

УДК 528.48+556.5[075.8]

## ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПЕРЕФОРМУВАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДОЛИННО-РУСЛОВОГО РЕЛЬЄФУ РІК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

**Б. Волосецький**

Національний університет “Львівська політехніка”

**Ключові слова:** геодезія, динаміка, переформування, ріка, долинно-руслівий рельєф, паводок.

### Постановка проблеми.

Вивчення процесів динаміки природних об'єктів передбачає періодичні спостереження за зміщеннями певних точок, які відбуваються під дією природних і техногенних факторів. Залежно від виду об'єктів, їх параметрів та характеру діючих факторів ці зміни бувають повільними, як у випадку сучасних рухів земної кори, або достатньо швидкими, як у разі переформувань долинно-русового рельєфу рік чи обвальних-зсувних геологічних процесів.

Визначення кількісних характеристик таких явищ виконують в процесі геодезичного моніторингу, який передбачає спостереження, вимірювання і визначення значень параметрів зміщень точок природних об'єктів у певній системі координат за деякий період часу.

Значні зміни (деформації) морфології долинно-русового рельєфу рік Карпатського регіону відбуваються під дією водних потоків у час проходження паводків з екстремально високими рівнями та великими витратами води. Такі паводки призводять до руйнування інженерних об'єктів та пошкодження господарських комплексів, які функціонально пов'язані з водотоками і розміщені на придолинних ділянках рельєфу.

Під час проходження на ріках екстремальних паводків відбуваються руслоперетворювальні процеси в долинах рік, які проявляються у зміні елементів долинно-русового рельєфу. Оскільки прояви впливу енергії водних потоків відображаються у зміні морфометричних параметрів русла і рельєфу річкової долини, то основними методами визначення елементів переформування долинно-русових морфологій є періодичні геодезичні вимірювання, які забезпечують відповідну детальність і точність визначення цих параметрів.

### Аналіз досліджень і публікацій, що стосуються вирішення цієї проблеми.

Роботи з моніторингу динаміки геологічних та геоморфологічних процесів, зокрема, переформувань долинно-русового рельєфу виконували автори [1–3, 5–7]. Так, у [5] розглядаються гідрологічні аспекти цих явищ, динаміка геоморфологічних процесів аналізується в [6]. Результати геодезичного моніторингу динаміки долинно-русового рельєфу наведено в роботах [1–4]. У роботах [5–7] подано детальний бібліографічний огляд і аналіз впливу природних та техногенних факторів на зміни рельєфу земної поверхні.

Зміни форм долинно-русового рельєфу на ріках Передкарпаття і Закарпаття відбуваються під час проходження екстремальних паводків, які підсилю-

ються антропогенними впливами: суцільними вирубуваннями лісів на схилах гір, розробками руслових кар'єрів, меліорацією у долинах рік. Катастрофічні паводки в Карпатському регіоні зумовлені взаємодією природних та антропогенних факторів. Дослідження деформацій елементів долинно-русового рельєфу багатьох рік Передкарпаття і Закарпаття після проходження екстремальних паводків свідчать про значні горизонтальні переформування, величини яких досягали від 10 м до 100 м і більше, а вертикальні деформації, зокрема, акумуляція гравійно-галькових відкладів – 0,5–2,0 м [6]. Такі зміни положення русел рік і переформування долинно-русових утворень викликані не тільки природними причинами, але, великою мірою, дією антропогенних факторів, зокрема: будівництвом різних споруд на заплавах і в руслі рік, спорудженням водосховищ, ставків, розробленням руслових кар'єрів [5, 6].

Значні деформації русел рік Карпатського регіону відбуваються внаслідок видобування великих об'ємів гравійно-галькових відкладів у руслових кар'єрах. Так, видобування мільйонів кубометрів цих відкладів у руслі р. Стрий протягом багатьох років призвело до розмивання русла і пониження позначок дна в нижній частині ріки на 0,25–0,4 м за рік [6]. Це призвело до руйнування захисно-регулювальних споруд на річці, пошкодження під час паводків багатьох мостів, переходів трубопроводів, підмивання берегоукріплень. Аналогічні деформації відбулись на р. Лімниця, де з тих самих причин розширення русла і пониження дна становило майже 3 м, а на р. Прут ухил дна на деяких ділянках збільшився в 1,5 рази. Подібні процеси спостерігаються і на інших ріках Карпатського регіону.

