

Т. В. РАДЬО

О ВЛИЯНИИ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ПЛАНОВЫЕ СМЕЩЕНИЯ РУСЛ РЕК

При гидротехническом проектировании и строительстве, выборе мест расположения мостов, переходов через реки линий электропередач, газо- и нефтепроводов, промышленных и населенных пунктов, при выявлении зон выклинивания подпора водохранилищ на крупных судоходных реках, изучении русло-вых процессов и т. д., большое значение имеет исследование общих тенденций в деформации речных русел [2, 3, 4].

Определим силу корреляционной связи между скоростями современных вертикальных движений земной коры (ССВДЗК) берегов рек и плановыми положениями русел. Анализ материалов современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) западной половины Европейской части СССР [5] показал, что нивелирные знаки на берегах рек имеют существен-

ные вертикальные смещения. ССВДЗК выбирали из каталога [5] для линий нивелирования, пересекающих реки или проходящих вблизи. Была использована также «Карта современных вертикальных движений земной коры восточной Европы»*. Для рек: Днепр, Днестр, Южный Буг, Западная Двина, Припять, Северный Донец составлены графики ССВДЗК (рис. 1, 2), из которых видно, что берега рек на разных участках имеют раз-

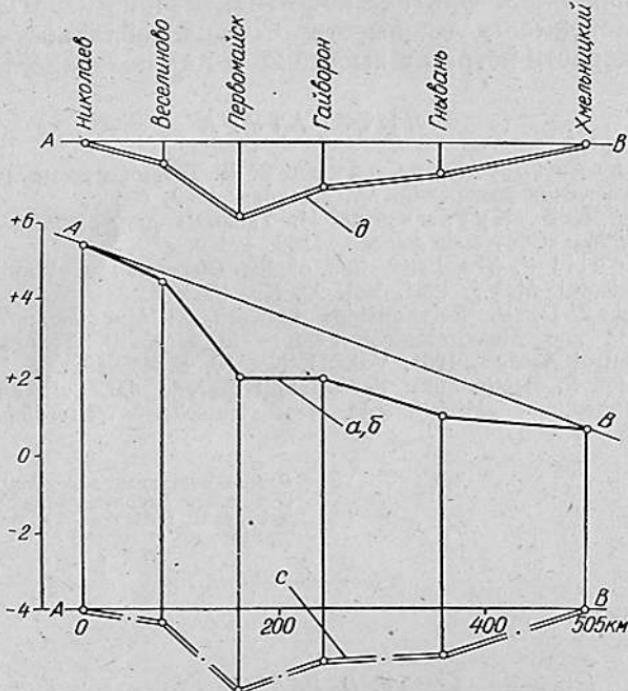


Рис. 1. Скоростные и плановые параметры берегов Южного Буга:

a — график ССВДЗК противоположных берегов; *c* — график разности скоростей берегов; *d* — кривая планового положения русла.

ные скорости в продольных и поперечных направлениях. Это способствует изменению продольных и поперечных уклонов рек, в результате чего меняется эрозионная деятельность водных масс, формирующих плановые и высотные положения русла. При выявлении связи между ССВДЗК берегов рек и плановыми положениями русла графиками разностей скоростей будем называть графики, составленные по ССВДЗК берегов (рис. 1, 2, кривые *c*), кривыми плановых положений — плановые положения соответствующих рек, которые определяются по карте масштаба 1 : 1000000 для точек с известными скоростями (рис. 1, 2, кривые *d*). Указанная зависимость определена

* Карта современных вертикальных движений земной коры восточной Европы. М., Изд-во Главного управления геодезии и картографии, 1971.

на для рек или их участков (в равнинных районах западной половины Европейской части СССР) с одинаковыми и разными ССВДЗК противоположных берегов. При этом:

а) графики разностей скоростей исследуемых рек и кривые плановых положений их русел построены относительно линии,

