

ДЕЯКИ АСПЕКТИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ РУСЛОВОГО РЕЖИМУ РІК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

© Волосецький Б.І., 2004.

Проведение работ по мониторингу режима стока и русловых процессов рек Карпатского региона обуславливает увеличение объемов геодезических измерений в соответствующих системах наблюдений.

Рассмотрены вопросы методики и детальности русловых съёмочных работ, а также точности получаемых результатов. Предлагается применение цифровых моделей местности для определения величин деформаций речных долин и русловых образований.

Conducting of works on monitoring of the mode of flow and river-bed processes of rivers of the Carpathians region stipulates the increase of volumes of the geodesic measuring in the proper systems of supervisions. We will consider the questions of method and detailed of the river-bed shooting, and also exactnesses of the got results. Application of digital models of locality for determination of sizes of deformations of river valleys and river-bed educations is offered.

Постановка проблеми. Для проектування інженерних і господарських об'єктів, пов'язаних з використанням водних ресурсів, зокрема водотоків, (водосховища, водозабори, греблі, берегоукріплювальні споруди, мостові переходи трубопроводів тощо) необхідні дані про морфологічні та гідрологічні характеристики і режим стоку цих об'єктів. Під час повеней і паводків, які особливо часто спостерігаються на ріках передгірської частини Закарпаття і Передкарпаття, крім прямого впливу водної стихії – затоплення і підтоплення значних територій, як наслідок цих явищ, відбуваються переформування і деформації річкових долин і руслових утворень. Ці процеси приводять до значних деформацій і пошкоджень інженерних споруд, пов'язаних із водотоками та руйнування прибережних ділянок.

Для вивчення характеристик гідрологічного режиму водотоків цього регіону проводяться масштабні роботи з моніторингу основних водних артерій регіону, зокрема рік Тиса і Дністер та їх притоків. Завданням цих робіт є вивчення морфометричних характеристик водотоків і річкових долин, динаміки рівнів і витрат води, величини водного стоку з басейнів цих річок, дослідження процесів деформацій річкових долин і руслових формувань та їх вплив на прилеглі господарські та інженерні об'єкти.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Для проведення робіт з моніторингу руслового режиму рік Карпатського регіону, які мають важливе природоохоронне та господарське значення, необхідно розробити і проаналізувати методику їх геодезичного забезпечення.

Аналіз досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми. Процеси, пов'язані із деформаціями і переформуваннями річкових долин і русел досліджувало багато вчених – гідрологів, зокрема огляд таких робіт приведено в [5]. Питання геодезичного забезпечення і методики геодезичних вимірювань для одержання даних про величини деформацій розглянуто в [2,3,5] та інших роботах даних авторів.

Невирішені частини загальної проблеми. У зв'язку із проведенням робіт з моніторингу рік Карпатського регіону для прогнозування впливу руслових процесів на довкілля та інженерно-господарські об'єкти виникає необхідність аналізу методики геодезичних вимірювань із застосуванням сучасних підходів та одержання вихідних даних із застосуванням комп'ютерних технологій.

Постановка завдання. Згідно з нормативними вимогами для проектування регуляційних, берегоукріплювальних та інших водозахисних споруд, гідротехнічних і транспортних об'єктів на водотоках необхідно мати дані про можливі величини руслових деформацій, зміни живих перерізів русел рік в створах цих об'єктів, морфометричні параметри річкових долин тощо.

Розрахунки деформацій русел рік можна виконати, використовуючи відомі співвідношення гідродинаміки. Для рік передгірських зон безпосередню деформацію в розрахунковому створі за період руслоутворення можна описати рівнянням [3,5]:

$$\Delta Z = \frac{m}{\gamma_H (1 - E)} \frac{dH}{dX} \int_{t_n}^{t_k} \Phi_Z dt, \quad (1)$$

де ΔZ – середня деформація за період часу $t_n - t_k$; m – постійний для даного створу коефіцієнт; γ_H – питома вага наносів; E – коефіцієнт пористості даних відкладень; H – середня глибина потоку в заданому створі; X – повздовжня координата потоку; $\Phi_Z = R_T/w$;

R_T – масові витрати тягнених потоком насосів; X – повздовжня координата потоку; $\Phi_Z = R_T/w$, R_T – масові витрати тягнених потоком насосів; w – площа живого перерізу потоку.

Розрахунку розмірів руслових деформацій в фіксованих створах водотоку повинні передувати визначення з польових вимірювань функції глибини $H(x, y)$, живого перерізу $w(z)$, ширини водної поверхні $B(z)$, які одержують геодезичними методами. Значення функції $Q_s(t)$ і $H(x, y)$ вираховують виходячи з графіка зміни витрат води в часі (гідрографа $Q_s(t)$) за період паводку, кривих відповідних рівнів у фіксованих створах і гідравлічних ухилів.

