

## Результати та аналіз земноприпливних спостережень на території України

© А. М. Кутний<sup>1</sup>, В. Г. Павлик<sup>1</sup>, В. Г. Булацен<sup>1</sup>, В. Г. Голубицький<sup>1</sup>,  
І. Ю. Богдан<sup>2</sup>, П. С. Корба<sup>2</sup>, Т. М. Бабич<sup>1</sup>, В. П. Плис<sup>1</sup>, 2015

<sup>1</sup>Полтавська гравіметрична обсерваторія Інституту геофізики НАН України,  
Полтава, Україна

<sup>2</sup>Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, Полтава, Україна  
Надійшла 12 січня 2015 р.

*Представлено членом редколегії В. І. Старостенко*

Обработано 1300 місячних серій непрерывних нахиломерных и гравіметрических наблюдений на 25 земноприливных пунктах Украины. Получены высокоточные региональные параметры  $\gamma$  и  $\delta$  главных приливных волн, числа Лява  $h$  и  $k$  и разности амплитудных факторов суточных приливных волн  $O_1$  и  $K_1$ , которые характеризуют состояние ядра и реальные физические свойства Земли и способствуют выбору или построению наиболее достоверной ее модели.

**Ключевые слова:** земные приливы, нахиломерные и гравіметрические наблюдения, возмущающие факторы, анализ земноприливных наблюдений, приливные параметры, числа Лява, резонанс ядра Земли.

**Вступ.** У 1930—1996 р. Полтавська гравіметрична обсерваторія виконувала нахиломірні та гравіметричні спостереження на території України. Першим нахиломірним пунктом, де отримані параметри земного припливу із неперервних спостережень за допомогою нахиломірів Репсольда—Левицького протягом 11-річного періоду (1930—1941), стала Полтава [Аксентьева, 1948]. Пізніше, у післявоєнний період, у 1945—1948 рр. ці спостереження продовжили [Чупрунова, 1980]. Спочатку точність отриманих результатів виявилася невисокою, оскільки вимірювання проводили в камері підвального типу на глибині лише 4 м від земної поверхні, а метод обробки спостережень був недосконалим. Пізніше, після детального перегляду експериментального матеріалу та уточнення параметрів еталонування нахиломірної апаратури, точність отриманих даних земного припливу значно підвищили [Аксентьева и др., 1970; Булацен, Богдан, 1978]. Основною перевагою цих спостережень є багаторічність та неперервність, і тому вони були переоброблені із застосуванням сучасного підходу до виключення впливу аномальних добових гідротермічних деформацій земної поверхні на параметри земного припливу [Кутний та ін., 2013].

У 1960—1985 рр. з появою фотоелектричних нахиломірів з дистанційним керуванням [Островский, 1961] аналогічні спостереження

були організовані на двох взаємно перпендикулярних профілях Київ—Артемівськ [Баленко, 1980] і Суми—Херсон [Матвеев, Богдан, 1970] з метою отримання регіональних параметрів припливних хвиль, що дають достовірну інформацію про внутрішню будову та фізичні властивості Землі. Вздовж профілю Київ—Артемівськ нахиломірні спостереження виконані на станціях: Київ [Баленко и др., 1970б], Березова Рудка [Баленко и др., 1978], Покровська Багачка [Баленко и др., 1975], Полтава [Аксентьева, 1948; Чупрунова, 1980], Шевченкове [Баленко и др., 1970а], Катеринівка [Баленко и др., 1972], Карло-Лібкнехтівськ [Баленко и др., 1974, 1979] та Харцизьк [Матвеев и др., 1976б]. Уздовж профілю Суми—Херсон такі спостереження проведені на таких пунктах: Самотоївка [Матвеев и др., 1971], Великі Будища [Богдан и др., 1970], Судіївка [Матвеев и др., 1975], Перегонівка [Богдан и др., 1977; Голубицький и др., 1982], Кірове [Матвеев и др., 1983; Кривонос и др., 1985], Висічі [Матвеев и др., 1983; Кривонос и др., 1992], Христофорівка [Матвеев и др., 1976а; Голубицький и др., 1977], Інгuleць [Матвеев, 1972], Шмакове [Матвеев, 1972], Лихівка [Матвеев и др., 1971] та Дар'івка [Богдан, Матвеев, 1966; Матвеев, Богдан, 1972]. Крім того, в 1979—1984 рр. були організовані нахиломірні спостереження у декількох пунктах Гірського Криму [Дычко, Токарь, 1975;

Матвеев и др., 1979; Голубицкий и др., 1984] та у Калуші (Івано-Франківська обл.) [Аксентьева, Чупрунова, 1970]. Однак, як виявилось, в умовах Гірського Криму отримати глобальні чи регіональні параметри припливних хвиль практично неможливо через значний вплив численних геологічних структур земної кори на параметри припливних хвиль, а спостереження в Калуші, на жаль, мали низьку якість.

Профіль субширотного простягання Київ—Артемівськ перетинає Дніпровсько-Донецьку западину у поздовжньому напрямку, де багатокілометрова за потужністю осадова товща перекриває численні тектонічні порушення Українського щита. Профіль Суми—Херсон має субмеридіональний напрямок і поперек перетинає Дніпровсько-Донецьку западину та виходить на Воронезький кристалічний масив і Український щит, де потужність осадового покриття незначна.

Гравіметричні спостереження проводили у Києві [Доброхотов, Лысенко, 1963], Полтаві [Аксентьева та ін., 2002; Баленко и др., 1983] та в Криму (Сімферополь [Корба, 1970], Ялта [Корба, Корба, 1970], Бахчисарай [Корба, 1973], Сімеїз [Баленко и др., 1987]). Найточніші параметри припливних хвиль отримані у Полтаві в 1973—1981 та в 1987—1997 рр. Спостереження у Києві та в інші періоди у Полтаві на сьогодні мають лише історичне значення. Кримські гравіметричні спостереження виконані досить професійно за допомогою гравіметрів «Асканія» GS-11 та GS-12, але існуюча на той час методика їх обробки не дає впевненості в отриманих результатах.

Із нахиломірних і гравіметричних спостережень одержують відповідно фактори  $\gamma$  і  $\delta$ , що характеризують відношення амплітуди земного припливу до теоретично обчисленого за умови абсолютно твердої, не піддатливої до припливних сил Землі, а також зсув фази  $\Delta\phi$  між реальним і теоретичним припливом.

Однією з головних задач земноприпливних спостережень є отримання глобальних або регіональних чисел Лява  $h$  і  $k$  без будь-яких додаткових припущень щодо будови та фізичних властивостей Землі. Між цими числами та припливними параметрами  $\gamma$  і  $\delta$ , що описують сферичними функціями (поліномами Лежандра другого порядку), існує такий зв'язок:

$$h = 5 - (3\gamma + 2\delta),$$

$$k = 4 - 2(\gamma + \delta).$$

Для успішного розв'язання цієї задачі не-

обхідно, щоб фактори  $\gamma$  і  $\delta$  були отримані на глибококоонтинентальних пунктах з високою точністю. Крім того, слід враховувати такі збудувальні фактори, як вплив дальніх зон океанічних припливів [Перцев, 1976], топографії та геології місця розташування земноприпливних станцій [King, Bilham, 1973], ефект порожнини [Harrison, 1976], вплив інерційних сил, рідкого ядра і вимушеної нутації Землі [Парийский, Перцев, 1980; Молоденский, 1980], а також гідротермічних деформацій верхнього шару земної поверхні [Кутний, Бабиц, 2010].

**Переобробка та аналіз земноприпливних спостережень.** У зв'язку з розробленою і апробованою методикою виключення із земноприпливних спостережень впливу аномальних гідротермічних збурень [Кутний та ін., 2013], що суттєво підвищує точність визначення факторів  $\gamma$  і  $\delta$ , започатковано програму з переобробки раніше виконаних нахиломірних і гравіметричних спостережень на території України. При цьому використано практично всі нахиломірні станції профілів Київ—Артемівськ та Суми—Херсон, за винятком пунктів, де втрачені архівні матеріали або якість спостережень є низькою. Роботу розпочато з детального аналізу первинного матеріалу з метою виявлення та ліквідації аномальних відхилень щогодинних ординат, контролю за чутливістю та еталонування нахиломірної і гравіметричної апаратури. За розробленою нами раніше методикою [Кутний та ін., 2013] з отриманого матеріалу місячних або річних рядів щогодинних неперервних спостережень виключено аномальні добові збурення гідротермічного походження. Застосувавши до виправлених таким чином вихідних експериментальних даних гармонічний аналіз за методом Венедікова, отримали параметри  $\gamma$ ,  $\delta$  і  $\Delta\phi$  головних припливних хвиль. У цій статті не розглянуті умови, методика земноприпливних спостережень, конструктивні особливості використаної апаратури та отримані результати, оскільки вони детально описані у відповідних роботах виконавців цих спостережень. Зауважимо лише, що всі нахиломірні спостереження, за винятком пунктів Соледар, Харцизьк, Інгупець і Шмакове, проведені у шурфах діаметром 1 м, завглибшки 10—16 м.

Спостереження у Соледарі виконані на глибині 120 м у центрі галерей соляної шахти, де, як показано у статті [Баленко и др., 1979], впливом ефекту порожнини можна знехтувати. На станціях Харцизьк, Інгупець і Шмакове ці спостереження проведені у вугільних шахтах на

глибинах 140, 260 і 237 м відповідно. На жаль, для пунктів Інгулець і Шмакове втрачені архівні матеріали, їх переобробку не здійснювали.

У табл. 1—3 наведено результати переобробки нахиломірних та гравіметричних спостережень для головних припливних хвиль після введення поправок за вплив дальніх зон океанічних припливів, за вплив інерційних сил, за еліпсоїдну нормаль та нутацію Землі і за еталонування апаратури. Середні квадратичні помилки отриманих параметрів є абсолютними, оскільки крім випадкових враховані систематичні похибки калібровки земноприпливної апаратури, які для нахиломірів становлять  $\pm 0,5\%$  для фактора  $\gamma$  та  $\pm 0,5^\circ$  дуги для  $\Delta\phi$ ; для гравіметрів —  $\pm 0,2\%$  для фактора  $\delta$  і  $\pm 0,2^\circ$  дуги для  $\Delta\phi$ . Для кращої інформативності у таблицях вказані роки, тривалість неперервних спостережень у місяцях і середні значення теоретичних амплітуд припливних хвиль.

