних та правових документів стосовно проектування населених пунктів, окремих будівель та ведення сільського господарства.

Більшість річок України мають слабостійкі русла, тому що протікають в умовах легкорозмивних порід та ґрунтів. Вони потребують постійного моніторингу, щоб запобігти небезпечним процесам, пов'язаним з мігруванням русел рік.

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

Останнім часом значно актуалізувалися проблеми, пов'язані з дослідженнями водних ресурсів та оцінкою гідроекологічного стану водних об'єктів України. Ці дослідження проводяться в науково-дослідних установах – Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (УкрНДГМІ, м. Київ), Українському науково-дослідному інституті екологічних проблем (УкрНДІЕП, м. Харків), Інституті гідротехніки і меліорації УААН (ІГІМ, м. Київ), Українському науково-дослідному інституті водогосподарсько-екологічних проблем (УНДІВЕП, м. Київ), Інституті гідробіології НАН України (м. Київ) та проектних установ – Укрводпроекти та деяких обласних проектних інститутах. Всі перераховані заклади за відомчою приналежністю підпорядковані Міністерству екології та природних ресурсів України, Національній академії наук України, Українській аграрній академії наук, Держводгоспу України тощо, що визначає наукову і практичну орієнтацію їхніх водних досліджень [9].

Проблемами екології водного господарства, деградації малих річок, раціонального природокористування та підтоплення земель в Україні займається інженер-гідротехнік, учений-еколог, засновник нового напрямку в українській науці – водогосподарської екології, директор Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем, академік Української академії аграрних наук, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України А. В. Яцик. Він розробив наукові основи екологічно безпечного водокористування, відновлення природно-екологічної рівноваги у водних і навколводних екологічних системах України, що сприятиме створенню передумов для природного, а не техногенного розвитку нації, збереження її здорового генофонду. Практична значущість його розробок полягає в тому, що вперше у вітчизняній практиці виконано теоретичне обґрунтування для вирішення державної проблеми формування стратегії нормування антропогенного навантаження на водні та навколводні екосистеми [14, 15].

Сучасні пріоритети та напрями гідроекологічних досліджень річкових басейнів окреслено в працях [4, 5].

Зіставлення наявної картографічної інформації, даних натурних спостережень із супутниковою інформацією дасть змогу простежити зміни та розвиток руслових переформувань та ерозійних процесів для всіх річок України, зокрема й для Прикарпатського регіону за декілька останніх десятиліть. Поки що такі дослідження виконуються фрагментарно, а саме: для деяких ділянок та рік. Супутниковий моніторинг повеней та підтоплення дає змогу отримувати схеми затоплення та розміри затоплених територій, що майже неможливо визначити на основі наземної інформації про рівні та витрати води. Складання сучасних цифрових карт басейнів річок різного масштабу дасть змогу уточнити гідрографічні характеристики річок та їх басейнів на підставі аерокосмічних знімків [1, 2, 13].

**Постановка завдання**

Використання даних дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій відкриває нові можливості для дослідження руслових процесів та повеневих явищ [10, 17]. Завдання дослідження полягає в опрацюванні методики, пов'язаної з моніторингом руслових процесів ріки Дністер на підставі космічних зображень та картографічних матеріалів, зокрема у визначенні зміщень русла ріки та площ затоплених земель. Моніторинг поверхневих вод – це система послідовних спостережень, збирання, оброблення даних про стан водних об'єктів, прогнозування їх змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень, які можуть позначитися на стані рік.

**Виклад основного матеріалу**

Для проведення моніторингу зміщень русла ріки Дністер поблизу міст Старий Самбір – Самбір використано картографічні матеріали та космічні зображення із супутників Landsat:

1. Топографічні карти масштабу 1:10 000 (1985 та 2007 рр.).

2. Космічні знімки, отримані із супутників: Landsat 5 (1992 р.), Landsat 7 (2001 р.) та Landsat 8 (2014 р.).