Морфометричні залежності, що визначають характеристики руслового процесу, обчислюють за даними руслових знімачів та помірних робіт. Крім планів із зображенням руслової ситуації та конфігурації дна в ізолініях глибин безпосередньо із спостережень необхідно скласти профілі поперечних перерізів русла в фіксованих створах.

Деформації річкових долин і руслових утворень визначають із моніторингових, тобто повторюваних геодезичних вимірювань у фіксованих системах спостережень. При цьому детальність і точність вимірювань

у фіксованих системах спостережень. Детальність і точність вимірювань залежать від призначення знімань, важливості інженерно-господарського об'єкту, ступеня екологічної безпеки тощо.

В загальному випадку деформацію в будь-якій точці промірного профілю можна визначити за формулою [2]:

$$\Delta Z_n^{j,j+1} = Z_n^{j+1} - Z_n^j, \quad (2)$$

де $\Delta Z_n^{j,j+1}$ - величина деформації в n -й точці створу, що обчислюється за результатами вимірювань в j та $j+1$ -му циклах; Z_n^{j+1} , Z_n^j - висоти (ординати) точки n в j та $j+1$ -му циклах.

Деформація точок русла водотоку чи руслових утворень визначається як зміна її висотного положення, а в плані дана точка фіксується координатами x, y . Для опрацювання результатів натурних спостережень з використанням комп'ютерних технологій використовується цифрова модель рельєфу піврегулярного типу. Положення точки створу, для якої визначають деформацію, записують такою формулою:

$$\Delta Z^{j,j+1}(x, y) = Z^{j+1}(x, y) - Z^j(x_n, y_n), \quad (3)$$

де x_n, y_n - планові координати точки N .

Під час польових вимірювань для всіх циклів спостережень система створів на ділянці досліджуваного водотоку є фіксованою, а положення промірних точок у кожному циклі – довільним. Тому для визначення деформації $\Delta Z^{j,j+1}(x_n, y_n)$ виникає необхідність апроксимації в кожному створі аналітичною залежністю $Z(x, y)$ з наступною видачею вихідної інформації у фіксованих точках вздовж створу (по осі y) для кожного із циклів спостережень.

Планово-висотна основа руслових знімань створюється магістральним ходом із суміщенням планових і висотних точок, який прокладається по одному з берегів і точки якого закріплені знаками довготривалого зберігання. Проміри глибин проводять в фіксованих створах, закладених по нормалі до осі потоку і закріплених створними знаками на обидвох берегах. Створні знаки прив'язуються до системи знаків магістрального ходу. Планова і висотна прив'язка знаків закріплення створів виконується прийнятими геодезичними методами [4].

Визначення планового положення промірних точок здійснюється полярним способом або промірами вздовж розміченого натягнутого троса. Висотне положення точок дна в промірному профілі визначається ехолотом при значних глибинах або промірами з допомогою гідрометричної штанги (рейки) – для глибин до 5м.

Моніторинг водних об'єктів передбачає повторне знімання річкової долини або її заплавної частини та проміри глибин у фіксованих створах. Точність визначення положення опорних і контурних точок в топографічних зніманнях задається нормативними документами або спеціальними розрахунками. Так точність визначення положення опорних точок становить 0,2мм, а контурних точок – 0,5мм в масштабі плану [4].

Руслові знімання для моніторингу рік виконуються в масштабі 1 : 1000. Тоді планове положення опорних точок слід було б визначати з похибкою 0,2м, а контурних чи промірних точок з похибкою 0,5м.

Точність висотного положення контурних точок за [4] не повинна перевищувати $\frac{1}{4}h$, де h – висота перерізу рельєфу горизонталями для спокійного рельєфу. З врахуванням того, що $h=1$ м, похибка висотного визначення промірних точок не повинна перевищувати 0,25м.

Для аналізу точності висотного положення промірних точок розглянемо таблицю 1, де наведено значення величин руслових деформацій на декількох створах [2,3]. Деформації обчислено за формулою (3) із результатів спостережень на промірних створах, які проводились до і після проходження паводку.

Аналіз значень величин деформацій показує, що максимальне значення ΔZ досягає 1,1м. Спостерігаються деформації як із знаком „+” – акумуляція наносів, так із знаком „-” – змив (ерозія). Середнє значення деформацій знаходяться біля значень $\pm 0,25-0,30$ м, хоча спостерігаються і більші значення. Якщо прийняти, що похибка визначення висотного положення промірної точки становитиме згідно з [4] 25 см, то в середньому ми не зможемо зафіксувати більшість змін дна русла і руслових утворень, а в плані вони мають протяжність від десятків до сотень метрів.