Незворотні деформації долинно-русових морфологій спостерігаються на ріці Бистриця Надвірнянська [6], де поглиблення русла досягло 2 м і більше. Переформування руслового рельєфу спостерігались на цій річці в межах Івано-Франківська, де відбувались розмиви дна ріки і горизонтальні переміщення русла в межах заплави. Крім переформувань руслових форм, пов'язаних з ерозією (розмиванням), спостерігається акумуляція наносів. Акумуляція наносів є наслідком винесення малими притоками рік матеріалу, змитого зі схилів ділянок, розораних полів, ярів тощо. Аналогічні зміни долинно-русового рельєфу спостерігаються і на ріках Закарпаття: Тиса, Тересва [2–4].

### Постановка завдання

Величини деформацій елементів долинно-русового рельєфу можна визначити за результатами періодичних геодезичних спостережень – моніторингу просторового

положення точок морфоутворень у фіксованій системі координат. Моніторинг переміщень точок земної поверхні передбачає інструментальні вимірювання компонент зміни просторового положення точок рельєфу у конкретній геодезичній системі спостережень. Величини переміщень відповідних точок визначають у процесі інструментальних спостережень, які проводять через певні часові інтервали.

Положення якої-небудь точки  $M$  земної поверхні можна задати координатами  $X, Y, Z$ . Для деякого моменту спостережень  $T_1$  положення точки буде  $M_1(x_1, y_1, z_1)$ . В результаті деформаційних переміщень в момент  $T_2$  точка  $M$  зміститься в положення  $M_2(x_2, y_2, z_2)$ , де

$$x_2 = x_1 + \Delta x; \quad y_2 = y_1 + \Delta y; \quad z_2 = z_1 + \Delta z. \quad (1)$$

Отже, для визначення величин зміщень  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  точок земної поверхні необхідно проводити повторні (з певним часовим інтервалом) геодезичні вимірювання просторового положення цих точок. Однозначне визначення зміщень можливе тільки у фіксованій системі координат, положення вихідних пунктів якої зберігається незмінним протягом усіх періодів (циклів) спостережень.

#### Виклад основного матеріалу

За результатами досліджень динаміки долинно-руслового рельєфу на ріках Карпатського регіону, зокрема на ріках Стрий, Свіча, Тиса, Тересва [1–3], можна зробити висновок, що внаслідок проходження екстремальних паводків відбуваються значні переміщення (меандрування) русел рік у межах річкової долини. Крім того, внаслідок бокової та донної ерозії, а також процесів перенесення та акумуляції донних відкладень спостерігаються значні деформації та переформування морфоутворень долинно-руслового рельєфу.

За даними моніторингових досліджень ерозійних процесів на р. Стрий у 2003 та 2011 роках виявлено значні руйнування берегової частини русла ріки та розмивання дна русла, викликані проходженням інтенсивного паводка у 2008 р. Ці процеси супроводжувалися перенесенням гравійно-галькових відкладень у нижню частину русла ріки. За приблизними оцінками, за період 2003–2011 рр. з досліджуваної ділянки завдовжки 3 км змито приблизно 1,5 млн. м<sup>3</sup> гравійно-галькової породи. Одним із факторів, що сприяє процесам ерозії і переміщенню цих відкладів, може бути розроблення гравійно-галькових кар'єрів у нижній частині русла і заплави р. Стрий.

Геодезичний моніторинг динаміки долинно-руслового рельєфу р. Тиса під дією паводків проведено на ділянці між населеними пунктами Вилок і Гегиня Закарпатської області [1]. Геодезичні вимірювання виконано на відрізку ріки завдовжки понад 20 км, де розмічено сорок один поперечний профіль.