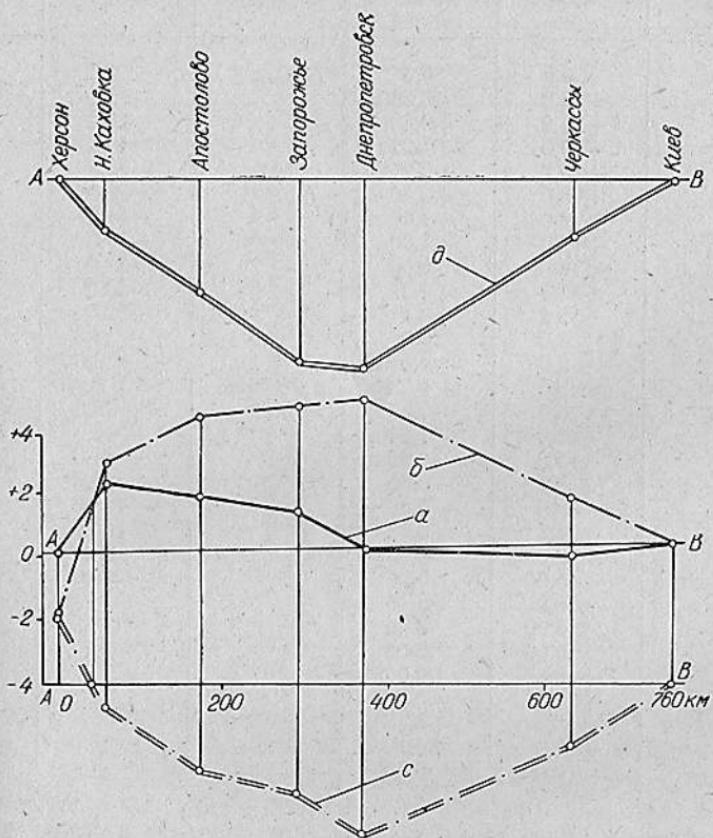


Рис. 2. Скоростные и плановые параметры берегов Днепра:

a, b — графики ССВДЗК левого и правого берегов; *c* — график разности скоростей берегов; *d* — кривая планового положения русла.

которая проводилась через конечные и одноименные точки на графиках ССВДЗК и топографической карте;

б) масштабы графических построений одинаковы.

Полученные данные $\Delta V'_i$, d_i и $\Delta V'_j$, d_j приведены в табл. 1, 2, где $\Delta V'_i$, $\Delta V'_j$; d_i , d_j — ординаты точек на графиках скоростей и кривых плановых положений их русел i , $j=1, 2, 3, \dots, n$.

Допустим, что между $\Delta V'_i$ и d_i , а также $\Delta V'_j$ и d_j существует корреляционная связь, которая выражается уравнениями [1]

$$d_i = a + b \Delta V'_i; \quad d_j = a' + b' \Delta V'_j. \quad (1)$$

Таблица 1

Значения реализаций $(\pm d_i)$ и $\pm (\Delta V'_i)$
(одинаковые ССВДЗК противоположных берегов рек)

Река	d_i , км	$\Delta V'_i$, мм/год	Река	d_j , км	$\Delta V'_j$, мм/год
Припять	0,0	0,0	Южный Буг	0,00	0,00
	+16,8	+0,600		-8,8	-0,18
	+21,2	+0,88		-19,2	-0,20
	+40,0	+1,52		-46,8	-1,10
	+55,2	+2,22		-78,8	-1,83
	+76,0	+3,30		-60,0	-1,53
	+78,0	+1,40		-44,0	-1,20
	+72,0	+1,00		-38,0	-1,12
	+78,0	0,00		-34,0	-1,10
	+83,8	+1,21		-30,0	-1,10
Днепр	+33,2	+0,41	Западная Двина	-22,0	-0,77
	0,0	0,0		-14,8	-0,45
	0,0	0,0		-0,00	0,00
	-8,0	-0,29		0,00	0,00
	-16,0	-0,67		-24,8	-1,15
	-24,4	-1,21		-48,0	-2,30
	-15,2	-0,90		-84,0	-3,90
	-8,8	-0,65		-108,0	-3,78
	-0,40	-0,40		-128,0	-3,65
	-4,8	-0,00		-102,0	-3,45
Западная Двина	+2,0	0,00		-80,0	-3,92
	0,00	0,00		-58,0	-3,20
Днестр	-36,0	-3,10			
	0,00	0,00			
	0,00	0,00			
	+6,8	+0,005			
	+24,8	+0,21			

Установим, насколько сильна эта связь и каковы параметры a , b и a' , b' уравнений (1). Для удобства вычислений величины d_i и d_j представлены в км/100.

Решив уравнения (1), получим

$$\bar{d}_i = -0,087; \quad \Delta \bar{V}'_i = -0,580; \quad R_0 = +0,874; \quad a = -0,556;$$

$$\bar{d}_j = -0,579;$$

$$\Delta \bar{V}'_j = -1,155; \quad R'_0 = +0,926; \quad b = +0,276; \quad a' = -0,897;$$

$$b' = +0,446,$$

где $\bar{d}_{i,j}$; $\Delta \bar{V}'_{i,j}$ — математические ожидания d и $\Delta V'$; R_0 , R'_0 — коэффициенты корреляционных отношений между ССВДЗК берегов исследуемых рек и плановыми положениями русел, для рек или участков их с одинаковыми (i) и различными (j) ССВДЗК.

Точность, с которой найдены величины R_0 , R'_0 и b , b' $m_{R_0} = \pm 0,068$; $m_{R'_0} = \pm 0,064$; $m_b = \pm 0,022$; $m_{b'} = \pm 0,031$.