Необхідні складові для отримання поправок за вплив дальніх зон океанічних припливів розраховані в Росії в Інституті фізики Землі ім. О. Ю. Шмідта для нахиломірних і гравіметричних пунктів України за методикою [Перцев, 1967] із застосуванням глобальних котидальних карт Швідерського [Schvidersky, 1980], які, на відміну від аналогічних карт Богданова [Богданов, 1975], враховують вплив на земні припливи Північного Льодовитого океану. Припливи Середземного моря враховані з використанням карти Чьяруттіні [Chiaruttini, 1976]. Функції Гріна, що описують вплив складових дальніх зон морських та океанічних припливів унаслідок деформації Землі та зміни її гравітаційного поля, знаходили з урахуванням чисел Лява для земної моделі Гільберта—Дзівонського № 508 [Gilbert, Dziewonski, 1975]. Отримані у такий спосіб поправки за вплив дальніх зон акваторій Землі є досить суттєвими (близько  $2,5\%$  у амплітуді та  $2,5^\circ$  дуги у зсуві фаз) та найдостовірнішим на цей час. Незначні поправки за вплив інерційних сил та нутацію Землі, за еліпсоїдну нормаль введено, згідно з розрахунками Н. Н. Парійського та Б. П. Перцева [Парийский, Перцев, 1980], С. М. Молоденського [Молоденский, 1980] і Х. Г. Венцеля [Wenzel, 1974]. Виявилося, що сумарний вплив цих поправок збільшує фактор  $\gamma$  у напрямку N—S, а у напрямку E—W, навпаки, зменшує. Для станцій, що розташовані на рівнинній місцевості і віддалені від тектонічних порушень земної кори, отримані параметри  $\gamma$  для припливних хвиль у напрямках N—S і E—W збігаються в межах відповідних середньоквадратичних помилок. Це розвіює міф про ані-

зотропію податливості Землі припливоутворювальним силам, що обґрунтовували фактом нерівності параметра  $\gamma$  у напрямках N—S і E—W. Проте на пунктах Великі Будища, Самотоївка, Покровська Багачка, Інгулець, Березова Рудка, Лихівка, Дар'ївка і після введення всіх поправок фактор  $\gamma$  у напрямку N—S є дещо аномальний, оскільки відхилення його від середнього значення з усіх пунктів України сягає  $\pm 17\%$  і значно виходить за межі помилок вимірювань. За даними першоджерел, всі ці нахиломірні пункти розташовані на помітних схилах або поблизу різних тектонічних порушень земної кори. Це засвідчує, що саме ефекти топографії та геології є основною причиною появи аномальності фактора  $\gamma$  у напрямку N—S на вказаних пунктах спостережень.

Що стосується ефекту топографії, то вперше на нього звернули увагу Р. Леколязе і Дж. Гарісон [Lecolazet, Wittlinger, 1974; Harrison, 1976]. Для шести нахиломірних станцій регіону Дніпровсько-Донецької западини такі поправки розраховано [Баленко, 1981], проте питання про їх достовірність, як справедливо зазначає автор, залишається відкритим через відсутність інформації про глибини залягання ґрунтових вод і реальні фізичні властивості ґрунтів навколо нахиломірних пунктів. Однак, аналізуючи ці поправки та місця розташування нахиломірних пунктів, доходимо висновку, що на північних схилах ефект топографії збільшує фактор  $\gamma$ . Водночас, згідно з розрахунками П. С. Матвеева [Матвеев, 1970а] та С. М. Молоденського [Молоденский, 1981], і тектонічні порушення в земній корі субширотного напрямку на таких схилах можуть збільшувати фактор  $\gamma$  у напрямку N—S. Тому розділити ці ефекти до з'ясування першопричин їх виникнення та отримання даних щодо фізичних властивостей ґрунтів навколо нахиломірних пунктів практично неможливо. Лише з великою достовірністю можна стверджувати, що індикатором їх сумарного впливу є наявність різниці фактора  $\gamma$  для напрямків E—W і N—S. Таким чином, для визначення глобальних або регіональних значень факторів  $\gamma$  і  $\Delta\phi$  пропонуємо з метою виключення впливу ефектів топографії та геології у список осереднень включати з напрямку N—S лише дані тих нахиломірних пунктів, де різниця  $\gamma_N - \gamma_E$  не виходить за межі помилок вимірювання цих величин, а з напрямку E—W — всі отримані дані, оскільки вплив цих ефектів тут незначний [Кутний, 1974].

Аналіз параметрів головних припливних хвиль у напрямку E—W показав їх малу роз-

Таблиця 1. Параметри головних припливних хвиль у напрямку N—S для нахиломірних станцій України\*

Пункт, період (роки), кількість місячних серій спостережень	Припливні хвилі												$\gamma_{O_1} \cdot \gamma_{K_1}^{**}$			
	$O_1$			$K_1$			$N_2$			$M_2$				$S_2$		
	$R_T = 1,02$ мс дуги	$\Delta\varphi^0$	$\gamma$	$R_T = 1,44$ мс дуги	$\Delta\varphi^0$	$\gamma$	$R_T = 1,49$ мс дуги	$\Delta\varphi^0$	$\gamma$	$R_T = 7,80$ мс дуги	$\Delta\varphi^0$	$\gamma$		$R_T = 3,63$ мс дуги	$\Delta\varphi^0$	$\gamma$
Перетонівка (1974—1986), 34	0,7222± ±0,0118	-9,77± ±0,97	0,7076± ±0,0076	-8,58± ±0,62	0,6827± ±0,0055	-2,20± ±0,68	0,6871± ±0,0015	-3,94± ±0,13	0,7320± ±0,0024	-4,29± ±0,25	0,7320± ±0,0024	-4,29± ±0,25	0,0146± ±0,0140			
Мурахівка (1969—1972), 25	0,7083± ±0,0142	-8,53± ±1,23	0,6880± ±0,0101	-10,12± ±0,85	0,6787± ±0,0061	-1,22± ±0,53	0,6782± ±0,0012	-1,40± ±0,10	0,7007± ±0,0021	-3,91± ±0,18	0,7007± ±0,0021	-3,91± ±0,18	0,0203± ±0,0174			
Дар'ївка (1964—1965), 13	0,6657± ±0,0481	-24,84± ±4,64	0,7114± ±0,0362	-19,12± ±2,86	0,6537± ±0,0228	-0,56± ±1,93	0,6362± ±0,0039	-2,72± ±0,35	0,6463± ±0,0074	-5,18± ±0,67	0,6463± ±0,0074	-5,18± ±0,67	-0,0457± ±0,0602			
Великі Будища (1965—1966), 13	0,6632± ±0,0177	-5,25± ±1,59	0,6851± ±0,0123	1,61± ±1,03	0,6339± ±0,0121	0,61± ±1,11	0,6592± ±0,0023	0,76± ±0,20	0,6644± ±0,0045	1,27± ±0,39	0,6644± ±0,0045	1,27± ±0,39	-0,0219± ±0,0216			
Самотойівка (1967—1968), 8	0,7358± ±0,0136	0,86± ±1,11	0,7307± ±0,0132	4,64± ±1,04	0,7218± ±0,0101	4,02± ±0,82	0,7427± ±0,0016	1,08± ±0,13	0,7529± ±0,0033	2,87± ±0,24	0,7529± ±0,0033	2,87± ±0,24	0,0051± ±0,0190			
Лихівка (1968—1969), 9	0,4771± ±0,0252	-11,92± ±3,24	0,5421± ±0,0203	5,80± ±2,08	0,5554± ±0,0124	-3,40± ±1,30	0,5507± ±0,0021	-3,94± ±0,22	0,5422± ±0,0035	-1,25± ±0,38	0,5422± ±0,0035	-1,25± ±0,38	-0,0650± ±0,0324			
Полтава (1930—1952), 131	0,7066± ±0,0113	-2,67± ±1,28	0,7008± ±0,0156	-9,57± ±1,70	0,7116± ±0,0060	2,70± ±0,80	0,6954± ±0,0028	-0,45± ±0,32	0,7215± ±0,0070	-3,80± ±0,60	0,7215± ±0,0070	-3,80± ±0,60	0,0058± ±0,0193			
Христофорівка (1973—1975), 35	0,8169± ±0,0121	-8,15± ±0,88	0,8579± ±0,0082	-1,34± ±0,55	0,7549± ±0,0061	-1,80± ±0,47	0,7454± ±0,0012	-1,22± ±0,09	0,6995± ±0,0023	-3,41± ±0,19	0,6995± ±0,0023	-3,41± ±0,19	-0,0410± ±0,0146			
Шевченкове (1967—1968), 13	0,7117± ±0,0113	-3,99± ±0,94	0,7180± ±0,0833	-0,55± ±0,66	0,6980± ±0,0087	-0,01± ±0,58	0,6991± ±0,0013	-1,83± ±0,11	0,6932± ±0,0024	2,96± ±0,20	0,6932± ±0,0024	2,96± ±0,20	-0,0063± ±0,0140			
Катеринівка (1968—1970), 11	0,7200± ±0,0117	-10,33± ±0,98	0,7096± ±0,0808	5,89± ±0,59	0,6889± ±0,0087	2,24± ±0,74	0,6970± ±0,0016	0,87± ±0,13	0,6924± ±0,0033	3,43± ±0,50	0,6924± ±0,0033	3,43± ±0,50	0,0104± ±0,0142			
Сулівка (1971—1972), 12	0,8089± ±0,0105	-7,08± ±0,80	0,7716± ±0,0758	0,25± ±0,50	0,6898± ±0,0039	0,91± ±0,10	0,6901± ±0,0008	1,01± ±0,10	0,6866± ±0,0016	1,19± ±0,10	0,6866± ±0,0016	1,19± ±0,10	0,0373± ±0,0129			
Покровська Багачка (1971—1974), 21	0,6901± ±0,0072	-3,45± ±0,62	0,7354± ±0,0486	-3,02± ±0,29	0,7051± ±0,0460	-1,04± ±0,37	0,7001± ±0,0009	-1,80± ±0,05	0,7040± ±0,0019	-1,23± ±0,16	0,7040± ±0,0019	-1,23± ±0,16	-0,0453± ±0,0087			
Карло-Лікнехтівськ (1971—1972), 15	0,5880± ±0,0124	10,45± ±2,95	0,6596± ±0,0159	2,60± ±1,36	0,6963± ±0,0036	-0,26± ±0,40	0,6973± ±0,0007	0,18± ±0,07	0,7004± ±0,0019	0,27± ±0,15	0,7004± ±0,0019	0,27± ±0,15	-0,0716± ±0,0202			
Київ (1964—1966), 12	0,7405± ±0,0168	-9,66± ±1,60	0,7520± ±0,0130	-5,47± ±0,97	0,6496± ±0,0121	-1,26± ±1,33	0,6758± ±0,0020	-0,46± ±0,28	0,7104± ±0,0041	0,69± ±0,42	0,7104± ±0,0041	0,69± ±0,42	-0,0115± ±0,0212			
Березова Рудка (1975—1976), 11	0,7865± ±0,0139	-4,59± ±1,02	1,1934± ±0,0093	30,52± ±0,50	0,6442± ±0,0032	0,50± ±0,87	0,6972± ±0,0022	0,94± ±0,17	0,6137± ±0,0042	6,71± ±0,38	0,6137± ±0,0042	6,71± ±0,38	-0,4069± ±0,0167			
Харцизьк (1974—1979), 36	0,8048± ±0,0131	-3,21± ±1,00	0,7488± ±0,0080	4,20± ±0,61	0,7946± ±0,0109	-0,62± ±0,77	0,7946± ±0,0019	-0,67± ±0,14	0,7991± ±0,0045	-0,69± ±0,30	0,7991± ±0,0045	-0,69± ±0,30	0,0560± ±0,0153			
Кірово (1977—1982), 21	0,7733± ±0,0280	-6,34± ±2,14	0,7751± ±0,0175	-6,18± ±1,29	0,6870± ±0,0150	-0,3± ±1,23	0,6550± ±0,0028	-0,26± ±0,24	0,6849± ±0,0059	1,77± ±0,50	0,6849± ±0,0059	1,77± ±0,50	-0,0018± ±0,0330			
Висічі (1981—1984), 31	0,7180± ±0,0090	-6,65± ±0,75	0,7251± ±0,0060	-2,06± ±0,48	0,6698± ±0,0063	-2,7± ±0,53	0,6741± ±0,0013	-3,00± ±0,10	0,6947± ±0,0026	-1,60± ±0,22	0,6947± ±0,0026	-1,60± ±0,22	-0,0071± ±0,0108			
Шмакове (1958—1960), 27	0,6673± ±0,1295	56,17± ±12,45	0,6755± ±0,0847	-92,66± ±7,02	0,6167± ±0,0241	11,2± ±2,23	0,5685± ±0,0051	6,65± ±0,55	0,5619± ±0,0110	5,50± ±1,14	0,5619± ±0,0110	5,50± ±1,14	-0,0081± ±0,01547			
Інгулець (1961—1964), 18	1,8435± ±0,2056	-47,42± ±0,46	1,4549± ±0,1700	-34,86± ±8,90	0,6259± ±0,0320	-5,7± ±2,98	0,6162± ±0,0060	-3,09± ±0,38	0,5557± ±0,0102	0,46± ±1,50	0,5557± ±0,0102	0,46± ±1,50	0,3886± ±0,2668			

\* Тут і в табл. 2—4 — після введення поправок за вплив морських припливів, інерційних сил, еліпсоїду нормаль, нутацію Землі та еталонування апаратури.

