

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДИНАМІКИ ДОЛИННО-РУСЛОВОГО РЕЛЬЄФУ РІК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

Б. Волосецький

Національний університет “Львівська політехніка”,

А. Якушев, В. Зубач

ДПРІ “Львівдіпроводгосп”

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

Постановка проблеми

Функціонування низки важливих інженерних об'єктів (гідроелектростанцій, водозаборів, гребель, мостових переходів, переходів трубопроводів тощо) пов'язано із водотоками Карпатського регіону. Проектування таких інженерних споруд передбачає детальні дослідження режиму стоку рік, вивчення їх морфометричних та гідрологічних характеристик з метою прогнозування можливих руслових процесів, переформування долинно-руслового рельєфу, деформації русел і берегів.

Проходження паводків з екстремально високими рівнями та витратами вод супроводжується руслоперетворювальними процесами. При цьому відбуваються серйозні порушення функціонування та навіть руйнування господарських об'єктів, підтоплення значних територій, що призводить до деградації земельних ресурсів, втрат сільськогосподарської продукції, руйнування мостів, доріг, будівель, споруд тощо.

Переформування долинно-руслового рельєфу відбувається під впливом природних факторів – екстремальних паводків і повеней. Підсилюють дію природних явищ техногенні причини – розробки руслових кар'єрів, вирубування лісів, меліорація, а також наслідки надзвичайних ситуацій: прориви гребель, аварійні скидання промислових та дренажних стоків тощо. Такі процеси можуть призводити до значних пошкоджень та аварій інженерних споруд, пов'язаних з водотоками та руйнувань прибережних ділянок.

Для вивчення характеристичних даних про режим стоку, гідрологічних параметрів водотоків та змін морфометричних характеристик необхідні роботи з моніторингу основних водних артерій Карпатського регіону.

Оскільки наслідки проявів відної стихії відображаються в зміні морфометричних параметрів русла і рельєфу річкової долини, то основними методами визначення елементів деформації руслових формуваль є геодезичні вимірювання,

оскільки вони забезпечують відповідну точність вимірювань і можливість оцінки точності досліджень. Забезпечення надійного функціонування об'єктів господарського комплексу, розташованих на водотоках, неможливе без прогнозних оцінок, які можна зробити на підставі закономірностей розвитку долинно-руслівих геоморфосистем і загальних змін стану довкілля.

Аналіз досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Процеси, пов'язані з переформуваннями долинно-руслового рельєфу та деформаціями руслових утворень, досліджувались багатьма вченими, зокрема гідрологічні питання детально розглянуто в [6], геоморфологічні процеси – в [7], там також наведено обширний бібліографічний огляд і аналіз стану питання. Деякі аспекти проблеми розглянемо нижче.

Значні переформування руслових утворень на ріках Передкарпаття і Закарпаття відбуваються під час екстремальних паводків, які підсилюються антропогенними впливами: суцільними вирубуваннями лісів на схилах гір, розробками руслових кар'єрів, меліорацією в долинах рік. Катастрофічні паводки в Карпатському регіоні зумовлені взаємодією природних та антропогенних факторів. Дослідження змін долинно-руслового рельєфу багатьох рік Передкарпаття і Закарпаття [5, 6] після проходження катастрофічних паводків свідчать про значні горизонтальні переформування, величини яких досягали від 1,5 м до 40 м, а вертикальні деформації, зокрема акумуляція гравійно-галювкових відкладів досягла 0,2–0,5 м і більше.

Крім безпосередніх причин, таких як паводки і повені, на деформацію русел рік і переформування долинно-річкових утворень впливають антропогенні фактори, зокрема: регуляційні заходи та будівництво різних споруд на заплавах і в руслі рік; водозабір поверхневих і підземних вод, скидання промислових і дренаж-

них стоків; розроблення руслових кар'єрів з видобування гравійно-галькових відкладів; меліоративні роботи в заплавах рік; будівництво водосховищ, ставків, каналів тощо [6, 7].