Загальну технологічну схему опрацювання матеріалів наведено на рис. 1.

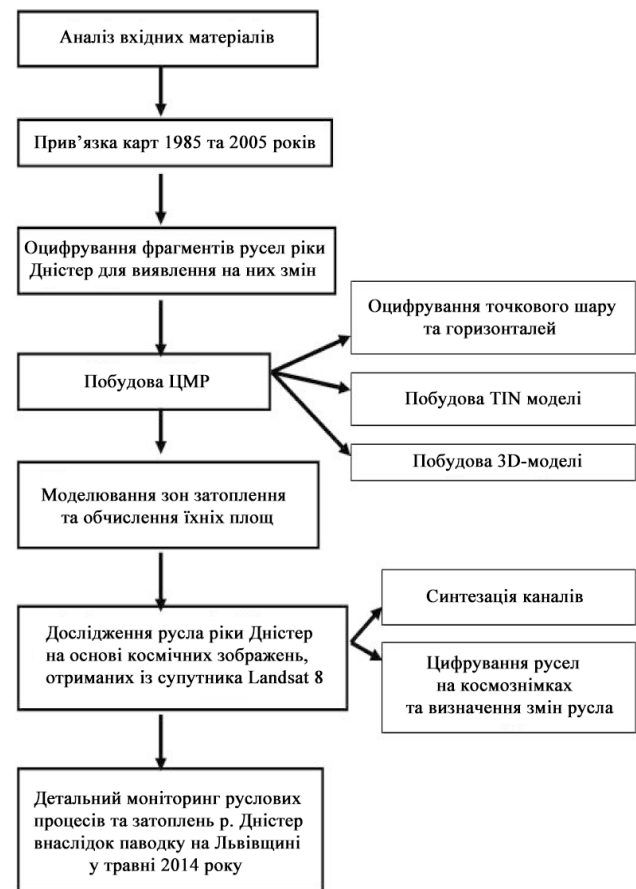


Рис. 1. Технологічна схема дослідження зміщень русла ріки Дністер

Дослідження змін русла ріки Дністер потребує прив'язки топографічних карт, оцифрування русел рік та визначення величин їх зміщень.

Опрацювання зображень здійснено в програмному середовищі ArcGIS 9.3.

На рис. 2 подано результати накладених цифрових зображень русла ріки Дністер біля сіл Тершів та Бусовисько. Суттєві зміни русла р. Дністер сягають від 80 до 170 метрів у районі сіл Тершів і Спас (синім кольором позначено зображення русла ріки на карті 1985 р., червоним – 2007 р.).

З метою прогнозування зон затоплення створюють цифрову модель рельєфу, яка дає можливість визначити площі затоплених земель у разі підняття рівня води на певну позначку. Побудову цифрової моделі рельєфу виконано у програмному пакеті ArcGIS 9.3 на основі топографічної карти 2007 р. Для виконання цієї задачі оцифровано точковий шар та наведено горизонталі за допомогою створених в ArcCatalog шейп-файлів. Враховуючи складний характер рельєфу (горбиста місцевість з мікрорельєфом біля русла, перепад позначок 320 м), для наочнішого представлення рельєфу досліджуваної території та русла ріки побудовано ЦМР за допомогою модуля 3D Analyst. За допомогою додатка ArcScene створено 3D-модель місцевості з накладеним оцифрованим руслом ріки (рис. 3).

Подальші дослідження зміщень русла ріки Дністер стосувалися аналізу змін русла на схід від досліджуваної ділянки. Для цього використано синтезовані космічні зображення 1992, 2001 та 2014 років, отримані з КЛА Landsat 5, Landsat 7 та Landsat 8 відповідно з геопросторовою прив'язкою. З метою покращення розрізнення використано технологію pansharpening [1].