Основою для моніторингових досліджень слугували опорні планово-висотні ходи, пункти яких були закладені на право- і лівобережній дамбах обвалування річкової долини. Планову основу створено ходами полігонометрії першого розряду згідно з вимогами [8]. Всі пункти

планової основи закріплено центрами тривалого зберігання У15Н. Вихідними пунктами для мережі полігонометрії були пункти ДГМ та пункти GPS 2–4 класів. Висоти реперів визначено нівелюванням IV класу. Вихідними для висотних мереж були існуючі пункти нівелювання II–III класів.

Для визначення величин і характеру переформувань елементів долинно-руслового рельєфу проводились повторні геодезичні спостереження. Вимірювання виконано на поперечних профілях (морфостворах), довжини яких були в межах 0,5–2,0 км і які спиралась на реperi магістральних планово-висотних ходів. На морфостворах були розмічені пікети, через 100 м, і плюсові точки.

Знімальною основою для дослідження зміни планового положення рельєфних точок були теодолітні ходи, прокладені вздовж морфостворів, які спиралась на пункти полігонометрії. Висоти пікетних та плюсових точок визначено технічним нівелюванням підвищеної точності (допустимі нев'язки не перевищували 30 мм  $\sqrt{L}$ , де  $L$  – довжина ходу в кілометрах).

Глибини дна русла ріки проміряли за допомогою спеціальної рейки, а планове положення промірних точок визначали створно-лінійним способом. Для неглибоких ділянок руки використовували електронний тахеометр.

Зміни обрисів русла ріки і морфотформ долинно-руслового рельєфу відбуваються під дією водних потоків під час проходження інтенсивних паводків. Інтенсивні паводки спостерігались у 2001 та 2008 роках. На рис. 1 наведено фрагмент карти, укладеної в масштабі 1:10000, на якому показано положення поперечних профілів та зміни положення русла ріки Тиса (до паводка – світлий колір, після паводка – темний). У роботі [1] досліджено величини і напрямки меандрування русла ріки. За результатами геодезичних вимірювань укладено поперечні профілі на відповідних морфостворах. Аналіз зміни висот точок рельєфу і дна русла ріки до і після паводків дає змогу оцінити величини деформацій елементів долинно-руслового рельєфу. Характеристичними величинами можна вважати зміни положення русла ріки. Такі зміни положення осі русла відбулись майже на усіх досліджуваних ділянках і досягли величини 100–400 м.

Важливі параметри можна визначити із поздовжнього профілю ріки, укладеного за даними промірів глибин русла і спостережень за характеристиками водних потоків паводків. Такий узагальнений поздовжній профіль укладено для досліджуваної ділянки р. Тиса (рис. 3). На профілі показано висоти дна, урізу води, позначки гребеня правобережної та лівобережної захисних дамб на 2009 р., визначених із геодезичних вимірювань. Наведено також висоти рівня води під час паводка 2001 р. і розрахункові висоти рівня води для паводка 1 % забезпеченості. Аналіз наведених даних на поздовжньому профілі дає підстави зробити висновок про імовірність затоплень відповідних ділянок території під час проходження паводків різної інтенсивності.



Рис. 1. Фрагмент плану річкової долини р. Тиса

Моніторингові дослідження змін морфології долинно-руслів р. Свіча, притоки Дністра, спричинених дією водних потоків під час проходження паводка 2008 р., проведено у 2010 р. Геодезичні вимірювання проводились на ділянці ріки завдовжки близько 30 км на 70 поперечних профілях (морфостворах) [2]. Основою інструментальних спостережень слугували магістральні планово-висотні ходи, прокладені по обох берегах ріки. Вимірювання виконувались згідно з нормативними вимогами до полігонометрії другого розряду. Всі пункти полігоно-

метрії закріплені центрами тривалого зберігання типу У15Н, висоти реперів визначали нівелюванням IV класу.