Видобування значних об'ємів гравійно-галькових відкладів у руслових кар'єрах призвело до значних деформацій русел рік Карпатського регіону. Так, видобування мільйонів кубометрів цих відкладів в руслі р. Стрий протягом багатьох років призвело до розмивання русла і пониження висот дна в нижній частині ріки на 0,25–0,4 м в рік [7]. Як наслідок, відбулось руйнування захисно-регулюючих споруд на річці, пошкодження під час паводків багатьох мостів, переходів трубопроводів, підмивання берегоукріплень.

Аналогічні прояви деформацій спостерігались на р. Лімниця, де з тих самих причин розширення русла і пониження дна становило 3 м, на р. Прут ухил дна збільшився в 1,5 раза [7]. Такі самі закономірності спостерігаються і на інших ріках Карпатського регіону. Прикладом такого розвитку необоротних деформацій руслових утворень може бути профіль ріки Бистриця Надвірнянська [7], де поглиблення русла досягло 2 м і більше. Значні зміни долинно-руслового рельєфу спостерігались на цій річці в межах Івано-Франківська [7], де відбувались розмиви дна ріки і горизонтальні переформування рельєфу в межах заплави, величини яких досягли декількох метрів.

Значний вплив на зміну долинно-руслового рельєфу, крім переформувань руслових форм, пов'язаних з ерозією (розмиванням), має акумуляція наносів. Акумуляція наносів відбувається внаслідок винесення малими притоками рік матеріалу, змитого із схилів ділянок полів, ярів та розораних полів.

Постановка завдання

Дослідження руслових процесів та деформацій долинно-руслового рельєфу рік Карпатського регіону [1, 2, 5], зокрема після катастрофічних паводків, свідчать про значні горизонтальні переформування, величини яких за період одного паводка, досягали метрових значень, а вертикальні зміни, зокрема акумуляція гравійно-галькових відкладів досягла 0,2–0,5 м і більше.

Величини деформацій долинно-руслового рельєфу визначають за допомогою періодичних геодезичних спостережень – моніторингу просторового положення морфоутворень у фіксованій системі вимірювань. Для одержання відповідних результатів необхідний аналіз методики геодезичних вимірювань та опрацювання результатів із застосуванням комп'ютерних технологій.

Для визначення величин деформацій необхідна методика, яка дала б змогу використати комп'ютерні технології. У системах спостережень, що складаються із закріпленого магістрального ходу і поперечних створів, для обчислення величин деформацій можна використовувати цифрову модель рельєфу піврегулярного типу [3, 4]; коли зміни висот в загальному вигляді можна визначити із формули:

$$\Delta H^{j,j+1}(x_i, y_i) = H^{j+1}(x_i, y_i) - H^j(x_i, y_i), \quad (1)$$

де $\Delta H^{j,j+1}(x_i, y_i)$ – деформація i -ї точки за період спостережень $j, j+1$; $H^j(x_i, y_i), H^{j+1}(x_i, y_i)$ висоти i -ї точки в періоди спостережень j і $j+1$.

Отже, для визначення величин деформацій морфотформ долинно-руслового рельєфу необхідні вимірювання висот дна ріки і заплави в точках, планове положення яких, як і висотне, визначається геодезичними методами. Залежно від гідрологічних параметрів та розмірів водотоку і топографічних характеристик місцевості використовують відповідні методи промірних робіт [4].

Виклад основного матеріалу

Небезпечними відносно проявів бокової і донної ерозії є ріки Закарпаття, особливо р. Тересва, яка є правою притокою р. Тиса, і яка була об'єктом моніторингу протягом 1998–2006 років. У листопаді 1998 р. та березні 2001 р. на р. Тересва спостерігались катастрофічні паводки, в результаті проходження яких відбулись значні переформування елементів долинно-руслового рельєфу. Основні геодезичні роботи, за результатами яких вивчалась динаміка долинно-руслових форм р. Тересва, виконані у 1998 та 2004 роках.