Оптимальне зображення для інтерпретації берегової лінії об'єктів гідрографії з використанням знімка Landsat 5 отримано в результаті синтезації каналів 1, 3, 4, для знімків Landsat 7, 8 – каналів 2, 5, 7. На рис. 4 подано синтезоване, опрацьоване за технологією pansharpening зображення, що дає змогу збільшити розрізнення приблизно вдвічі.

Оцифровані ділянки русел за трьома знімками подано на рис. 5. Оскільки знімки мають геоприв'язку, то векторизовані об'єкти накладуться, що дасть змогу інтерпретувати та вимірювати зміщення русла, які відбулися за 1992–2014 рр. Червоним кольором показано русло ріки за знімком 1992 р., зеленим – за знімком 2001 р. та синім – за знімком 2014 р. Кружками позначено найбільші зміщення русла на цій ділянці.

Виявлено істотні зміни (від 70 до 200 м) в районі м. Самбора за 1992–2001 рр. (ділянка 2). З 2001 до 2014 рр. зміни незначні. Також неподалік м. Старого Самбора спостерігаються зміни від 30 до 316 м за 1992–2001 рр. (ділянка 1).

Крім зміщень русла ріки, досліджено наслідки паводка, який стався у травні 2014 р. поблизу м. Старий Самбір.

Внаслідок дощів, які не припинялися 14, 15, 16 травня 2014 р., різко вийшла з берегів ріка Дністер.

За перелічені дні рівень води Дністра перевищив 4 м, а в тих місцях, де русло річки звужене, – 5 м (рис. 6).

Наслідком повені стало затоплення значної території. Величезної шкоди вода завдала ділянці, яка прилягає до залізничної колії на 92-му кілометрі в напрямку Львів – Ужгород. Берегові укріплення впродовж декількох годин були суттєво зруйновані рікою. Затоплено подвір'я мешканців Старого Самбора на вулицях Горішній, Листопадовій та інших. Села, розташовані вище за течією Дністра, зазнали значних збитків: в с. Стрільбичі притока Дністра, маленька річка Яблунька, знищила дорогу. Вже на ранок 16 травня 2014 року в 15 селах припинено подавання газу через руйнування комунікаційних систем внаслідок розмивання та обвалів землі.

За офіційною інформацією Державної служби України з надзвичайних ситуацій, внаслідок стихії 15–16 травня на Львівщині було підтоплено 1 тис. 221 житловий будинок, 2 тис. 710 підвалів житлових будинків, 2 тис. 453 присадибних ділянок та 2 тис. 749 га сільгоспугідь, тимчасово перервано автомобільне сполучення з 17 населеними пунктами та ускладнено проїзд до 14 населених пунктів, порушено газопостачання 30 населених пунктів. У Дрогобицькому районі підтоплено 341 будинок та 766 дворів, підмито 4 мости, пошкоджено дороги та підтоплено 382 га посівів, 167 га пасовищ та 503 га сінокоосу. Найбільші руйнування повині спричинила у с. Нагуєвичі. Тут підтоплено 150 осель. У Старосамбірському районі постраждав 61 населений пункт, 4325 домогосподарств, зокрема: 224 житлові будинки, підтоплено 2114 присадибних ділянок. Загалом на Самбірщині постраждало більше ніж 20 населених пунктів, понад 600 домогосподарств. Від повені також постраждали Буський, Турківський, Городоцький, Перемишлянський, Жидачівський райони та міста Борислав і Дрогобич Львівської області.

Цей масштабний паводок дає підстави для моніторингу ситуації та детальнішого дослідження русла ріки Дністер, а також його басейну, оскільки в притоках Дністра рівень води піднявся до високої позначки і наслідки вимагають проведення дослідницьких робіт на цій території.

Проведено дослідження на основі мультиспектрального зображення, отриманого з КЛА Landsat 8 (17 травня 2014 р., останній день зливи, що спричинила паводок).

У програмному середовищі ArcGIS 9.3 оцифровано деякі затоплені ділянки та визначено їх площі, які становлять від 84 до 1357 га (рис. 7).