\*\* Імовірне середньозважене для України -0,02952±0,00369.

Таблиця 2. Параметри головних припливних хвиль у напрямку Е—W для нахилоірних станцій України

Пункт, період (роки), кількість місячних серій спостережень	Припливні хвилі												$\gamma_{O_1 - \gamma_{K_1}}$ $\pm 0,0021$
	$O_1$ $R_T=4,96$ мс дуги		$K_1$ $R_T=6,98$ мс дуги		$N_2$ $R_T=1,96$ мс дуги		$M_2$ $R_T=10,24$ мс дуги		$S_2$ $R_T=4,76$ мс дуги		$\Delta\phi^0$		
	$\gamma$	$\Delta\phi^0$	$\gamma$	$\Delta\phi^0$	$\gamma$	$\Delta\phi^0$	$\gamma$	$\Delta\phi^0$	$\gamma$	$\Delta\phi^0$			
Перетонівка (1974—1986), 53	0,7097± ±0,0017	-4,50± ±0,14	0,7514± ±0,0012	-4,00± ±0,09	0,6987± ±0,0046	-2,14± ±0,36	0,6874± ±0,0009	-1,94± ±0,07	0,6826± ±0,0017	-2,49± ±0,15	-0,0417± ±0,0021		
Мурахівка (1969—1972), 26	0,6831± ±0,0022	-3,96± ±0,19	0,7223± ±0,0016	-4,29± ±0,13	0,6841± ±0,0057	-0,02± ±0,47	0,6920± ±0,0013	-1,17± ±0,09	0,7180± ±0,0020	-6,38± ±0,16	-0,0392± ±0,0027		
Дар'ївка (1964—1965), 15	0,7115± ±0,0056	-4,62± ±0,44	0,7478± ±0,0038	-2,93± ±0,28	0,6849± ±0,0013	-0,97± ±1,05	0,6719± ±0,0026	-2,59± ±0,21	0,6727± ±0,0052	-9,87± ±0,44	-0,0363± ±0,0068		
Великі Булдиша (1965—1966), 17	0,6861± ±0,0034	-5,17± ±0,28	0,7333± ±0,0023	-5,42± ±0,18	0,6777± ±0,0062	-0,29± ±0,51	0,6806± ±0,0012	-2,73± ±0,10	0,7017± ±0,0024	-6,26± ±0,20	-0,0472± ±0,0041		
Самотойвка (1967—1968), 8	0,6584± ±0,0039	-4,01± ±0,34	0,7066± ±0,0030	-3,02± ±0,24	0,7057± ±0,0093	-1,80± ±0,74	0,7035± ±0,0016	-1,06± ±0,13	0,7397± ±0,0033	-3,37± ±0,26	-0,0482± ±0,0049		
Лихівка (1968—1969), 9	0,7122± ±0,0036	-6,17± ±0,27	0,7696± ±0,0025	-5,41± ±0,18	0,7162± ±0,0104	-3,53± ±0,81	0,7113± ±0,0017	-3,69± ±0,13	0,7388± ±0,0030	-5,54± ±0,23	-0,0574± ±0,0044		
Полтава (1930—1952), 119	0,7402± ±0,0036	10,45± ±0,28	0,7887± ±0,0042	4,00± ±0,29	0,7256± ±0,0074	2,16± ±0,60	0,7021± ±0,0018	2,85± ±0,13	0,7317± ±0,0045	3,08± ±0,31	-0,0485± ±0,0055		
Христофорівка (1973—1975), 33	0,7250± ±0,0022	-4,72± ±0,17	0,7652± ±0,0014	-4,07± ±0,11	0,6833± ±0,0039	-1,74± ±0,33	0,6883± ±0,0008	-1,84± ±0,06	0,7255± ±0,0016	-3,61± ±0,12	-0,0402± ±0,0026		
Шевченкове (1967—1968), 15	0,7001± ±0,0026	-4,11± ±0,22	0,7372± ±0,0020	-2,41± ±0,15	0,6946± ±0,0082	0,91± ±0,66	0,6915± ±0,0017	1,41± ±0,13	0,7030± ±0,0031	-1,02± ±0,20	-0,0370± ±0,0033		
Катеринівка (1968—1970), 17	0,6972± ±0,0024	-0,96± ±0,19	0,7503± ±0,0017	-1,41± ±0,13	0,6900± ±0,0069	1,03± ±0,07	0,7002± ±0,0012	1,02± ±0,10	0,7127± ±0,0025	-0,59± ±0,20	-0,0532± ±0,0029		
Сулівка (1971—1972), 22	0,7046± ±0,0025	-4,20± ±0,20	0,7608± ±0,0018	-3,53± ±0,10	0,7044± ±0,0036	-1,60± ±0,30	0,7007± ±0,0007	-1,38± ±0,10	0,7196± ±0,0015	-4,23± ±0,10	-0,0562± ±0,0031		
Покровська Багачка (1971—1974), 13	0,6989± ±0,0015	2,59± ±0,22	0,7429± ±0,0011	3,79± ±0,15	0,7068± ±0,0028	5,77± ±0,22	0,6924± ±0,0007	5,82± ±0,05	0,7040± ±0,0013	3,18± ±0,20	-0,0439± ±0,0019		
Карло-Мікнехтівськ (1971—1972), 65	0,7112± ±0,0013	-2,21± ±0,11	0,7550± ±0,0006	-1,54± ±0,07	0,7070± ±0,0023	-0,97± ±0,18	0,6997± ±0,0004	0,24± ±0,08	0,7103± ±0,0009	-2,80± ±0,07	-0,0438± ±0,0014		
Київ (1964—1966), 12	0,7035± ±0,0096	-2,20± ±0,69	0,7466± ±0,0041	-2,13± ±0,41	0,6995± ±0,0071	3,66± ±0,33	0,7003± ±0,0030	0,75± ±0,23	0,7467± ±0,0061	0,64± ±0,42	-0,0431± ±0,0104		
Березова Рудка (1975—1976), 10	0,7122± ±0,0021	-4,92± ±0,16	0,7575± ±0,0012	-3,57± ±0,09	0,6986± ±0,0056	-0,92± ±0,42	0,7002± ±0,0010	-1,57± ±0,08	0,7544± ±0,0020	-0,96± ±0,13	-0,0454± ±0,0024		
Харцизьк (1974—1979), 37	0,6574± ±0,0072	-1,68± ±0,55	0,7044± ±0,0035	-0,67± ±0,40	0,7021± ±0,0094	3,51± ±1,16	0,6899± ±0,0022	1,74± ±0,23	0,6894± ±0,0062	0,04± ±0,48	-0,0470± ±0,0080		
Кірово (1977—1982), 42	0,7112± ±0,0033	-4,61± ±0,26	0,7508± ±0,0021	-4,16± ±0,16	0,7049± ±0,0076	-1,87± ±0,60	0,6984± ±0,0014	-2,05± ±0,11	0,7340± ±0,0029	-3,75± ±0,23	-0,0396± ±0,0039		
Висічі (1981—1984), 32	0,7016± ±0,0026	-4,26± ±0,21	0,7445± ±0,0018	-4,20± ±0,13	0,6953± ±0,0060	-1,89± ±0,47	0,6867± ±0,0011	-1,45± ±0,09	0,7130± ±0,0023	-4,42± ±0,18	-0,0428± ±0,0032		
Шмакове (1958—1960), 23	0,6378± ±0,0202	3,48± ±1,94	0,6832± ±0,0136	0,25± ±1,13	0,7285± ±0,0208	-1,45± ±1,75	0,6834± ±0,0056	-1,00± ±0,37	0,6787± ±0,0087	0,11± ±0,75	-0,0454± ±0,0244		
Інгулець (1961—1964), 19	0,7295± ±0,0144	8,70± ±1,37	0,7405± ±0,0094	4,91± ±0,70	0,6913± ±0,0143	-2,58± ±0,59	0,6713± ±0,0021	4,03± ±0,23	0,6543± ±0,0062	2,42± ±0,52	-0,0110± ±0,0172		

\* Імовірне середньовагове для України -0,04394±0,00056.

Таблиця 3. Параметри головних припливних хвиль для гравіметричних станцій України

