

УДК 528.024.1+551.242

# ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЗОННИХ ГІДРОТЕРМІЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НА РІЗНИХ ГЛИБИНАХ

© Павлик В.Г., 1999

Полтавська гравіметрична обсерваторія НАН України

**Рассматривается влияние сезонных вариаций температуры и влажности почвы на вертикальные смещения и наклоны земной поверхности на разных глубинах.**

**The influence of the seasonal variations of temperature and humidity of the soil on the vertical displacements and tilts of earth on the different depth are considered in the article.**

Основними екзогенними причинами сезонного характеру вертикальних деформацій земної поверхні є температура і вологість ґрунту. Встановлені раніше особливості вертикальних рухів річного періоду характеризують лише шар землі, в якому знаходяться типові репери, передбачені інструкцією з нівелювання [1]. Крім того, конструкція таких нівелірних знаків не передбачає розміщення їх в обсадних трубах, що призводить до безпосереднього впливу на їх стабільність у найрухомішому верхньому шарі землі. Для отримання цілісної картини сезонних вертикальних деформацій земної поверхні і виявлення справжніх причин їх виникнення необхідно дослідити це явище по усій товщині земної поверхні, від верхніх шарів ґрунту до глибин, де періодичні рухи гідротермічного походження не визначаються геодезичними методами.

Для вирішення цього завдання організовано три геодинамічні мікрополігони, які розташовані на територіях Полтавської гравіметричної обсерваторії, геофізичної станції в Судіївці, що поблизу Полтави, і Сімеїзької обсерваторії в Криму. На створених полігонах закладено приблизно сто реперів глибиною від 0.3 м до 20.0 м і встановлено нахиломірну апаратуру. Усі репери довжиною 1.5 м і більше свердловинного типу з обсадними трубами, що виключає залежність величини вертикальних рухів від конструкції нівелірного знака. Особливості геодинамічних мікрополігонів у Полтаві та в Судіївці розглянуто у роботах [2,3].

На полігоні в Полтаві протягом 1991–1993 р.р. здійснено 58 циклів повторного нівелювання групи глибинних та поверхневих реперів. Такі ж визначення виконувались і в Судіївці у 1989–1990 р.р., але з меншою частотою. На основі цих спостережень визначено параметри річних хвиль у вертикальних рухах реперів шляхом розв'язання за умовою МНК системи рівнянь

$$h_i = at_i + b + A \cos(wt_i + \phi), \quad (1)$$

де  $h_i$  – середньомісячні значення перевищень між найглибшим репером і репером, параметри сезонної хвилі у зміщенні якого визначаються;  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти лінійної складової руху репера;  $A$ ,  $\phi$  – амплітуда і початкова фаза річної хвилі;  $w$  – кутова швидкість ( $w=30^\circ/\text{місяць}$ );  $t_i$  – момент спостережень у місяцях року.

У табл. 1 і 2 подано амплітуди  $A$  і моменти максимального підняття  $M$  сезонних рухів реперів на різних глибинах на мікрополігонах у Полтаві та в Судіївці. Практично усім нівелірним знакам притаманні вертикальні зміщення з річною періодичністю. Виявлено чітку обернену залежність величини сезонних деформацій земної поверхні від глибини. Верхній 1 – метровий шар ґрунту характеризується найбільшими сезонними коливаннями. Амплітуди періодичних зміщень окремих поверхневих реперів коливаються в межах від 1 мм до 8 мм. Момент максимального підняття земної поверхні до глибини 4 м завжди відбувається весною.

Таблиця 1

**Параметри сезонних хвиль вертикальних рухів земної поверхні на різних глибинах на геодинамічному мікрополігоні в Полтаві**

Глибина, м	Кількість реперів	1991 – 1992 р.р.		1992 – 1993 р.р.	
		$A \pm m_A$ , мм	$M \pm m_M$ , місяці року	$A \pm m_A$ , мм	$M \pm m_M$ , місяці року
0-1.0	8	2.95±0.34	4.7±0.2	4.32±0.38	3.1±0.2
1.5	1	0.44±0.08	4.7±0.3	0.22±0.13	5.5±0.7
2.0	1	0.35±0.09	4.8±0.5	0.14±0.08	4.9±0.8
3.0	1	0.29±0.09	4.8±0.5	0.10±0.06	4.3±1.0
4.0	3	0.32±0.05	4.5±0.2	0.14±0.02	3.0±0.4
5.0	2	0.19±0.03	4.8±0.3	0.07±0.03	6.2±0.9
6.0	2	0.21±0.03	4.4±0.3	0.05±0.04	6.9±2.2

Таблиця 2

**Параметри сезонних хвиль вертикальних рухів земної поверхні на різних глибинах на геодинамічному мікрополігоні в Судіївці**