Переформування елементів рельєфу русла і річкової долини досліджували на розмічених поперечних профілях (морфостворах), які спирались на реperi магістральних ходів, розташованих на право- і лівобережних дамбах обвалування. Довжини морфостворів сягають від 05 до 1,3 км. На поперечних профілях розмічено пікети через 100 м., а характерні точки рельєфу зафіксовано плюсовими точками. Всі пункти на морфостворах закріплено тимчасовими знаками. Вздовж морфостворів прокладено теодолітні ходи, для знімання ситуації, а висоти всіх рельєфних точок визначено із нівелювання. Поперечні профілі русла ріки визначено із промірних робіт. Попередній цикл спостережень на р. Свіча був проведений протягом 2000–2005 років.



Рис. 2. Фрагмент плану річкової долини р. Свіча

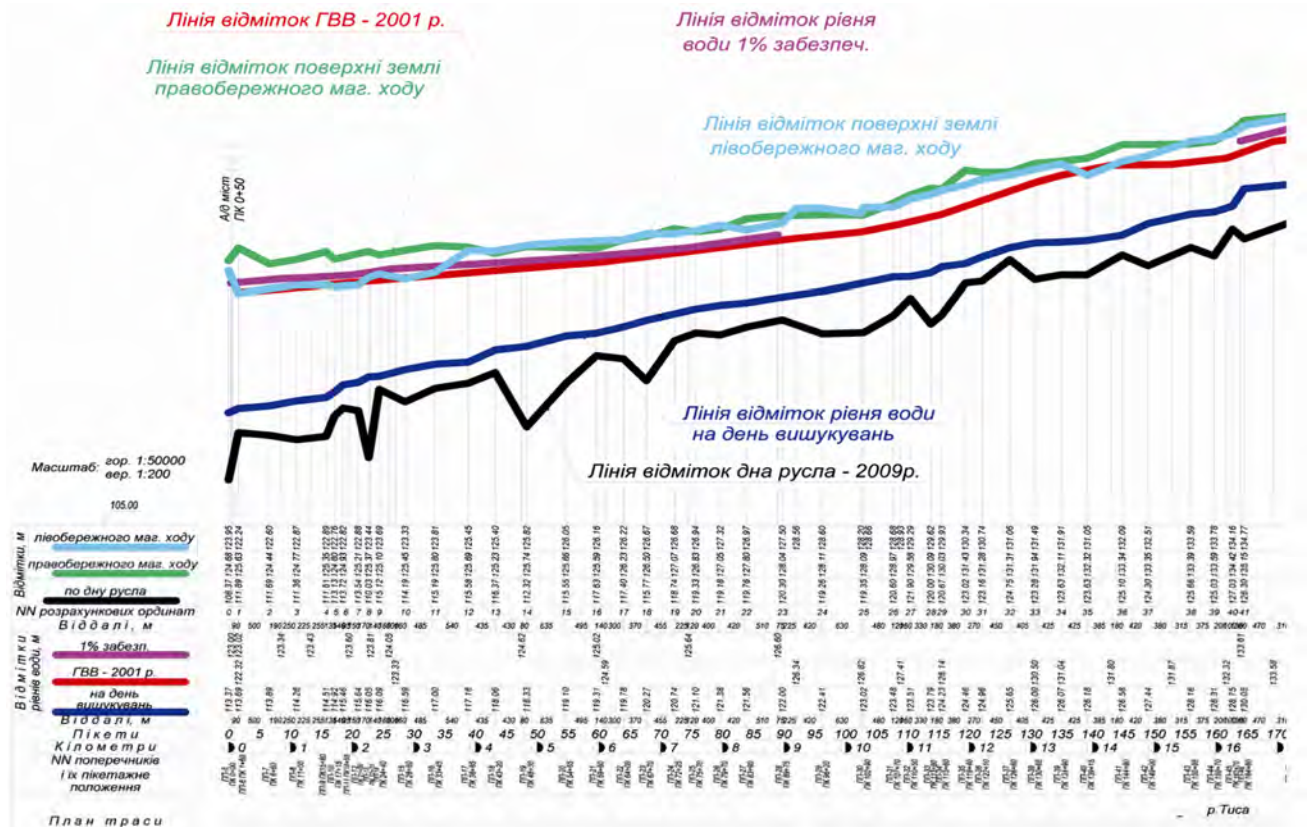


Рис. 3. Поздовжній профіль р. Тиса на досліджуваній ділянці

На рис. 2 наведено фрагмент плану річкової долини р. Свіча, укладеного в масштабі 1:5000, на якому чітко видно переміщення (меандрування) русла ріки. Величини зміщень русла, в середньому, досягають 100–300 м [2].