Пункт, період, кількість місячних серій спостережень	Припливні хвилі												$\delta_{O_1} - \delta_{K_1}$
	$O_1$		$K_1$		$N_2$		$M_2$		$S_2$		$\Delta\varphi^0$		
	$R_1=31,1$ мкГал	$\Delta\varphi^0$	$R_1=43,8$ мкГал	$\Delta\varphi^0$	$R_2=7,2$ мкГал	$\Delta\varphi^0$	$R_2=37,54$ мкГал	$\Delta\varphi^0$	$R_2=17,4$ мкГал	$\Delta\varphi^0$			
Сімеїз (1982—1986), 26	1,1545± ±0,0014	-0,11± ±0,06	1,1323± ±0,0012	-0,06± ±0,06	1,1567± ±0,0045	0,08± ±0,18	1,1567± ±0,0007	-0,11± ±0,05	1,1652± ±0,0017	0,52± ±0,09	0,2222± ±0,0018		
Ялта (1966—1968), 24	1,1507± ±0,0006	-0,08± ±0,03	1,1334± ±0,0006	-0,06± ±0,02	1,1597± ±0,0023	-0,56± ±0,15	1,1556± ±0,0006	0,02± ±0,02	1,1761± ±0,0008	0,57± ±0,05	0,0173± ±0,0008		
Бахчисарай (1970—1971), 12	1,1613± ±0,0012	0,00± ±0,06	1,1432± ±0,0009	-0,20± ±0,04	1,1431± ±0,0048	0,62± ±0,24	1,1497± ±0,0009	-0,22± ±0,04	1,1653± ±0,0017	0,38± ±0,08	0,0181± ±0,0015		
Сімферополь (1964—1965), 14	1,1616± ±0,0014	-0,03± ±0,07	1,1433± ±0,0010	-0,05± ±0,05	1,1702± ±0,0039	0,41± ±0,18	1,1561± ±0,0008	-0,15± ±0,04	1,1729± ±0,0017	0,51± ±0,08	0,0183± ±0,0017		
Полтава (1973—1974), 12	1,1595± ±0,0012	-0,20± ±0,06	1,1394± ±0,0009	0,01± ±0,04	1,1475± ±0,0034	-0,70± ±0,17	1,1567± ±0,0007	-0,07± ±0,03	1,1759± ±0,0015	0,35± ±0,07	0,0201± ±0,0015		
Полтава (1974—1975), 12	1,1604± ±0,0011	-0,18± ±0,06	1,1413± ±0,0008	0,00± ±0,04	1,1396± ±0,0032	0,01± ±0,15	1,1551± ±0,0006	0,02± ±0,03	1,1745± ±0,0014	0,28± ±0,07	0,0191± ±0,0014		
Полтава (1975—1976), 12	1,1602± ±0,0012	-0,14± ±0,06	1,1383± ±0,0008	0,02± ±0,04	1,1447± ±0,0036	0,83± ±0,17	1,1510± ±0,0007	0,24± ±0,03	1,1624± ±0,0014	0,25± ±0,07	0,0219± ±0,0014		
Полтава (1980—1981), 12	1,1547± ±0,0016	0,35± ±0,08	1,1392± ±0,0011	-0,04± ±0,06	1,1454± ±0,0026	0,03± ±0,13	1,1585± ±0,0005	0,12± ±0,02	1,1642± ±0,0011	0,63± ±0,05	0,0155± ±0,0019		
Полтава (1987—1988), 12	1,1582± ±0,0010	-0,08± ±0,07	1,1396± ±0,0011	-0,05± ±0,06	1,1517± ±0,0038	-0,06± ±0,16	1,1555± ±0,0012	-0,20± ±0,05	1,1629± ±0,0016	0,11± ±0,08	0,0189± ±0,0003		
Полтава (1988—1989), 12	1,1581± ±0,0014	0,14± ±0,07	1,1416± ±0,0011	0,03± ±0,05	1,1534± ±0,0036	1,31± ±0,18	1,1577± ±0,0007	-0,20± ±0,03	1,1698± ±0,0014	0,69± ±0,07	0,0165± ±0,0018		
Полтава (1989—1990), 12	1,1592± ±0,0013	-0,06± ±0,06	1,1391± ±0,0010	-0,09± ±0,05	1,1741± ±0,0042	-0,62± ±0,20	1,1534± ±0,0008	-0,32± ±0,04	1,1694± ±0,0017	-0,01± ±0,08	0,0201± ±0,0014		
Полтава (1990—1991), 12	1,1614± ±0,0012	-0,12± ±0,06	1,1405± ±0,0009	-0,08± ±0,04	1,1549± ±0,0037	-1,01± ±0,18	1,1534± ±0,0008	-0,24± ±0,04	1,1682± ±0,0016	-0,07± ±0,08	0,0209± ±0,0015		
Полтава (1991—1992), 12	1,1578± ±0,0015	0,25± ±0,08	1,1411± ±0,0011	0,12± ±0,05	1,1487± ±0,0028	-0,40± ±0,14	1,1594± ±0,0006	0,24± ±0,03	1,1662± ±0,0012	0,50± ±0,06	0,0167± ±0,0019		
Полтава (1992—1993), 12	1,1616± ±0,0014	-0,13± ±0,07	1,1423± ±0,0009	0,02± ±0,05	1,1416± ±0,0035	-0,14± ±0,17	1,1551± ±0,0007	0,08± ±0,03	1,1728± ±0,0014	0,18± ±0,07	0,0193± ±0,0017		
Полтава (1993—1994), 12	1,1629± ±0,0015	0,10± ±0,12	1,1410± ±0,0008	0,14± ±0,13	1,1435± ±0,0034	0,76± ±0,38	1,1579± ±0,0008	0,31± ±0,19	1,1629± ±0,0016	0,55± ±0,14	0,0208± ±0,0009		
Полтава (1994—1995), 12	1,1612± ±0,0008	0,26± ±0,17	1,1406± ±0,0006	0,04± ±0,06	1,1553± ±0,0011	1,48± ±0,71	1,1565± ±0,0004	0,15± ±0,11	1,1627± ±0,0016	0,50± ±0,12	0,0193± ±0,0004		
Полтава (1995—1996), 12	1,1597± ±0,0005	0,22± ±0,15	1,1423± ±0,0008	0,04± ±0,05	1,1749± ±0,0054	0,86± ±0,39	1,1568± ±0,0005	0,08± ±0,07	1,1638± ±0,0013	0,65± ±0,19	0,0174± ±0,0006		
Полтава (1996—1997), 12	1,1634± ±0,0026	0,26± ±0,13	1,1427± ±0,0020	-0,04± ±0,10	1,1661± ±0,0040	-0,19± ±0,19	1,1595± ±0,0007	-0,21± ±0,04	1,1630± ±0,0016	0,37± ±0,08	0,0207± ±0,0033		
<b>Середнє арифметичне</b>	<b>1,1595± ±0,0007</b>	<b>0,02± ±0,05</b>	<b>1,1406± ±0,0007</b>	<b>0,02± ±0,03</b>	<b>1,1547± ±0,0025</b>	<b>0,25± ±0,18</b>	<b>1,1560± ±0,0006</b>	<b>0,02± ±0,05</b>	<b>1,1676± ±0,0011</b>	<b>0,38± ±0,07</b>	<b>0,0190± ±0,0006</b>		
<b>Середнє вагове</b>	<b>1,1598± ±0,0004</b>	<b>1,01± ±0,03</b>	<b>1,1408± ±0,0004</b>	<b>0,01± ±0,01</b>	<b>1,1541± ±0,0014</b>	<b>0,24± ±0,10</b>	<b>1,1563± ±0,0003</b>	<b>0,03± ±0,02</b>	<b>1,1668± ±0,0008</b>	<b>0,42± ±0,03</b>	<b>0,0191± ±0,0003</b>		

біжність для всіх пунктів і низький рівень середньоквадратичних помилок як для добових ( $O_1$  і  $K_1$ ), так і для півдобових ( $N_2$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ) хвиль (див. табл. 2). У напрямку N—S (див. табл. 1) аналогічна картина справедлива лише для півдобових хвиль. Параметри добових хвиль у зв'язку із незначними їх амплітудами на досліджуваних широтах виділено з помітно більшими середньоквадратичними помилками. Порівняно з аналогічними даними першоджерел, точність визначених після переобробки параметрів хвиль  $O_1$ ,  $K_1$ ,  $N_2$  і  $S_2$  збільшилась практично на порядок, а найбільшій хвилі  $M_2$  — удвічі-втричі. Це дає змогу отримати для кожного пункту спостережень імовірні амплітудні фактори та зсуви фаз хвилі  $M_2$ , як це робили раніше, а також використати інші головні припливні хвилі. У табл. 4, 5 наведені найімовірніші значення факторів  $\gamma$  і  $\delta$  й зсуву фази  $\Delta\phi$ , які отримані для кожного пункту спостережень та в цілому для України ваговим осередненням відповідних даних для напрямків N—S і E—W (див. табл. 1, 2) з використанням усіх зазначених хвиль, за винятком даних, де різниці фактора  $\gamma$  чи  $\Delta\phi$  конкретної хвилі і хвилі  $M_2$  напрямку E—W виходять за межі їх потрібних середньоквадратичних помилок.

У фактор  $\gamma$  для хвилі  $K_1$  введено поправку за резонансний вплив рідкого ядра Землі [Молоденский, Крамер, 1961]. Як ваги взято величини, які пропорційні амплітудам припливних хвиль та обернено пропорційні середньоквадратичним помилкам визначення їх факторів  $\gamma$  та  $\Delta\phi$ . За вагового осереднення цих даних з усіх пунктів спостережень, де за ваги прийнято величини, що обернено пропорційні квадрату суми відповідних середньоквадратичних помилок і абсолютних відхилень від середнього, отримали найімовірніші регіональні значення факторів  $\gamma$  та  $\Delta\phi$  для України:

$$\gamma = 0,69295 \pm 0,00081, \quad \Delta\phi = -0,44^\circ \pm 0,20^\circ.$$

Подібним способом отримано найімовірніші параметри  $\gamma$  та  $\Delta\phi$  із гравіметричних спостережень, але наведені у табл. 5 результати не враховують хвилю  $S_2$ , оскільки її амплітуда з не встановлених поки що причин виявилася систематично завищеною для всіх пунктів і періодів спостережень. Середньовагові значення припливних параметрів за даними гравіметричних спостережень такі:

$$\delta = 1,15680 \pm 0,00021, \quad \Delta\phi = 0,00^\circ \pm 0,03^\circ.$$

Числа Лява, що отримані із сумісних нахиломірних і гравіметричних спостережень, мають такі значення:

$$k = 0,3005 \pm 0,0017, \quad h = 0,6067 \pm 0,0025.$$

Ці числа слід вважати репрезентативними для території України.

Порівняємо отримані нами значення чисел Лява з аналогічними даними інших авторів. Так, Г. П. Пільнік [Пильник, 1970], проаналізувавши результати спостережень за зміною швидкості обертання Землі, що генерується довгоперіодичними зональними припливами, отримав для всієї Землі глобальне значення  $k=0,301 \pm 0,004$ . Із лазерних спостережень за штучними супутниками Землі для другої зональної гармоніки Г. В. Романова [Романова, 1984] отримала  $k=0,300 \pm 0,001$ . За даними екстензометричних спостережень, що виконані на 81 пункті у різних місцях земної кулі, А. А. Латиніна [Латынина, 1985] отримала число  $h=0,610 \pm 0,027$ . Із нахиломірних і гравіметричних спостережень В. Г. Баленко та Б. П. Перцев [Баленко, Перцев, 1987] знайшли, що  $k=0,292 \pm 0,0044$ , а  $h=0,5957 \pm 0,0057$ .

Таким чином, отримані з різних джерел числа Лява у межах їх помилок практично збігаються. Перевагою земноприпливних спостережень є те, що ці числа визначають одночасно, незалежно і без будь-яких припущень щодо внутрішньої будови Землі. Саме тому це дає змогу вирішувати питання про найімовірнішу теоретичну модель будови Землі та теорію її обертання. На сьогодні найвідомішими є теоретичні моделі М-I і М-II Молодєнського [Молоденский, Крамер, 1961], Гілберта—Дзівонського (модель 508) [Gilbert, Dziewonski, 1975], Деханта [Dehant, 1987], Гутенберга—Булена [Sasao et al., 1977], Вара [Wahr, 1981] та Метьюза [Mathews et al., 1995]. Теоретичні параметри цих моделей та експериментально отримані аналогічні дані на території України наведено у табл. 6.

Як видно, моделі Гутенберга—Булена, Вара та Метьюза найкраще відповідають отриманим нами амплітудним факторам  $\gamma$  і  $\delta$ , числам Лява  $h$  і  $k$  та їх відношенню. Слід зауважити, що отримані нами числа Лява  $h$  і  $k$  за величиною і точністю найкраще збігаються з даними, які отримав Г. П. Пільнік для всієї Землі. Тому з достатньо великою ймовірністю їх можна вважати не тільки регіональними, а й глобальними.