У 1998 р. здійснені топографічні знімання русла та прибережної території на ділянці Дубове – Тересва завдовжки понад 30 км. На рис. 1 наведено фрагмент топографічного плану ділянки ріки. На план нанесено долинно-руслову ситуацію і рельєф за 1998 р., які показано світло-сірими тонами. Поверх цієї підоснови нанесено руслові морфотформи, які отримано в 2004 р., після паводка, що відбувся у березні 2001 р. Ці дані одержано за результатами геодезичних вимірювань у 2004 р.

На планах чітко прослідковуються зміни руслової ситуації та переформування долинно-руслових морфотформ. Меандрування русла на багатьох ділянках ріки відбувається з великою амплітудою в горизонтальній площині. У вертикальному плані величини переформувань мають дещо менші розміри.

Для оцінки кількісних характеристик зміни морфометричних параметрів було опрацьовано результати промірних робіт, виконаних на 78 поперечних профілях.

Промірні роботи виконувались у фіксованій системі спостережень на ділянці ріки довжиною близько 30 км. Результати польових спостережень 1998 і 2004 років дали можливість оцінити величини переформувань руслових утворень за цей період. Промірні роботи і вимірювання в опорній мережі виконувались за методикою, що відповідає нормативним вимогам [3, 4].

Система спостережень складалась із магістрального планово-висотного ходу, закріпленого постійними знаками і поперечних морфостворів, ув'язаних із опорними знаками магістрального ходу. Координати точок магістрального ходу визначались за програмою полігонометрії 2 розряду ($m_{\beta} = 1/5000$; $m_{\beta} = 20''$), висоти одержано із нівелювання IV класу.

Промірні роботи провадились вздовж фіксованих морфостворів, закріплених по нормалі до осі потоку, і віддалених один від одного в середньому від 200 до 500 м. Промірні створи були прокладені між берегами у межах лінії затоплення високими водами і закріплені на обидвох берегах. Віддалі від опорних точок початку морфоствору до поточних точок вимірювались вздовж закріпленого створу по розміченому тросу з точністю 1–2 см, перевищення визначались з точністю до 1 см. Граничні похибки лінійних вимірювань не перевищували 5 см, висотних – 2 см.

Методика опрацювання і числові значення деформацій наведено в [1]. Величини деформацій обчислювались на основі формули (1). За результатами обчислень можна зробити висновки, що у верхній частині русла ріки спостерігаються процеси розмивання дна і берегів та заплави ріки, а у нижній частині – процеси акумуляції наносів. За даними обчислень [1] максимальні амплітуди досягають значень 1,5–1,8 м.

У табл. 1, 2, 3 наведено узагальнені результати процесів переформування долинно-руслових морфостворів на трьох поперечних профілях у нижній частині течії ріки. Спостерігаються чергування явищ розмивання і намівання наносів вздовж поперечних профілів. Амплітуди морфотворювальних процесів у вертикальних координатах досягають значень від 0,1 до 1,8 м. В горизонтальній площині довжини елементів переформувань дорівнюють 50–250 м, а поперечні максимальні розміри цих морфостворів сягають 90 м.

Результати геодезичного моніторингу за процесами переформування долинно-руслових морфостворів опрацьовані на трьох ділянках ріки Тересва. Результати геодезичних вимірювань на поперечних профілях слугували вихідними даними для обчислення об'ємів алювію, змитого або намитого на ділянках у нижній, середній і верхній частині ріки. За результатами цих обчислень у верхній частині досліджуваної ділянки ріки переважає розмивання, у нижній частині домінують процеси акумуляції. В середній частині наявні явища і розмивання, і акумуляції наносів.

Таблиця 1

Величини деформацій долинно-руслових форм рельєфу на ділянці морфоствору 3

N точок на морфостворі	Віддалі від початку морфоствору, м	Розмір ділянки деформації, м	Діапазон амплітуд деформації, м	Знак деформації	Характер руслового процесу
2–7	10–35	25	0,84–1,82	–	Розмивання
8–16	40–80	40	0,30–1,64	+	Намівання
20–31	100–155	55	0,22–1,81	+	Намівання
32–33	160–165	5	0,32–0,8	–	Розмивання
34–50	170–250	80	0,20–1,93	+	Намівання