Також виконано дослідження стосовно виявлення зміщень русла ріки Дністер на ділянках, де вода піднялась до високих позначок під час паводка. Досліді проведено за космічними зображеннями від 30 березня 2014 р. та 24 травня 2014 р., отриманими із супутника Landsat 8.

Оцифровані русла ріки за двома космічними зображеннями до і після повені подано на рис. 8. Зображення русла за знімком від 30 березня 2014 р. позначено червоним кольором, від 24 травня – синім кольором.

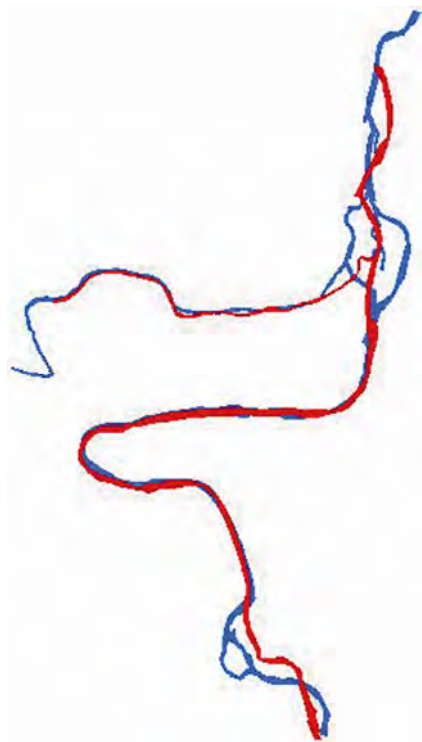


Рис. 2. Накладені оцифровані русла ріки Дністер

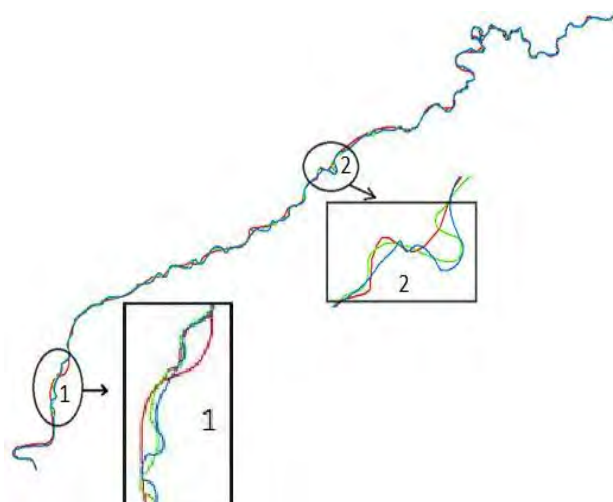


Рис. 5. Накладені векторизовані русла ріки Дністер

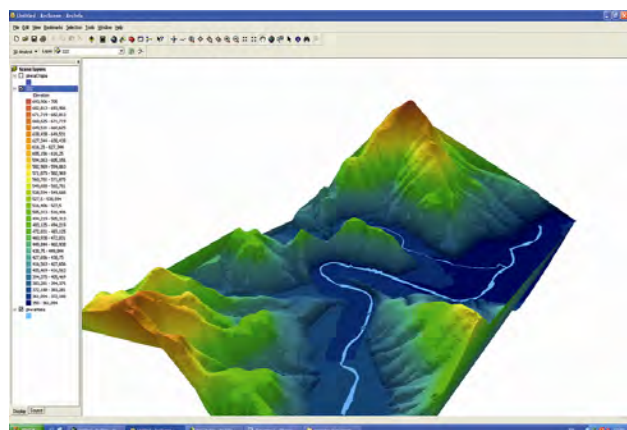


Рис. 3. Побудована 3D-модель місцевості

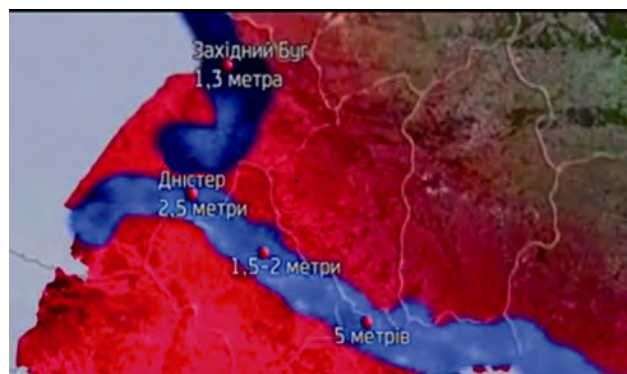


Рис. 6. Усереднені показники рівня води у Дністрі та Західному Бугу у період наводка



Рис. 7. Затоплені ділянки з обчисленими площами



Рис. 4. Покращене синтезоване зображення з КЛІА Landsat 8 (2014 р.)

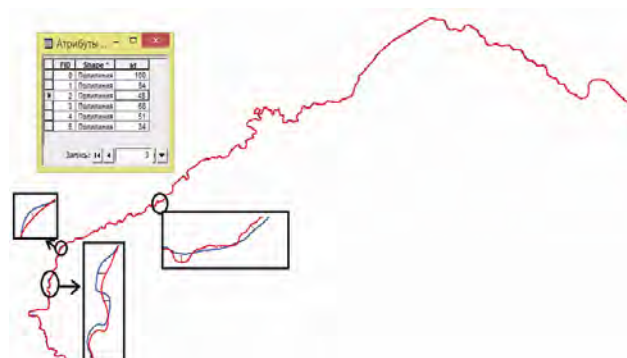


Рис. 8. Накладені русла ріки Дністер до і після повні

Зміщення русла від 15 до 30 метрів виявлено в районі с. Кружики, що на Самбірщині, поблизу с. Тершів Старо-самбірського району вони сягають від 30 до 80 метрів.

Актуальним є подальший моніторинг ріки Дністер, зокрема на ділянках, які зазнали впливу паводка.

### Висновки

1. Основними чинниками, які впливають на зміщення русел рік, є: повеневі явища, вирубки лісових масивів, забудова заплавлених територій, екологічні порушення.

2. Під час опрацювання космічних зображень, отриманих із супутників Landsat (1992, 2001, 2014 рр.), у програмному середовищі ArcGIS встановлено за 20-річний період суттєві зміщення русла ріки Дністер на території Львівської області. В районі с. Тершів вони сягають від 30 до 300 метрів.

3. За космічним зображенням із супутника Landsat 8 від 17 травня 2014 року проаналізовано результати повені та визначено площі затоплених земель.

4. Аналіз русла ріки Дністер за космічними зображеннями до і після паводка свідчить про зміни русла в межах від 30 до 80 метрів