Важливим є також те, що земноприпливні спостереження дають інформацію про стан внутрішнього ядра Землі через його вплив на динаміку земної поверхні. Вперше про так званий динамічний ефект рідкого ядра Землі стало відомо із праць Ф. А. Слудського [Слудский, 1895], С. Хофа [Hough, 1896], І. А. Пуанкаре

Т а б л и ц я 4. Імовірні значення припливних параметрів для нахиломірних станцій України

Пункт спостережень	Напрямок N—S				Напрямок E—W				Середнє для станцій				
	$\gamma$	$m_\gamma$	$m_{\Delta\phi}$	$\Delta\phi^0$	$\gamma$	$m_\gamma$	$m_{\Delta\phi}$	$\Delta\phi^0$	$\gamma$	$m_\gamma$	$m_{\Delta\phi}$	$\Delta\phi^0$	$m_{\Delta\phi}$
Перегонівка	0,6863	$\pm 0,0032$	$\pm 0,45$	-3,81	0,6870	$\pm 0,0022$	$\pm 0,38$	-1,98	0,6868	$\pm 0,0018$	$\pm 0,38$	-3,29	$\pm 0,24$
Мурахівка	0,6783	$\pm 0,0030$	$\pm 0,52$	-1,36	0,6863	$\pm 0,0020$	$\pm 0,50$	-0,87	0,6891	$\pm 0,0018$	$\pm 0,50$	-1,10	$\pm 0,36$
Дар'івка	0,6398	$\pm 0,0049$	$\pm 0,68$	-3,25	0,6795	$\pm 0,0025$	$\pm 0,44$	-3,02	0,6795	$\pm 0,0025$	$\pm 0,44$	-2,89	$\pm 0,39$
Великі Будища	0,6608	$\pm 0,0035$	$\pm 0,49$	0,99	0,6816	$\pm 0,0026$	$\pm 0,60$	-2,74	0,6816	$\pm 0,0026$	$\pm 0,60$	-0,99	$\pm 0,40$
Саматоївка	0,7456	$\pm 0,0029$	$\pm 0,46$	1,75	0,7037	$\pm 0,0034$	$\pm 0,56$	-1,22	0,7037	$\pm 0,0034$	$\pm 0,56$	-0,13	$\pm 0,41$
Лихівка	0,5480	$\pm 0,0032$	$\pm 0,67$	-3,87	0,7116	$\pm 0,0031$	$\pm 0,37$	-4,20	0,7116	$\pm 0,0031$	$\pm 0,37$	-4,49	$\pm 0,33$
Полтава	0,6974	$\pm 0,0044$	$\pm 0,74$	-0,84	0,7021	$\pm 0,0038$	$\pm 0,39$	3,05	0,7001	$\pm 0,0029$	$\pm 0,39$	2,10	$\pm 0,38$
Христофорівка	0,7467	$\pm 0,0030$	$\pm 0,45$	-1,37	0,6874	$\pm 0,0025$	$\pm 0,46$	-1,82	0,6905	$\pm 0,0022$	$\pm 0,46$	-1,59	$\pm 0,32$
Шевченкове	0,6970	$\pm 0,0025$	$\pm 0,48$	-1,25	0,6969	$\pm 0,0021$	$\pm 0,55$	1,30	0,6969	$\pm 0,0016$	$\pm 0,55$	-0,33	$\pm 0,32$
Катеринівка	0,6950	$\pm 0,0029$	$\pm 0,56$	1,15	0,6984	$\pm 0,0025$	$\pm 0,36$	1,02	0,6970	$\pm 0,0019$	$\pm 0,36$	0,76	$\pm 0,30$
Судіївка	0,6889	$\pm 0,0021$	$\pm 0,35$	0,96	0,7022	$\pm 0,0021$	$\pm 0,48$	-1,46	0,6953	$\pm 0,0015$	$\pm 0,48$	0,12	$\pm 0,28$
Покровська Багачка	0,7015	$\pm 0,0023$	$\pm 0,34$	-1,76	0,6948	$\pm 0,0021$	$\pm 0,44$	5,80	0,6965	$\pm 0,0017$	$\pm 0,44$	2,90	$\pm 0,50$
Карло-Лібкнехтівськ	0,6981	$\pm 0,0021$	$\pm 0,39$	0,13	0,6997	$\pm 0,0024$	$\pm 0,44$	-0,27	0,6988	$\pm 0,0016$	$\pm 0,44$	-0,04	$\pm 0,29$
Київ	0,6758	$\pm 0,0040$	$\pm 0,57$	-0,10	0,7024	$\pm 0,0034$	$\pm 0,57$	0,75	0,7037	$\pm 0,0029$	$\pm 0,57$	0,30	$\pm 0,40$
Березова Рудка	0,6972	$\pm 0,0042$	$\pm 0,60$	0,85	0,6999	$\pm 0,0028$	$\pm 0,39$	-1,45	0,6991	$\pm 0,0023$	$\pm 0,39$	-0,62	$\pm 0,33$
Харцизьк	0,7961	$\pm 0,0032$	$\pm 0,47$	-0,67	0,6910	$\pm 0,0036$	$\pm 0,55$	1,93	0,6904	$\pm 0,0033$	$\pm 0,55$	-0,07	$\pm 0,34$
Кірове	0,6550	$\pm 0,0048$	$\pm 0,56$	0,37	0,6964	$\pm 0,0034$	$\pm 0,43$	-2,02	0,6943	$\pm 0,0031$	$\pm 0,43$	-1,35	$\pm 0,42$
Висічі	0,6735	$\pm 0,0031$	$\pm 0,39$	-2,41	0,6878	$\pm 0,0029$	$\pm 0,50$	-1,57	0,6898	$\pm 0,0024$	$\pm 0,50$	-2,10	$\pm 0,31$
Шмакове	0,5670	$\pm 0,0062$	$\pm 0,88$	6,31	0,6818	$\pm 0,0062$	$\pm 0,63$	-0,85	0,6818	$\pm 0,0062$	$\pm 0,63$	1,80	$\pm 0,80$
Інгулець	0,6167	$\pm 0,0078$	$\pm 0,88$	-3,09	0,6725	$\pm 0,0040$	$\pm 0,53$	4,21	0,6725	$\pm 0,0040$	$\pm 0,53$	2,02	$\pm 0,91$
<b>Імовірне середнє вагове для України</b>									<b>0,69295</b>			<b>-0,44</b>	<b><math>\pm 0,20</math></b>



**Т а б л и ц я 5.** Імовірні значення припливних параметрів для гравіметричних станцій України\*

Пункт спостережень	Варіанти осереднення											
	$P=1/(\Delta+m)^2$				$P=A/(\Delta+m)^2$				$P=A/(\Delta+m)$			
	$\delta$	$m_\delta$	$\Delta\varphi^0$	$m_{\Delta\varphi^0}$	$\delta$	$m_\delta$	$\Delta\varphi^0$	$m_{\Delta\varphi^0}$	$\delta$	$m_\delta$	$\Delta\varphi^0$	$m_{\Delta\varphi^0}$
Сімеїз	1,15596	$\pm 0,00060$	-0,07	$\pm 0,12$	1,15583	$\pm 0,00059$	-0,08	$\pm 0,11$	1,15512	$\pm 0,00065$	-0,08	$\pm 0,09$
Ялта	1,15554	0,00039	-0,01	0,06	1,15536	0,00035	0,00	0,05	1,15468	0,00054	-0,02	0,07
Бахчисарай	1,15813	0,00097	-0,03	0,11	1,15850	0,00089	-0,06	0,11	1,15791	0,00076	-0,09	0,10
Сімферополь	1,15745	0,00056	-0,03	0,11	1,15735	0,00050	-0,05	0,10	1,15873	0,00061	-0,05	0,09
Полтава	1,15800	0,00042	0,06	0,06	1,15832	0,00039	0,05	0,05	1,15851	0,00051	0,05	0,06
<b>Імовірне середнє арифметичне для України</b>	<b>1,15702</b>	<b>0,00053</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>1,15707</b>	<b>0,00064</b>	<b>-0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>1,15700</b>	<b>0,00087</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,05</b>
<b>Імовірне середньозагове для України</b>	<b>1,15677</b>	<b>0,00023</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>1,15680</b>	<b>0,00021</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>1,15697</b>	<b>0,00026</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,04</b>

\* Після введення поправок за вплив морських припливів, інерційних сил, еліпсоїду нормаль, нутацію і динамічний ефект рідкого ядра Землі та егалювання апаратури.

[Poincare, 1910]. Ці дослідники показали, що Земля з рідким сплющеним ядром крім нутації з чандлерівським періодом повинна мати вільну нутацію з добовим періодом. Для двох моделей будови Землі Г. Джеффріс і П. Вісенте [Jeffreys, Vicente, 1957] встановили період цієї нутації. У першій моделі ядро було однорідним і нестискуваним і мало додаткову масу в центрі. У другій моделі густину ядра змінювали за законом Роша, а для визначення густини та пружних властивостей оболонки залучали сейсмічні дані. При цьому розраховані періоди добової нутації виявилися різними, але її амплітуда задовільно узгоджувалась із даними спостережень.

У 1961 р. М. С. Молоденський опублікував об'єднану теорію нутації та припливних деформацій Землі [Молоденский, 1961]. Він розрахував точний період вільної нутації та її вплив на добові припливи, що викликають вимушені коливання полярної осі інерції Землі. За наближення частот вільної і вимушеної добової нутації Землі відбувається, як відомо, явище резонансу. М. С. Молоденський показав, що для двох найімовірніших моделей Землі з рідким ядром, яке не пов'язане з оболонкою, цей резонанс досить гострий. Амплітуда хвиль з меншими і більшими, але близькими до резонансного періодами різко змінюється. Проте у спектрі припливних хвиль немає гармоніки

з періодом, що дорівнює резонансному, який для моделей М-I і М-II становить  $23^{\text{h}}53^{\text{m}}00^{\text{s}}$  і  $23^{\text{h}}52^{\text{m}}58^{\text{s}}$  відповідно. Найближчі періоди до резонансного мають добові хвилі  $\phi_1$  та  $\psi_1$ , але їх амплітуди дуже малі і на сьогодні практично не виділяються із земноприпливних спостережень. Серед великих хвиль найближчою до резонансу є хвиля  $K_1$  з періодом, лише на  $3^{\text{m}}$  більшим за резонансний. Наступна хвиля  $P_1$  має період, на  $11^{\text{m}}$  більший за резонансний, але значно меншу амплітуду порівняно із хвилею  $K_1$ . Період головної добової хвилі  $O_1$  становить  $23^{\text{h}}49^{\text{m}}$ , і вплив на її амплітуду резонансного ефекту рідкого ядра вже практично відсутній. Отже, різниця амплітудних факторів хвиль  $K_1$ ,  $P_1$  і  $O_1$  генерується ядром Землі і є індикатором його стану.