Таблиця 2

Величини деформацій долинно-руслових форм рельєфу на ділянці морфоствору 6

N точок на морфостворі	Віддалі від початку морфоствору, м	Розмір ділянки деформації, м	Діапазон амплітуд деформації, м	Знак деформації	Характер руслового процесу
3–9	15–45	30	0,16–1,56	+	Намівання
11–13	55–65	10	0,12–0,88	–	Розмивання
14–24	70–120	50	0,50–1,16	+	Намівання
25–33	125–165	40	0,12–0,88	–	Розмивання
34–36	170–180	10	0,08–0,34	+	Намівання
37–41	185–205	20	0,40–1,04	–	Розмивання
42–44	210–220	20	0,40–0,60	+	Намівання
45–46	225–230	5	0,35–0,60	–	Розмивання
47–50	235–250	15	0,07–1,32	+	Намівання

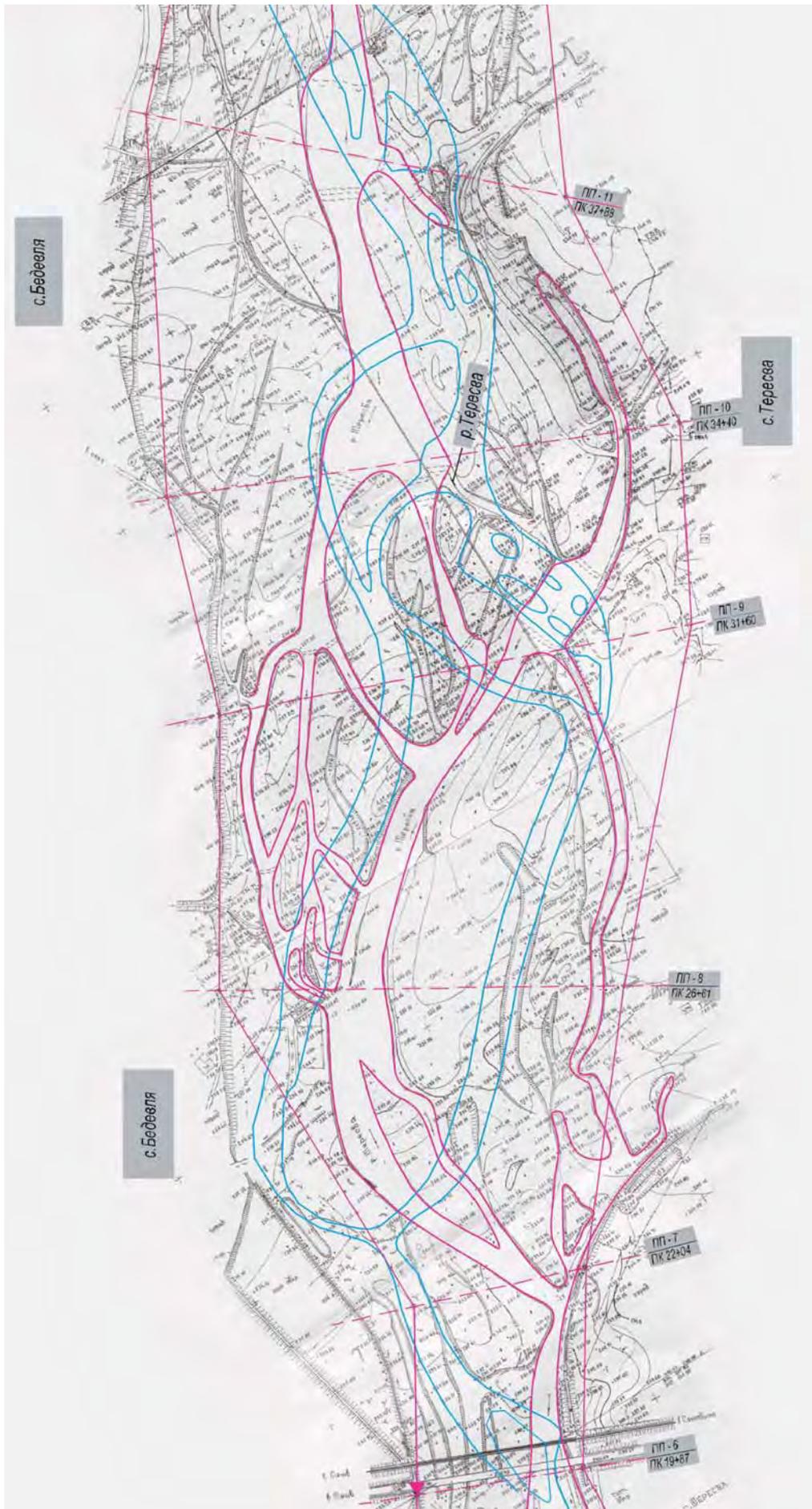


Рис. 1. План ділянки ріки Тересва

Величини деформацій долинно-руслених форм рельєфу на ділянці морфоствору 7

№ точок на морфостворі	Віддаль від початку морфоствору, м	Розмір ділянки деформації, м	Діапазон амплітуд деформації, м	Знак деформації	Характер руслового процесу
3–5	15–25	10	0,13–0,22	–	Розмивання
6–12	30–60	30	0,11–1,21	+	Намивання
13–14	65–70	5	0,14–0,40	–	Розмивання
15–29	75–145	70	0,18–1,66	+	Намивання
30–48	150–240	90	0,34–1,68	–	Розмивання

Висновки

Протягом 1998–2006 років провадились роботи з моніторингу динаміки долинно-руслового рельєфу ріки Тересва. Після проходження паводків 1998–2001 років спостерігались значні переформування руслових морфостворів. За даними геодезичних вимірювань визначено величини розмивань та намивань у створах поперечних профілів, розташованих на ділянці ріки від с. Дубового до смт. Тересва.

Спостерігаються процеси розмивання у верхній частині досліджуваної ділянки ріки і акумуляції наносів у нижній пригірловій частині.

Література

1. Волосяцький Б.І., Зубач В.М. Вивчення динаміки долинно-руслених морфостворів рік Карпатського регіону // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип. 1(15), Львів, 2008. – С. 226–231.
2. Волосяцький Б.І. Геодезичні методи дослідження динаміки долинно-руслених морфостворів рік Карпатського регіону // Геодинаміка 1(5), Львів, 2006.