### Висновки

За даними моніторингових спостережень та результатами їх опрацювання виявлено значні зміни в положенні русел рік Карпатського регіону після проходження паводків. Аналіз одержаних результатів, зокрема поперечних та поздовжніх профілів, дає підстави зробити висновки про наявність повененебезпечних ділянок на прируслових територіях.

### Література

1. Волосецький Б.І. Дослідження динаміки долинно-руслового рельєфу під дією паводків на р. Тиса / Волосецький Б.І., Зубач В.М. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2011. – Вип. 1 (20). – С. 121–124.
2. Волосецький Б.І. Моніторинг змін долинно-руслового рельєфу під дією паводків на р. Свіча / Волосецький Б.І., Зубач В.М. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів. – 2012. – Вип. 1 (21). – С. 140–145.
3. Волосецький Б.І. Геодезичний моніторинг динаміки долинно-руслового рельєфу рік Карпатського регіону / Волосецький Б.І., Якушев А.І., Зубач В.М. // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Львів. – 2010. – Вип. I(19). – С. 154–159.
4. Волосецький Б.І. Деякі аспекти геодезичного забезпечення моніторингу руслового режиму рік Карпатського регіону // Геодезія, картографія та аерофотознімання: міжвід. наук.-техн. зб. – Львів. – 2004. – Вип. 64. – С. 24–28.
5. Каганов Я.І. Русловые переформирования при регулировании рек горно-передгорной зоны. – Львів: Вища школа, 1981. – 120 с.
6. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. – Львів, НАН України, 1997.
7. Якушев А. Геоморфологічний моніторинг стоку річок басейну р. Тиси і її приток / А. Якушев,

В. Зубач, Т. Мельник. – Рівне: Волинські обереги, 2009. – 64 с.

8. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. – К.: ГКНТА-2.04-02-98, 1999. – 156 с.

### Геодезичний моніторинг переформувань елементів долинно-руслового рельєфу рік Карпатського регіону

Б. Волосецький

Розглянуто результати моніторингових робіт із дослідження переформувань долинно-руслового рельєфу рік Карпатського регіону. За результатами повторних геодезичних спостережень виявлено зміни положення русел рік та деформацій морфотипів рельєфу річкових долин внаслідок проходження паводків. Виявлено величини переміщень положення русел рік та наявність повененебезпечних ділянок.

### Геодезический мониторинг переформирований элементов долинно-руслового рельефа рек Карпатского региона

Б. Волосецкий

Рассмотрены результаты мониторинговых работ по исследованию переформирований долинно-руслового рельефа рек Карпатского региона. По результатам повторных геодезических наблюдений выявлены изменения положения русел рек и деформации морфотипов речных долин вследствие прохождения паводков. Определены величины перемещений положения русел рек и наличие паводкоопасных участков.

### Geodetic monitoring of the rivers valleys changing in the Carpathians region

B. Volosetskyy

The results of the geodetic monitoring of the rivers valley-relief changing in Carpathian region is considering. The repeated geodetic observations reveal the displacements of rivers valleys and its deformation due to freshets. The displacements of the river valleys and positions of potentially hazardous freshets are determined.

 <p>information from imagery</p>		<p>Joint International Conference on Geospatial Theory, Processing, Modeling and Applications</p> <p>6-8th October 2014, Toronto, Canada</p>	
<p><a href="http://www2.isprs.org/2014GeoTPMA/home">www2.isprs.org/2014GeoTPMA/home</a></p>			