Таблица 2

Значения реализаций ($\pm d_j$) и ($\Delta V'_j$)
(различные ССВДЗК противоположных берегов рек)

Река	d_j , км	$\Delta V'_j$, мм/год	Река	d_j , км	$\Delta V'_j$, мм/год
Днепр	0,00	+2,20	Северный Донец	-58,8	-2,85
	-66,8	-0,70		-40,0	-1,80
	-110,0	-1,75		-20,0	-0,68
	-142,0	-2,65		-4,0	0,00
	-188,8	-3,10		+28,0	+1,30
	-230,0	-3,38		+24,0	+1,12
	-236,0	-4,17		+19,2	+0,87
	-240,0	-4,70		+12,0	+0,56
	-200,0	-4,05		0,00	0,00
	-172,0	-3,60		0,00	0,00
	-146,0	-3,17		+16,0	+0,22
	-120,0	-2,70		+28,4	+0,41
	-92,0	-2,30		+40,0	+0,60
	-72,0	-1,90		+22,0	+0,25
	-44,0	-1,20		0,00	0,00
Северный Донец	-22,0	-0,60			
	0,00	0,00			
	0,00	0,00			
	-12,0	-0,45			
	-26,8	-0,91			
	-40,0	-1,41			
	-48,4	-2,18			

Учитывая нормальность распределения погрешностей реализаций, при доверительной вероятности 0,90 [1] найдем стандарты R_0 , R'_0 и b , b' ; $6,7\% < \sigma_{R'_0, b} < 9,4\%$, $5,8\% < \sigma_{R_0, b'} < 8,5\%$.

Относительные погрешности определения R_0 , R'_0 и b , b' равны:

$$\frac{m_{R_0}}{R_0} = \pm 7,8\%; \quad \frac{m_b}{b} = \pm 7,8\%; \quad \frac{m_{R'_0}}{R'_0} = \pm 6,9\%; \quad \frac{m_{b'}}{b'} = \pm 6,9\%.$$

Тогда погрешности определения коэффициентов корреляционных отношений R_0 , R'_0 и коэффициентов b , b' уравнений регрессий соответственно составляют $\pm 7,8\% \pm 1,6\%$, $\pm 6,9\% \pm 1,6\%$.

Следовательно, $R_0 = +0,874 \pm (7,8\% \pm 1,6\%)$ и $R'_0 = +0,926 \pm (6,9\% \pm 1,6\%)$, то есть между ССВДЗК берегов исследуемых рек и плановыми положениями их русел существует тесная связь, свидетельствующая, что на ход развития деформаций русел исследуемых рек весьма существенно влияет динамика земной коры.

Таблица 3

Приближенные значения плановых смещений исследуемых рек

Однаковые скорости динамики земной коры противоположных берегов		Разные скорости динамики земной коры противоположных берегов	
$\Delta V'_i$, мм/год	d_i , км	$\Delta V'_j$, мм/год	d_j , км
± 1	$\pm 27,9$	± 1	$\pm 44,6$
± 2	$\pm 55,8$	± 2	$\pm 89,2$
± 3	$\pm 83,7$	± 3	$\pm 133,8$
± 4	$\pm 111,6$	± 4	$\pm 178,4$
∓ 5	$\pm 139,5$	± 5	$\mp 223,0$

Используя параметры a , b и a' , b' , можно приблизительно вычислить (табл. 3) значения плановых смещений исследуемых рек d_i , d_j из уравнений (1).

При $\Delta V'_i = 0$ и $\Delta V'_j = 0$ уравнения (1) примут вид:

$$d_i = a; \quad d_j = a' \quad (2)$$

и согласно вычислениям получим $d_i = 55,6$ км; $d_j = 89,7$ км.

Следовательно, независимо от динамики земной коры плановые смещения исследуемых рек могли достичь 60—90 км.

Проведенные исследования показывают, что плановые смещения некоторых участков рек, вследствие действия ССВДЗК их берегов, могли достичь 140—200 км (табл. 3) от своих первоначальных положений.

Данные геологических исследований [3] показывают, что некоторые участки рек изменяли плановые положения своих русел на 200—250 км.

Следовательно, для прогнозирования плановых и высотных деформаций речных русел, а также решения других задач, целесообразно проводить высокоточное и точное повторное нивелирование вдоль рек, которые имеют народнохозяйственное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведуев Н. Г., Кондра Г. С. Вероятностно-статистический анализ погрешностей измерений. М., «Недра», 1969.
2. Геренчук К. И. Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины. Изд-во Львов. ун-та, 1960.
3. Горецкий Г. И. Аллювий великих антропогеновых прарек Русской равнины. М., «Наука», 1964.
4. Попов И. В. Деформация речных русел и гидростроительство. Л., Гидрометеоиздат, 1965.
5. Современные вертикальные движения земной коры западной половины Европейской части СССР. — «Труды ЦНИИГАиК», 1958, вып. 123.

Работа поступила в редакцию 20 января 1975 года. Рекомендована кафедрой инженерной геодезии и тахсации леса Львовского лесотехнического института.