### Література

- Бурштинська Х. Моніторинг деформаційних процесів русел рік / Х. Бурштинська, О. Маланий, В. Шевчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2010. – Вип. I (19) – С. 216–226.
- Бурштинська Х. В. Методика дослідження зміщень русла ріки Дністер / Бурштинська Х. В., Шевчук В. М. // Геодезія, картографія і аерофото-знімання. – 2012. – Вип. 76. – С. 102–110.
- Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління: підручник / [А. В. Яцик, Ю. М. Грищенко, Л. А. Волкова, І. А. Пашенюк]. – К.: Генеза, 2007. – 360 с.
- Горбачова Л. О. Сучасні пріоритети та напрямки гідроекологічних досліджень річкових басейнів / Л. О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. зб. – 2006. – Т. 11. – С. 338–341.
- Куприянов В. В. Использование аэрометодов и спутниковой информации в гидрологических исследованиях / В. В. Куприянов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 96 с.
- Мартин А. Г. Проблемы земельного обеспечения формирования водоохранных зон / Мартин А. Г., Канаш О. П., Покидько І. В. // Землеустрій і кадастр. – 2009. – № 3. – С. 17–28.
- Методика упорядкування водоохоронних зон річок України / Державний комітет України по водному господарству; Український НДІ водогосподарсько-екологічних проблем (УНДІВЕП) / А. В. Яцик (розроб.). – К.: Оріяни, 2004. – 125 с.
- Нова концепція формування водоохоронних обмежень у використанні земель / І. Покидько, А. Мартин // Землепорядний вісник. – 2012. – № 7. – С. 34–40., режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Zv\\_2012\\_7\\_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Zv_2012_7_9.pdf).
- Постанова КМУ “Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру” від 3.08.1998 р. № 1198.
- Самойленко Л. І. Інформаційна технологія моніторингу повеней з використанням даних ДЗЗ / Самойленко Л. І., Колос Л. М., Підгородецька Л. В., Ільєнко Т. В., Власова О. В. // Космічна наука і технологія. – 2009. – Т. 15. – № 3. – С. 50–55.
- Хільчевський В. К. Університетська гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: проблеми сталого розвитку / В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський, Є. Д. Гопченко, М. І. Кирилюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. зб. – 2005. – Т. 7. – С. 9–24.
- Шаблій О. І., Муха Б. П., Гурін А. В., Зінкевич М. В. Води Львівської області. Басейн річки Дністер. – Режим доступу: [http://geoknigi.com/book\\_view.php?id=28](http://geoknigi.com/book_view.php?id=28)
- Шевчук В. Методика дослідження змін деформації русел рік Прикарпатського регіону / Шевчук В. // Геодезія, картографія та аерофото-знімання. – 2009. – Вип. 71. – С. 60–68.
- Яцик А. В. Роль наукових і громадських організацій у підвищенні екологічної свідомості й інформованості населення Карпатського регіону / А. В. Яцик, О. С. Волошкіна // Шляхи розв’язання екологічних проблем Карпатського регіону в контексті спільної діяльності державних установ та громадських організацій: матер. наук.-практ. конф. – 2000. – С. 53–55.
- Яцик А. В. Підтоплення земель в Україні / А. В. Яцик // Вопр. химии и хим. технологии. – 2002. – № 5. – С. 292–295.
- <http://www.geoguide.com.ua>
- <http://pidruchniki.com/1081080650828/bzhd/poveni#830>.

### Моніторинг руслових процесів та повеневих явищ ріки Дністер за космічними зображеннями

Х. Бурштинська, Л. Мовчко, В. Шевчук

Розглянуто основні причини, які викликають зміщення русел рік. Запропоновано технологічну схему дослідження зміщень русла ріки Дністер в межах Львівської області. Для аналізу зміщень русла ріки використано космічні зображення із супутників Landsat 1992, 2001 та 2014 рр. Встановлено, що зміщення русла за 20-річний період на деяких ділянках сягає 300 м. Проаналізовано наслідки паводка в травні 2014 р.

### Мониторинг русловых процессов та паводковых явлений реки Днестр по космическим изображениям

Х. Бурштынская, Л. Мовчко, В. Шевчук

Рассматриваются основные причины, вызывающие русловые смещения. Предложено технологическую схему исследования смещений русла реки Днестр во Львовской области. Для анализа смещений русла реки использовано космические изображения из спутников Landsat 1992, 2001 и 2014 г. Установлено, что смещения русла за 20-летний период на некоторых участках достигает 300 м. Проанализировано последствия паводка в мае 2014 г.

### Monitoring of channel processes and high-flood phenomena of the Dniester River on the space images

H. Burshtynska, L. Movchko, V. Shevchuk

The main causes of river bed displacement. The process flowsheet study displacements river Dniester in the Lviv region. For the analysis of the displacement of the river bed used satellite imagery from Landsat satellites in 1992, 2001 and 2014.