У зв'язку із близькими періодами хвиль  $K_1$  і  $P_1$  визначити їх точні параметри із місячної серії щогодинних спостережень практично неможливо. Фактично виділяють хвилю  $K_1$ , яка дещо спотворена впливом хвилі  $P_1$ . Лише за осереднення цих результатів на річному інтервалі спостережень можна отримати параметри хвилі  $K_1$ , що практично вільні від впливу хвилі  $P_1$ . Для більш строгого відокремлення параметрів хвиль  $K_1$  і  $P_1$  існують схеми Б. П. Перцева [Перцев, 1963], П. С. Матвеева [Матвеев, 1970б], а в річному ряді неперервних спосте-

**Таблиця 6.** Параметри вірогідних моделей внутрішньої будови Землі та отримані експериментальні дані на території України

Модель будови Землі	Амплітудні фактори		Числа Лява		Різниця амплітудних факторів припливних хвиль $O_1$ і $K_1$		$h/k$
	$\gamma$	$\delta$	$h$	$k$	$\gamma_{O_1} - \gamma_{K_1}$	$\delta_{O_1} - \delta_{K_1}$	
Молоденського [Молоденский, 1961]							
М-I	0,686	1,160	0,621	0,307	-0,046	0,021	0,4946
М-II	0,685	1,165	0,615	0,301	-0,044	0,021	0,4895
Гільберта—Дзівонського M 508 [Gilbert, Dziewonski, 1975]	0,6912	1,1567	0,6130	0,3042	—	—	0,4962
Деханта [Dehant, 1987]	0,6973	1,1548	0,5985	0,2958	-0,0421	0,0220	0,4961
Гутенберга—Булена [Sasao et al., 1977]	0,6928	1,1570	0,6071	0,2994	—	—	0,4930
Вара [Wahr, 1981]	0,6950	1,1560	0,6030	0,2980	-0,0428	0,0218	0,4942
Метьюза M-PREM [Mathews, 1995]	0,6947	1,1562	0,6036	0,2983	-0,0406	0,0202	0,4942
Експериментальні дані для України	$0,6930 \pm \pm 0,0008$	$1,1568 \pm \pm 0,0002$	$0,6076 \pm \pm 0,0025$	$0,3005 \pm \pm 0,0017$	$-0,0439 \pm \pm 0,0006$	$0,0191 \pm \pm 0,0003$	0,4946

режень їх добре розділяє метод гармонічного аналізу А. Венедікова [Venedikov, 1960].

У табл. 2 наведені різниці фактора  $\gamma$  для хвиль  $K_1$  і  $O_1$  та їх середньоквадратичні помилки, що отримані для всіх нахиломірних пунктів України у напрямку Е—W, де земноприпливні спостереження проводили не менше року. У напрямку N—S на широтах України ці хвилі мають дуже малу амплітуду і виділяються з досить великими помилками. У табл. 3 наведені аналогічні дані з гравіметричних спостережень.

Найдостовірніші регіональні значення різниці амплітудних факторів  $\gamma$  і  $\delta$  для хвиль  $O_1$  і  $K_1$  отримані як середньовагове відповідних гравіметричних і нахиломірних даних у напрямку Е—W з усіх пунктів України. Як ваги використано величини, що обернено пропорційні квадрату суми відповідних середньоквадратичних помилок і абсолютних відхилень від середнього. Порівнявши їх із аналогічними теоретичними розрахунками авторів моделей будови Землі, що наведені у табл. 6, бачимо, що моделі Гутенберга—Булена, Вара, Метьюза найкраще узгоджуються із отриманими нами даними, проте реальні похибки ще не дають змоги стверджувати це беззаперечно.

**Висновки.** Із багаторічних та неперервних гравіметричних і нахиломірних спостережень на території України отримано високоточні регіональні числа Лява  $h$  і  $k$  та різниці гравіметричного й нахиломірного амплітудних фак-

торів припливних хвиль  $K_1$  і  $O_1$ , що характеризують динамічний ефект та стан внутрішнього ядра і сприяють вибору найдостовірнішої моделі внутрішньої будови Землі.

Переобробка раніше виконаних нахиломірних і гравіметричних спостережень на пунктах України із застосуванням методики виключення аномальних гідротермічних збурень суттєво (на порядок) підвищила точність виділення параметрів припливних хвиль  $O_1$ ,  $K_1$ ,  $N_2$  та  $S_2$ , а найбільшій припливної хвилі  $M_2$  — удвічі-втричі, що дало змогу отримати високоточні регіональні фактори  $\gamma$  і  $\delta$ .

Різниця фактора  $\gamma$ , що спостерігається між напрямками N—S та Е—W практично на всіх нахиломірних станціях України, генерується впливом інерційних сил Землі, дальніх зон океанічних припливів і внеском топографії, геології й добових збурень гідротермічного походження. Показано, що після введення відповідних поправок та виключення аномальних збурень різниця  $\gamma_N - \gamma_E$  практично зникає для нахиломірних пунктів, які розташовані на рівнинній місцевості і віддалені від тектонічних порушень цілісності земної кори.

Основною причиною появи різниці  $\gamma_N - \gamma_E$  є сумарний вплив ефекту топографії та ефекту геології за умови розташування нахиломірних станцій на схилах, що перевищують  $1-2^\circ$  дуги та поблизу тектонічних порушень земної кори переважно субширотного простягання.

## Список літератури

- Аксентьева З. Н. Результаты 11-летнего ряда наблюдений (с 1930 по 1941 г.) над колебаниями отвеса в Полтаве. *Труды Полтав. гравиметр. обсерватории*. Т. 2. Киев: Изд-во АН СССР, 1948. С. 121—128.
- Аксентьева З. М., Баленко В. Г., Булацен В. Г. Спостереження варіацій вертикальної складової сили тяжіння на території України в 1955—1997 рр. *Кинематика и физика небесных тел*. 2002. Т. 18. № 3. С. 195—204.
- Аксентьева З. Н., Булацен В. Г., Токарь В. И. О переобработке 11-летнего ряда наблюдений (1930—1944 гг.) над колебаниями отвеса в Полтаве. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1970. Вып. 2. С. 3—8.
- Аксентьева З. Н., Чупрунова О. В. Первые результаты наклономерных наблюдений в Предкарпатском краевом прогибе. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1970. Вып. 1. С. 280—283.
- Баленко В. Г. Исследование наклонов земной поверхности по профилю Киев—Артемовск. Киев: Наук. думка, 1980. 173 с.
- Баленко В. Г. Эффект топографии в приливных наклонах на станциях профиля Киев—Артемовск. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1981. Вып. 13. С. 3—10.
- Баленко В. Г., Булацен В. Г., Новикова А. Н. Приливные изменения силы тяжести в Полтаве 1980—1981 гг. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1983. Вып. 15. С. 3—11.
- Баленко В. Г., Булацен В. Г., Дычко И. А., Новикова А. Н., Павлык В. Г., Шликать Г. Н. Наблюдение приливных изменений силы тяжести в Симеизе. *Научн. информации*. 1987. Вып. 62. С. 3—6.
- Баленко В. Г., Кутный А. М., Новикова А. Н. Наклономерные наблюдения в г. Карло-Либкнехтовске по программе изучения эффекта полости. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1979. Вып. 11. С. 18—23.

- Баленко В. Г., Кутный А. М., Нови́кова А. Н. Результаты наблюдений приливных наклонов на станции «Покровская Багачка». *Вращение и приливные деформации Земли*. 1975. Вып. 7. С. 15—21.
- Баленко В. Г., Кутный А. М., Нови́кова А. Н. Результаты наблюдений приливных наклонов на станции «Шевченко» Карловского района Полтавской области. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1970а. Вып. 2. С. 41—56.
- Баленко В. Г., Кутный А. М., Нови́кова А. Н. Результаты наклономерных наблюдений в Киево-Печерской Лавре в 1964—1966 гг. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1970б. Вып. 1. С. 249—264.
- Баленко В. Г., Кутный А. М., Нови́кова А. Н. Результаты наклономерных наблюдений на станции «Березовая Рудка». *Вращение и приливные деформации Земли*. 1978. Вып. 10. С. 14—22.
- Баленко В. Г., Кутный А. М., Нови́кова А. Н. Результаты наблюдений приливных наклонов на станции «Катериновка». *Вращение и приливные деформации Земли*. 1972. Вып. 4. С. 65—75.
- Баленко В. Г., Кутный А. М., Нови́кова А. Н., Александров И. М. Наклономерные наблюдения в шахте № 1 рудоуправления «Артемсоль» (камера 2). *Вращение и приливные деформации Земли*. 1974. Вып. 6. С. 36—42.
- Баленко В. Г., Перцев Б. П. Определение чисел Лява по результатам земноприливных наблюдений в регионе Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ). *Кинематика и физика небесных тел*. 1987. Т. 3. № 3. С. 45—48.
- Богдан И. Ю., Голубицкий В. Г., Матвеев П. С. Наклономерные наблюдения на станции «Перегоновка». *Вращение и приливные деформации Земли*. 1977. Вып. 9. С. 12—15.
- Богдан И. Д., Лысенко Г. М., Матвеев П. С. Результаты гармонического анализа наклономерных наблюдений в Великих Будищах. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1970. Вып. 1. С. 264—280.
- Богдан И. Д., Матвеев П. С. Предварительные результаты наклономерных наблюдений в Дарьевке. В кн.: *Земные приливы*. Киев: Наук. думка, 1966. С. 9—13.
- Богданов К. Т. Приливы Мирового океана. Москва: Наука, 1975. 109 с.
- Булацен В. Г., Богдан И. Ю. О влиянии суточной метеорологической волны  $S_1$  на результаты гармонического анализа 11-летнего (1930—1941 гг.) ряда наклономерных наблюдений в Полтаве. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1978. Вып. 10. С. 48—51.
- Голубицкий В. Г., Кривонос А. Л., Пасынков Г. Д. Наклономерные наблюдения в районе Севастополя. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1984. Вып. 16. С. 16—21.
- Голубицкий В. Г., Матвеев П. С., Богдан И. Ю., Кривонос А. Л., Славинская Е. А. Результаты гармонического анализа наклономерных наблюдений на пункте «Перегоновка» за 1974—1978 гг. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1982. Вып. 14. С. 23—31.
- Голубицкий В. Г., Матвеев П. С., Богдан И. Ю., Славинская Е. А. Результаты гармонического анализа наклономерных наблюдений в Христофоровке. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1977. Вып. 9. С. 3—12.
- Доброхотов Ю. С., Лысенко В. И. Наблюдение приливных изменений силы тяжести в Киеве. *Изучение земных приливов*. 1963. № 3. С. 40—53.
- Дычко И. А., Токарь В. И. Наклоны земной поверхности в Инкермане. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1975. Вып. 7. С. 30—31.
- Корба П. С. Приливные вариации силы тяжести в Бахчисарае в 1968—1971 гг. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1973. Вып. 5. С. 16—23.
- Корба П. С. Приливные вариации силы тяжести в Симферополе в 1964—1966 гг. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1970. Вып. 1. С. 199—206.
- Корба П. С., Корба С. Н. Приливные изменения силы тяжести в Ялте 1966—1968 гг. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1970. Вып. 2. С. 18—34.
- Кривонос А. Л., Голубицкий В. Г., Матвеев П. С., Славинская Е. А. Результаты гармонического анализа наклономерных наблюдений на земноприливном пункте «Кирово». В кн.: *Приливы и вращение Земли*. Киев: Наук. думка, 1985. С. 3—17.
- Кривонос А. Л., Матвеев П. С., Голубицкий В. Г. Определение параметров важнейших земноприливных волн на пунктах «Висичи» и «Перегоновка-2». В кн.: *Вращение и деформации Земли*. Киев: Наук. думка, 1992. С. 130—138.
- Кутный А. М. Влияние меридиональных разломов на приливные наклоны. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1974. Вып. 6. С. 88—92.
- Кутный А. М., Бабич Т. М. Підвищення точності визначення резонансного впливу рідкого ядра Землі на земні приливи. *Геофиз. журн.* 2010. Т. 32. № 3. С. 140—142.
- Кутный А. М., Павлик В. Г., Бабич Т. М. Моделю-