Таблиця 1

Значення вертикальних деформацій промірних точок русел річок Дністер, Бистриця, визначених за формулою (3)

№№ п/п	$\Delta Z = Z_n^{j+1} - Z_n^j$ (м)		
	р. Дністер створ 7	р. Бистриця створ 11	р. Бистриця (по фарватеру)
1	-0,03	0,00	-0,30
2	-0,34	-0,022	-0,22
3	-0,18	-0,10	+0,11
4	-0,09	-1,00	0,00
5	-0,16	-1,09	-0,10
6	-0,56	+0,16	-0,39
7	-0,95	+0,42	-0,35
8	-0,46	+0,63	-0,05
9	-0,16	+0,45	+0,24
10	+0,03	+0,40	+0,56
11	-0,19	+0,33	+0,35
12	-0,04	+0,11	+0,04
13	+0,03	+0,14	+0,06
14	+0,03	+0,10	+0,23
15	+0,00	+0,31	+0,27
16	-0,02	0,00	0,00
17	-0,03	-0,71	-0,22
18	+0,03		-0,29
19	0,00		
$+\Delta Z_{cp}$	+0,03	+0,31	+0,23
$-\Delta Z_{cp}$	-0,25	-0,62	-0,24

Для достовірного визначення деформації русла і руслових форм необхідно прийняти, що похибка визначення висотного положення промірних точок не повинна перевищувати 1/10 – 1/20 від середнього значення деформації. Враховуючи, що точність фіксації рівня води на водомірних постах складає 2 – 5 см, можна прийняти, що похибка визначення висотного положення промірних точок не повинна перевищувати 2 – 5 см.

Методика промірних робіт передбачає визначення планового і висотного положення промірних точок. Основними методами визначення планового положення промірних точок на нешироких водотоках (до 200 м, включаючи заплаву частину річкової долини) є спосіб промірів вздовж натягнутого між двома створними пунктами розміченого через рівні віддалі троса. Знімання суходільної частини річкової долини виконують наземними методами топографічного знімання [4].

Положення промірної точки фіксується в точках, розмічених через рівні інтервали з наступним обчисленням віддалей від початку створу. Похибки планового положення будуть залежати від точності фіксації положення троса на створних знаках, похибки встановлення гідрометричної штанги чи рейки в розмічених, похибки встановлення гідрометричної штанги чи рейки в розмічених точках і похибок вихідних даних:

$$m_{nl}^2 = m_{cm}^2 + m_{np}^2 + m_{bg}^2, \tag{4}$$

де m_{nl} – похибка планового положення промірної точки;

m_{cm} , m_{np} , m_{bg} – похибки відповідно встановлення тросу на створних знаках, похибка положення промірної штанги, похибка вхідних даних. Для $m_{cm} = 5$ см $m_{np} = 10$ см; $m_{bg} = 10$ см; $m_{nl} = 15$ см. Гранична похибка може досягати 0,45 м.

Висотне положення промірних точок (глибини) визначається з допомогою гідрометричної штанги або рейки при незначних глибинах (до 5м) або ехолотом. Глибини визначаються з точністю 2 – 5 см.

Висновки. Моніторинг руслових процесів рік Карпатського регіону здійснюється за даними повторних геодезичних спостережень у фіксованих створах, які прив'язуються до опорної геодезичної мережі. Величини деформації русел і переформувань руслових форм та річкових долин визначаються із повторних руслових знімів та промірних робіт в мережі фіксованих створів, закріплених відповідними знаками.

Для обчислення величин деформацій пропонується використати цифрові моделі рельєфу з використанням апроксимації поперечних профілів аналітичними залежностями.

Описано методику геодезичних робіт і проведено аналіз одержаних результатів.

1. *Волосецький Б.І. Інженерна геодезія. Львів. НУЛП. 2003.*
2. *Волосецький Б.І. Использование цифровой модели рельефа для определения русловых переформирований. // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Міжвідомчий наук.-техн. зб. – Львів. 1992, вип. 53. – С.3-7.*
3. *Волосецький Б.І., Каганов Я.І. Использование морфометрических зависимостей определяемых и геодезических наблюдений для прогноз русловых деформаций. // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Міжвідомчий наук.-техн. зб. – Львів. 1986. С.10-15.*
4. *Інструкція з топографічного знімання в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. Київ. ГКНТА – 2.04 – 02 – 98. 1999.*
5. *Каганов Я.І. Русловые переформирования при регулировании рек горно-предгорной зоны. - Львів. Вища школа, 1981.*