Глибина, м	Кількість реперів	1989 р.		1990 р.	
		$A \pm m_A$ , мм	$M \pm m_M$ , місяці року	$A \pm m_A$ , мм	$M \pm m_M$ , місяці року
0-0.3	2	6.25±0.28	3.7±0.1		
0-1.0	12	4.51±0.09	4.1±0.1		
1.5	1	0.82±0.28	5.1±0.6		
2.0	1	0.25±0.06	6.0±0.5		
3.0	1	0.20±0.06	5.0±0.4		
4.0	1	0.10±0.01	5.2±0.2		
5.0	1	0.11±0.03	7.2±0.4		
10.0	2	0.07±0.04	3.4±0.6		

Для виявлення спільного впливу сезонних варіацій температури і запасів вологи в ґрунті на вертикальні рухи земної поверхні річного періоду розв'язано систему рівнянь:

$$h_i = a P_i + b t_i + c, \quad (2)$$

де  $h_i$  – величини середньомісячних вертикальних зміщень реперів відносно середньої відмітки;  $P_i$  – величини середньомісячних коливань запасів вологи в ґрунті;  $t_i$  – значення середньомісячних змін температури ґрунту на глибині досліджуваного репера;  $a$ ,  $b$  і  $c$  – коефіцієнти.

Таблиця 3

### Результати визначення коефіцієнтів лінійного впливу

**зapasів вологи і температури ґрунту на вертикальні рухи земної поверхні на різних глибинах на полігоні у Полтаві**

Глибина, м	Коефіцієнти	
	а в мм/мм запасів вологи	б в мм/°C
0-1.0	0.077±0.016	0.054±0.128
1.5	0.007±0.004	-0.002±0.043
2.0	0.003±0.001	-
3.0	0.002±0.000	-
4.0	0.002±0.001	-0.018±0.026
5.0	-0.002±0.002	-0.108±0.026
6.0	0.001±0.002	-0.112±0.022

Коефіцієнти  $a$  і  $b$  (табл.3) відповідно характеризують вплив періодичних варіацій температури і вологості ґрунту у збудженні вертикальних рухів. Для визначення коефіцієнта  $a$  на глибині 0–1.0 м використано дані запасів вологи у верхньому однометровому шарі. Для інших глибин – дані вологості в шарі 0.5–1.5 м. Це пов'язано з тим, що нижче 1.5 м запаси вологи в ґрунті не визначались. При розв'язанні рівнянь (2) ми допустили, що характер річних змін вологості з глибиною є таким, як у верхньому півтораметровому шарі. Труднощі визначення коефіцієнтів рівняння (2) полягають у тому, що на глибинах 2–3 м від поверхні землі момент максимальних запасів вологи в ґрунті збігається з мінімумом температури. Коефіцієнти  $b$  на глибинах 1.0 м, 1.5 м, 4.0 м не визначаються, що свідчить про незначний вплив температури порівняно з вологістю. Тому величину  $a$  для глибин 2.0 м і 3.0 м можна знайти з розв'язку системи рівнянь

$$h_i = a P_i + c. \quad (3)$$

За даними табл. 3 до глибини 4 м періодичні варіації вологи ґрунту є основним фактором, що викликає сезонні деформації. Додатні значення коефіцієнта  $a$  свідчать, що при збільшенні запасів вологи у ґрунті земна поверхня піднімається і навпаки. Механізм впливу зміни вологості на вертикальні зміщення розглянуто у роботі [2]. Нижче глибини

4 м сезонні рухи спричинені переважно температурними варіаціями, які з одного боку породжують фіктивні вертикальні коливання, пов'язані з періодичними видовженнями реперів, а з другого – безпосередні деформації земної поверхні. Нами теоретично вираховано величини лінійних температурних розширень реперів і сезонних вертикальних деформацій температурного походження на різних глибинах. Ікаво, що амплітуди річних хвиль у вертикальних рухах земної поверхні, викликані кожною з причин, є приблизно однакові, а фази – протилежні. Тому, сумарний вплив цих двох факторів на зміщення земної поверхні буде незначним. Від'ємне значення коефіцієнта  $b$  для глибин 5 м і 6 м говорить про те, що лінійні видовження реперів на мікрополігоні у Полтаві перевищують температурні вертикальні деформації.