- вання та роздільне виключення збурень земно-припливних спостережень. *Геофиз. журн.* 2013. Т. 35. № 2. С. 157—162.
- Латынина Л. А. Результаты экстензометрических исследований в геодинимике: Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Москва, 1985. 37 с.
- Матвеев П. С. О возможности использования результатов наклономерных наблюдений для исследования особенностей строения земной коры. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1970а. Вып. 1. С. 72—86.
- Матвеев П. С. Разделение суточных волн  $P_1$ ,  $K_1$ ,  $S_1$ . *Вращение и приливные деформации Земли.* 1970б. Вып. 2. С. 80—92.
- Матвеев П. С. Результаты гармонического анализа наклономерных наблюдений в Шмакове и Ингульце. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1972. Вып. 4. С. 105—170.
- Матвеев П. С., Богдан И. Д. Наблюдения наклонов земной поверхности на пунктах профиля Сумы—Херсон в 1964—1967 гг. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1970. Вып. 2. С. 8—18.
- Матвеев П. С., Богдан И. Д. Результаты наклономерных наблюдений в Дарьевке. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1972. Вып. 4. С. 44—54.
- Матвеев П. С., Богдан И. Д., Дубик Б. С., Славинская Е. А. Результаты гармонического анализа наклономерных наблюдений в Саматоевке и Лиховке. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1971. Вып. 3. С. 39—52.
- Матвеев П. С., Голубицкий В. Г., Кривонос А. Л., Славинская Е. А. Наклономерные наблюдения на пунктах «Кирово» и «Висичи». *Вращение и приливные деформации Земли.* 1983. Вып. 15. С. 11—21.
- Матвеев П. С., Голубицкий В. Г., Богдан И. Ю., Славинская Е. А. Наклономерные наблюдения в Христофоровке. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1976а. Вып. 8. С. 33—35.
- Матвеев П. С., Евтушенко Е. И., Верега В. С. Наклономерные наблюдения в районе г. Харцизска. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1976б. Вып. 8. С. 23—26.
- Матвеев П. С., Евтушенко Е. И., Пустовитенко В. Г., Дубик Б. С. Определение параметров важнейших земноприливных волн в наклоне земной поверхности на пункте «Симферополь» по данным наблюдений за 1974—1977 гг. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1979. Вып. 11. С. 9—18.
- Матвеев П. С., Островский А. Е., Голубицкий В. Г., Богдан И. Ю., Дубик Б. С., Славинская Е. А. Результаты гармонического анализа наклономерных наблюдений на станции «Судиевка» за 1971—1973 гг. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1975. Вып. 7. С. 3—9.
- Мологенский С. М. Влияние вынужденной нутации Земли на результаты приливных наблюдений. В кн.: *Изучение земных приливов.* Москва: Наука, 1980. С. 36—41.
- Мологенский С. М. Влияние локальных неоднородностей коры и верхней мантии на приливные наклоны земной поверхности. *Вращение и приливные деформации Земли.* 1981. Вып. 13. С. 10—13.
- Мологенский М. С. Теория нутации и суточных земных приливов. В кн.: *Земные приливы и нутация Земли.* Москва: Изд-во АН СССР, 1961. С. 3—25.
- Мологенский М. С., Крамер М. В. Земные приливы и нутация Земли. Москва: Изд-во АН СССР, 1961. 40 с.
- Островский А. Е. Наклономер с фотоэлектрической регистрацией. *Изучение земных приливов.* 1961. № 2. С. 41—75.
- Парийский Н. Н., Перцев Б. П. Влияние инерционных сил на наблюдения приливных изменений силы тяжести и наклонов. В кн.: *Изучение земных приливов.* Москва: Наука, 1980. С. 22—35.
- Перцев Б. П. Влияние морских приливов ближних зон на земноприливные наблюдения. *Изв. АН СССР. Физика Земли.* 1976. № 1. С. 13—22.
- Перцев Б. П. Оценка влияния морских приливов на земные в пунктах, удаленных от океанов. В кн.: *Земные приливы и внутреннее строение Земли.* Москва: Наука, 1967. С. 10—22.
- Перцев Б. П. Разделение суточных приливных волн  $K_1$  и  $P_1$ . *Изучение земных приливов.* 1963. № 3. С. 88—91.
- Пильник Г. П. Астрономические наблюдения земных приливов. *Изв. АН СССР. Физика Земли.* 1970. № 3. С. 3—14.
- Романова Г. В. Определение числа Лява  $k$  из лазерных наблюдений искусственных спутников Земли: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Москва, 1984. 14 с.
- Слудский Ф. А. Нутации Земли с жидким ядром. *Бюл. Общества естествоиспытателей.* 1895. № 2. С. 17—35.
- Чупрунова О. В. Результаты гармонического ана-

- лиза наклономерных наблюдений в Полтаве в 1948—1952 гг. методом П. С. Матвеева. *Вращение и приливные деформации Земли*. 1980. Вып. 12. С. 58—62.
- Chiaruttini C., 1976. Tidal loading on the Italian peninsula. *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* 46(3), 773—793.
- Dehant V., 1987. Tidal parameters for an inelastic Earth. *Phys. Earth Planet. Int.* 49, 97—116.
- Gilbert F., Dziewonski A. M., 1975. An application of normal mode theory to the retrieval of structural parameters and source mechanisms from seismic spectra. *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* 278(1280), 187—269.
- Harrison J. C., 1976. Cavity and topographic effects in tilt and strain measurement. *J. Geophys. Res.* 81(2), 319—328.
- Hough S., 1896. The rotation of an elastic spheroid. *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* 187, 319—344.
- Jeffreys H., Vicente R., 1957. The theory of nutation and the variation of latitude. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 117(2), 142—162.
- King G. C. P., Bilham R. G., 1973. Tidal tilt measurement in Europe. *Nature* 243(1), 74—75.
- Leclazolzet R., Wittlinger G., 1974. Sur l'influence perturbatrice de la deformation der cavites d'observation sur les marees clinometriques. *C. R. Acad. Sci. Paris* 278, 663—666.
- Mathews P. M., Buffett B. A., Shapiro I. I., 1995. Love numbers for diurnal tides: Relation to wobble admittances and resonance expansions. *J. Geophys. Res.* 100, 9935—9948.
- Poincare H., 1910. Sur la precession des corps deformables. *Bull. Astron.* 27, 321—356.
- Sasao T., Okubo Sh., Saito M., 1977. A simple theory on the dynamical effects of a stratified fluid core upon nutational motion of the Earth. *Nutation and the Earth's rotation. Simp. № 78 Int. Fstron. Union.*, P. 165—183.
- Schwidersky E., 1980. On chorting global ocean tides. *Rew. Geophys. Space Phys.* 18(1), 243—268.
- Venedikov A. P., 1960. Une méthode pour l'analyse des marées terrestres á partir d'enregistrements de longueur arbitraire. *Série Géophys. Obs. Roy. de Belg.* 71, 463—485.
- Wahr J. M., 1981. Body tides on an elliptical, rotating, elastic, and oceanless Earth. *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* 64, 677—703.
- Wenzel H. G., 1974. The correction of tidal development to ellipsoidal normal. *BIM* (68), 37—90.

## Results and analysis of the Earth's tidal observations in the territory of Ukraine

© A. M. Kutniy, V. G. Pavlyk, V. G. Bulatsen, V. G. Golubytskiy, I. Yu. Bogdan, P. S. Korba, T. M. Babych, V. P. Plys, 2015

1300 monthly series of continuous tiltmeter and gravimetric observations have been processed on 25 earth tide stations of Ukraine. High-precision regional parameters  $\gamma$  and  $\delta$  of the main tidal waves, Love's numbers  $h$  and  $k$ , differences of amplitude factors of diurnal tidal waves  $O_1$  and  $K_1$  have been received, which characterize the real physical properties and condition of the Earth's core and promote a choice or construction of its most reliable model.

**Key words:** earth tides, tiltmetric and gravimetric observations, disturbing factors, analysis of earth tides observations, tidal parameters, Love numbers, resonance of Earth's core.

### References

- Aksent'eva Z. N., 1948. Results of 11 years of observations (from 1930 to 1941) on the fluctuations plumbet in Poltava. *Proceedings Poltav. Gravimeter. Observatory. Vol. 2*. Kiev: Publ. House of the USSR Academy, P. 121—128 (in Russian).
- Aksent'eva Z. N., Balenko V. G., Bulatsen V. G., 2002. Observations of variations of the vertical component of gravity on the territory of Ukraine in 1955—1997. *Kinematika i fizika nebesnyih tel* 18(3), 195—204 (in Ukrainian).
- Aksent'eva Z. N., Bulatsen V. G., Tokar V. I., 1970. On reprocessing the 11-year series of observations