3. Волосяцький 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.
4. Волосяцький Б. Інженерна геодезія. – Львів, 2003. – С. 143.
5. Волосяцькей Б.І., Каганов Я.І. Использование морфометрических зависимостей, определяемых из геодезических наблюдений для прогноза русловых деформаций // Геодезія, картографія та аерофотознімання: Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів, 1986. – Вип. 43. – С. 10–15.
6. Каганов Я.І. Русловые переформирования при регулировании рек горно-передгорной зоны. – Львів: Вища школа, 1981.

7. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. – Львів: НАН України, 1997.

Геодезичний моніторинг динаміки долинно-руслового рельєфу рік Карпатського регіону

Б. Волосяцький, А. Якушев, В. Зубач

Розглядаються зміни морфостворів долинно-руслового рельєфу рік Карпатського регіону внаслідок водної ерозії. За результатами геодезичних вимірювань у фіксованій системі спостережень визначено величини розмивання та акумуляції річкових відкладень р. Тересва, Закарпатської області.

Геодезический мониторинг динамики долинно-руслового рельефа рек Карпатского региона

Б. Волосяцкий, А. Якушев, В. Зубач

Рассматриваются изменения морфостворов долинно-руслового рельефа рек Карпатского региона вследствие водной эрозии. По результатам геодезических измерений в фиксированной системе наблюдений получены величины размыва и аккумуляции речных отложений р. Тересва, Закарпатской области.

Geodesic monitoring of dynamics of valley-river-bed relief rivers of region of Carpathians

B. Voloseckiy, A. Yakushev, V. Zubach

The changes of morpho-shaped of valley-river-bed relief of the rivers of region of Carpathians are examined because of water erosion. On results the geodesic measurings at the sizes of washing away and accumulation of river deposits Teresva are got the fixed system of supervisions, to the Zakarpatskoy area.