Таблиця 4

**Параметри сезонних хвиль у нахилах земної поверхні  
на геодинамічних мікрополігонах у Полтаві та в Судіївці**

Полігон, глибина, період спостережень	Напрямок				
	Пн – Пд		С – З		
	$A \pm m_A$ , сек. дуги	$M \pm m_M$ , місяці року	$A \pm m_A$ , сек. дуги	$M \pm m_M$ , місяці року	
Полтава, 7м 1991-1992 р.р.	0.22±0.03	10.2±0.3	0.24±0.06	9.5±0.6	
1992-1993 р.р.	0.30±0.03	9.5±0.2	0.25±0.04	9.4±0.4	
Судіївка, 12м 1989-1990 р.р.	0.59±0.08	4.0±0.2	0.48±0.08	3.0±0.2	

Паралельно з повторним нівелюванням на геодинамічних мікрополігонах виконувались нахиломірні спостереження. У табл. 4 представлено параметри річної хвилі у нахилах земної поверхні на полігонах у Полтаві та в Судіївці. Максимальні нахили на північ і схід відбуваються на полігоні у Полтаві у вересні–жовтні місяці, а на полігоні в Судіївці у березні–квітні. Цей геодинамічний параметр можна розглядати як результат відмінностей у вертикальних рухах на поверхні землі або у її товщині. Якби вертикальні деформації під дією різних причин були абсолютно однаковими в різних місяцях, то нахилів земної поверхні, викликаних цими причинами, не виникало б. За результатами геодезичних спостережень навіть близько розташовані репери відрізняються величинами сезонних рухів. Тому нахили земної поверхні, якщо вони спричинені тими самими факторами, що й сезонні вертикальні деформації, можуть мати будь-який напрямок, але момент максимуму сезонної складової нахилу повинен збігатись з моментом максимального підняття земної поверхні або бути йому протилежним. Збіг фаз сезонних зміщень верхніх шарів земної поверхні і нахилів свідчить, що останні також викликані періодичними варіаціями вологи ґрунту.

Незначна кількість повторних геодезичних спостережень і відсутність даних про запаси вологи у ґрунті не дали змоги детально дослідити вертикальні деформації на геодинамічному мікрополігоні в Сімеїзі. Оскільки, величини вертикальних рухів і нахилів земної поверхні, а також моменти їх екстремальних значень дуже подібні до відповідних параметрів деформацій у Полтаві та в Судіївці ми вважаємо, що механізм впливу гідротермічних факторів на усіх трьох полігонах є однаковим. Територія Сімеїзької обсерваторії характеризується складною і неоднорідною геологічною будовою. На ділянці, яка складена міцнішими породами (тріщинуваті та корінні вапняки, жорстковий ґрунт вапняків з невеликим вмістом глини) періодичні деформації земної поверхні значно менші, ніж на частині полігону, складеній з м'якіших порід (глини, жорстковий ґрунт вапняків з великою частиною глини).

Встановлений хід сезонних деформацій на наш погляд є характерним для більшої частини території України. Максимальне підняття земної поверхні весною виявлено іншими авторами у Криму [4] і в Криворіжжі [5]. Екстремальні нахили річного періоду на більшості станцій нахиловимірного профілю Київ–Артемівськ також припадає на весняно-осінній період [6]. У цей же час відбувався максимальний розтяг і стиск порід за даними деформографічних спостережень в Інкермані [7]. На відміну від вертикальних рухів, сезонні хвилі в нахилах і горизонтальних зміщеннях спричинені пружними деформаціями земної поверхні, оскільки на глибині встановлення нахиловимірної апаратури і екстензометрів періодичні варіації температури і вологи мізерні. Фаза сезонних варіацій вологи залишається з постійною глибиною на відміну від фази температури, якій властиве значне запізнення з глибиною. Тому пружні деформації, викликані сезонними змінами запасів вологи в ґрунті, повинні бути більшими від температурних, що і підтверджує збіг фаз періодичних коливань вологи ґрунту з нахилами та горизонтальними деформаціями земної поверхні.

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., 1990.
2. Павлик В.Г., Кутний А.М., Криптова В.В., Тищук М.Ф. Вплив вологості ґрунту на сезонні вертикальні деформації земної поверхні // Геодезія, картографія та аерофотознімання. Львів. 1996. № 57. С.55-64.
3. Павлык В.Г., Кутный А.М., Булацен В.Г., Корба П.С. Геодинамический микрополигон вблизи Полтавы / Первые результаты исследований // Вращение и приливные деформации Земли. К. 1992.
4. Селюков Е.И. О влиянии геодинамических факторов на устойчивость высотных знаков // Особенности высокоточного нивелирования на геодинамических полигонах. Таллин. 1988.
5. Волков В.И. Об оценке влияния метеорологических факторов на современные движения земной поверхности // Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. М. 1983.
6. Баленко В.Г. Исследование наклонов земной поверхности по профилю Киев–Артемовск. К., 1980.
7. Булацен В.Г. Приливные и медленные деформации земной коры по данным экстензометрических наблюдений в Инкермане (Крым) // Вращение и приливные деформации Земли. К., 1975. №7. С.9-15.