- (1930—1944) above the fluctuations plummet in Poltava. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 2), 3—8 (in Russian).
- Aksent'eva Z. N., Chuprunova O. V., 1970. First results tiltmetric of observations in the Carpathian basin boundary. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 1), 280—283 (in Russian).
- Balenko V. G., 1980. Research tilt of Earth's surface profile Kiev—Artemovsk. Kiev: Naukova Dumka, 173 p. (in Russian).
- Balenko V. G., 1981. Effect of topography in tidal stations on the slopes profile Kiev Artemovsk. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 13), 3—10 (in Russian).
- Balenko V. G., Bulatsen V. G., Novikova A. N., 1983. Tidal changes of gravity in Poltava of 1980—1981. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 15), 3—11 (in Russian).
- Balenko V. G., Bulatsen V. G., Dychko I. A., Novikova A. N., Pavlyk V. G., Shlykar G. N., 1987. Observation of tidal gravity changes Simeis. *Nauchnye infomatsii* (62) 3—6 (in Russian).
- Balenko V. G., Kutny A. M., Novikova A. N., 1979. Tiltmetric observations in Carlo-Libknehtovske for program study the effect of the cavity. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is.11), 18—23 (in Russian).
- Balenko V. G., Kutny A. M., Novikova A. N., 1975. The results of observations of tidal tilts at the station «Pokrovskaya Bagachka». *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 7), 15—21 (in Russian).
- Balenko V. G., Kutny A. M., Novikova A. N., 1970a. The results of observations of tidal tilts at the station «Shevchenkovo» Karlov district, Poltava region. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 2), 41—56 (in Russian).
- Balenko V. G., Kutny A. M., Novikova A. N., 1970b. Results tiltmetric observations in the Kiev-Pechersk Lavra in 1964—1966. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 1), 249—264 (in Russian).
- Balenko V. G., Kutny A. M., Novikova A. N., 1978. Results tiltmetric observations at the station «Berezovaya Rudka». *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 10), 14—22 (in Russian).
- Balenko V. G., Kutny A. M., Novikova A. N., 1972. The results of observations of tidal tilts at the station «Katerinovka». *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 4), 65—75 (in Russian).
- Balenko V.G., Kutny A. M., Novikova A. N., Alexandrov I. M., 1974. Tiltmetric observations in the mine number 1 Mine Group «Artemsol» (Camera 2). *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 6), 36—42 (in Russian).
- Balenko V. G., Pertsev B. P., 1987. Numbers Definition of Love by results zemnoprilivnyh observations in the region of the Dnieper-Donets depression (DDD). *Kinematika i fizika nebesnyih tel* 3(3), 45—48 (in Russian).
- Bogdan I. Yu., Golubitskiy V. G., Matveev P. S., 1977. Tiltmetric observation station «Peregonovka». *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 9), 12—15 (in Russian).
- Bogdan I. D. Lysenko G. M., Matveev P. S., 1970. Results of harmonic analysis tiltmetric observations in the Great Budyscha. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is.1), 264—280 (in Russian).
- Bogdan I. D., Matveev P. S., 1966. Preliminary results tiltmetric observations Darevke. In: *Earth tides*. Kiev: Naukova Dumka, P. 9—13 (in Russian).
- Bogdanov K. T., 1975. Tides of the ocean. Moscow: Nauka, 109 p. (in Russian).
- Bulatsen V. G., Bogdan I. Yu., 1978. On the effect of daily weather wave S1 on the results of the harmonic analysis of the 11-year (1930—1941). Tiltmetric number of observations in Poltava. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 10), 48—51 (in Russian).
- Golubitskiy V. G., Krivonos A. L., Pasynkov G. D., 1984. Tiltmetric observations near Sevastopol. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 16), 16—21 (in Russian).
- Golubitskiy V. G., Matveev P. S., Bogdan I. Yu., Krivonos A. L., Slavinskaya E. A., 1982. Results of harmonic analysis tiltmetric observations on the point «Peregonovka» for the years 1974—1978. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 14), 23—31 (in Russian).
- Golubitskiy V. G., Matveev P. S., Bogdan I. Yu., Slavinskaya E. A., 1977. The results of harmonic analysis tiltmetric observations in Hristoforovka. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is.9), 3—12 (in Russian).
- Dobrokhotov Yu. S., Lysenko V. I., 1963. Monitoring tidal changes of gravity in Kiev. *Izuchenie zemnyih prilivov* (3), 40—53 (in Russian).
- Dychko I. A., Tokar V. I., 1975. Tilt of Earth's surface in Inkerman. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 7), 30—31 (in Russian).
- Korba P. S., 1973. Tidal variations of gravity in Bakhchisarai in 1968—1971. *Vraschenie i prilivnyie deformatsii Zemli* (is. 5), 16—23 (in Russian).
- Korba P. S., 1970. Tidal variations of gravity in Simfero-

- pol in 1964—1966. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 1), 199—206 (in Russian).
- Korba P. S., Korba S. N., 1970. Tidal changes of gravity in Yalta 1966—1968. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 2) (in Russian).
- Kryvonos A. L., Golubitskiy V. G., Matveev P. S., Slavinskaya E. A., 1985. Results of harmonic analysis tiltmetric observations zemnoprilivnom paragraph «Kirov». In: *Tides and the Earth's rotation*. Kiev: Naukova Dumka, P. 3—17 (in Russian).
- Kryvonos A. L., Matveev P. S., Golubitskiy V. G., 1992. Defining the parameters of the most important zemnoprilivnyh waves at points «Visichi» and «Peregonovka-2». In: *Rotation and deformation of the Earth*. Kiev: Naukova Dumka, P. 130—138 (in Russian).
- Kutny A. M., 1974. Effect of meridional faults on tidal tilts. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 6), 88—92 (in Russian).
- Kutny A. M., Babich T. M., 2010. Improve the accuracy of the resonant effects of the liquid core of the Earth to earth tides. *Geofizicheskii zhurnal* 32(3), 140—142 (in Ukrainian).
- Kutny A. M., Pavlik V. G., Babich T. M., 2013. Modeling and separate exception disturbances zemnoprilivnih observations. *Geofizicheskii zhurnal* 35(2), 157—162 (in Ukrainian).
- Latynina L. A., 1985. Results ekstenzometricheskikh research in geodynamics: Dr. phys. and math. sci. diss. Abstract. Moscow, 37 p. (in Russian).
- Matveyev P. S., 1970a. On the possibility of using the results of observations tiltmetric for studies of the structure of the crust. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 1), 72—86 (in Russian).
- Matveyev P. S., 1970b. Separation of diurnal waves  $P_1$ ,  $K_1$ ,  $S_1$ . *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 2), 80—92 (in Russian).
- Matveyev P. S., 1972. The results of harmonic analysis tiltmetric observations Shmakova and Ingulets. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 4), 105—170 (in Russian).
- Matveyev P. S., Bogdan I. D., 1970. Observations on the slopes of the earth's surface profile points in Kherston—Sumy 1964—1967. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 2), 8—18 (in Russian).
- Matveyev P. S., Bogdan I. D., 1972. Results tiltmetric observations in Darevka. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 4), 44—54 (in Russian).
- Matveyev P. S., Bogdan I. D., Dubik B. S., Slavinskaya E. A., 1971. Results of harmonic analysis tiltmetric observations Samatovke and Lihovke. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 3), 39—52 (in Russian).
- Matveyev P. S., Golubitskiy V. G., Krivonos A. L., Slavinskaya E. A., 1983. Tiltmetric observations on points «Kirov» and «Visichi». *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 150), 11—21 (in Russian).
- Matveyev P. S., Golubitskiy V. G., Bogdan I. Yu., Slavinskaya E. A., 1976a. Tiltmetric observation in Hristoforovka. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 8), 33—35 (in Russian).
- Matveyev P. S., Evtushenko E. I., Vereda V. S., 1976b. Tiltmetric surveillance in the area of Hartziskoye. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 8), 23—26 (in Russian).
- Matveyev P. S., Evtushenko E. I., Pustovitenko V. G., Dubik B. S., 1979. Defining the critical zemnoprilivnyh waves in the slopes of the earth's surface at the point of «Simferopol» according to the observations of 1974—1977. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 11), 9—18 (in Russian).
- Matveyev P. S., Ostrovskiy A. E., Golubitskiy V. G., Bogdan I. Yu., Dubik B. S., Slavinskaya E. A., 1975. Results of harmonic analysis tiltmetric observations at the station «Sudievka» for 1971—1973. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 7), 3—9 (in Russian).
- Molodenskiy S. M., 1980. Effect of forced nutation of the Earth on the results of tidal observations. In: *The study of earth tides*. Moscow: Nauka, P. 36—41 (in Russian).
- Molodenskiy S. M., 1981. Influence of local inhomogeneity of the crust and upper mantle on the slopes prilivnyne the earth's surface. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 13), 10—13 (in Russian).
- Molodenskiy S. M., 1961. The theory of nutation and subsistence earth tides. In: *Terrestrial tides and nutation of the Earth*. Moscow: Publ. House of the USSR Academy of Sciences, P. 3—25 (in Russian).
- Molodenskiy S. M., Kramer M. V., 1961. Earth tides and nutation of the Earth. Moscow: Publ. House of the USSR Academy of Sciences, 40 p. (in Russian).
- Ostrovskiy A. E., 1961. Tiltmeter photoelectric recording. *Izuchenie zemnyih prilivov* (2), 41—75 (in Russian).
- Pariyskiy N. N., Pertsev B. P., 1980. Effect of inertial forces on the observations of tidal gravity changes and slopes. In: *The study of earth tides*. Moscow: Nauka, P. 22—35 (in Russian).
- Pertsev B. P., 1976. The influence of tidal zones near zemnoprilivnye observation. *Izvestiya AN SSSR. Fizika Zemli* (1), 13—22 (in Russian).



- Pertsev B. P.*, 1967. Assessing the impact of tides on the earth at points distant from the ocean. In: *Terrestrial tides and the internal structure of the Earth*. Moscow: Nauka, P. 10—22 (in Russian).
- Pertsev B. P.*, 1963. Separation of diurnal tidal waves  $K_1$  and  $P_1$ . *Izuchenie zemnyih prilivov* (3), 88—91 (in Russian).
- Pylnik G. P.*, 1970. Astronomical observations of earth tides. *Izvestiya AN SSSR. Fizika Zemli* (3), 3—14 (in Russian).
- Romanova G. V.*, 1984. Determination Love number  $k$  of laser observations of artificial satellites: Cand. phys. and math. sci. diss. Abstract. Moscow, 14 p. (in Russian).
- Sludskiy F. A.*, 1895. Nutation of the Earth with liquid core. *Byulleten obschestva estestvoispyitateley* (2), 17—35 (in Russian).
- Chuprunova O. V.*, 1980. Results of harmonic analysis tiltmetric observations in Poltava in 1948—1952. by P. S. Matveyev. *Vraschenie i prilivnye deformatsii Zemli* (is. 12), 58—62 (in Russian).
- Chiaruttini C.*, 1976. Tidal loading on the Italian peninsula. *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* 46(3), 773—793.
- Dehant V.*, 1987. Tidal parameters for an inelastic Earth. *Phys. Earth Planet. Int.* 49, 97—116.
- Gilbert F., Dziewonski A. M.*, 1975. An application of normal mode theory to the retrieval of structural parameters and source mechanisms from seismic spectra. *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* 278(1280), 187—269.
- Harrison J. C.*, 1976. Cavity and topographic effects in tilt and strain measurement. *J. Geophys. Res.* 81(2), 319—328.
- Hough S.*, 1896. The rotation of an elastic spheroid. *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* 187, 319—344.
- Jeffreys H., Vicente R.*, 1957. The theory of nutation and the variation of latitude. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 117(2), 142—162.
- King G. C. P., Bilham R. G.*, 1973. Tidal tilt measurement in Europe. *Nature* 243(1), 74—75.
- Lecolazet R., Wittlinger G.*, 1974. Sur l'influence perturbatrice de la deformation der cavites d'observation sur les marees clinometriques. *C. R. Acad. Sci. Paris* 278, 663—666.
- Mathews P. M., Buffett B. A., Shapiro I. I.*, 1995. Love numbers for diurnal tides: Relation to wobble admittances and resonance expansions. *J. Geophys. Res.* 100, 9935—9948.
- Poincare H.*, 1910. Sur la precession des corps deformables. *Bull. Astron.* 27, 321—356.
- Sasao T., Okubo Sh., Saito M.*, 1977. A simple theory on the dynamical effects of a stratified fluid core upon nutational motion of the Earth. *Nutation and the Earth's rotation. Simp. № 78 Int. Fstron. Union.*, P. 165—183.
- Schwidersky E.*, 1980. On charting global ocean tides. *Rew. Geophys. Space Phys.* 18(1), 243—268.
- Venedikov A. P.*, 1960. Une méthode pour l'analyse des marées terrestres á partir d'enregistrements de longueur arbitraire. *Série Géophys. Obs. Roy. de Belg.* 71, 463—485.
- Wahr J. M.*, 1981. Body tides on an elliptical, rotating, elastic, and oceanless Earth. *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* 64, 677—703.
- Wenzel H. G.*, 1974. The correction of tidal development to ellipsoidal normal. *BIM* (68), 37—90.