

Підвищення точності визначення резонансного впливу рідкого ядра Землі на земні припливи

© А. М. Кутний, Т. М. Бабич, 2010

Полтавська гравіметрична обсерваторія Інституту геофізики НАН України,
Полтава, Україна

Надійшла 25 вересня 2009 р.

Представлено членом редколегії В. Г. Бахмутовим

Усовершенствована методика определения разности параметров приливных волн O_1 и K_1 , генерируемых жидким ядром Земли, что проявляется в динамике ее поверхности. Аprobация на экспериментальном материале шести наклономерных станций на территории Украины свидетельствует о повышении точности определения параметров суточных приливных волн и о возможности их использования при моделировании тонких структур внутреннего строения Земли.

A method for determination of the difference in parameters of the Earth's tidal waves O_1 and K_1 , which is generated by the Earth's liquid core and reveals itself in the dynamics of its surface, has been improved. The testing on the base of the experimental findings gathered on six tiltmeter stations indicates the improved accuracy in determination of the diurnal tidal waves parameters that can be used for modeling of the internal fine structures of the Earth.

Внутрішню будову Землі досліджують методом моделювання і зіставлення параметрів математичної моделі із реальними даними геологічних, сейсмічних та земноприливних спостережень. Найінформативнішими є сейсмічні дані, але вони, як правило, точно характеризують лише певні локальні властивості Землі в силу її неоднорідності. Земноприливні спостереження інформують про реакцію всієї Землі на вплив космічних сил, що добре відомі. Тому земні припливи є унікальним і єдиним явищем, що слугує для перевірки і побудови найбільш реальної моделі внутрішньої будови Землі. Зупинимось на одному із аспектів земноприливних спостережень, а саме нахиломірних. М. С. Молоденський показав [Melhior, 1983], що вплив ядра Землі в нахиломірних спостереженнях має виявлятися у збільшенні амплітудних факторів γ приливних хвиль K_1 , P_1 , ϕ_1 , і ψ_1 унаслідок резонансу земного припливу на цих частотах з близькодобовим колюванням осі інерції Землі, який зумовлений рідкою частиною ядра Землі. Фактор γ є відношення амплітуди реальної приливної хвилі до її теоретичного аналогу, обчисленого за умови абсолютно твердої і неподатливої приливним силам Землі. За розрахунками [Melhior, 1983], різниця амплітуд-

них факторів γ приливних хвиль O_1 і K_1 ($\gamma_{O_1} - \gamma_{K_1}$) має становити від 0,040 до 0,046 (моделі I, II) зі знаком «мінус». Вважається, що частота хвилі O_1 досить далека від резонансної частоти і вплив рідкого ядра Землі на її амплітуду практично нульовий. Порівняно з найдостовірнішим фактором γ найбільшої приливної хвилі M_2 ця різниця становить приблизно 5%, тобто є дуже малою. Крім того, хвилі добового періоду K_1 , P_1 , ϕ_1 , і ψ_1 близькі до частот збурювальних факторів метеорологічного походження, що унеможливає виділення цієї різниці з необхідною точністю. Амплітуди хвиль P_1 , ϕ_1 , і ψ_1 , значно менші за амплітуду хвилі K_1 і практично не визначаються сучасними методами гармонічного аналізу. Тому основна увага дослідників поки що зосереджена на визначенні різниці амплітудних факторів хвиль O_1 і K_1 . За умови здійснення високоточних і довгострокових нахиломірних спостережень у глибоких шурфах і шахтах, де вплив метеорологічних факторів є мінімальний, помилка визначення цієї різниці становить не менше 30%. Таким чином, отримані на сьогодні дані із нахиломірних спостережень ще мало придатні для моделювання тонких структур внутрішньої будови Землі. Для задоволення сучасних наукових

потреб необхідно, як мінімум, на порядок підвищити точність визначення різниці амплітудних факторів припливних хвиль O_1 і K_1 .

Однак існує реальна можливість вирішити це завдання вдосконаленням методики опрацювання нахиломірних спостережень. Суть цього вдосконалення полягає у нестандартному підході до процесу виключення дрейфу Y_D із вихідного ряду ординат щогодинних спостережень Y_H , що упорядкований з урахуванням аномальних стрибків.

Зауважимо, що існуючі схеми гармонічного аналізу [Venedicov, 1966, Матвеев, 1966] основані на комбінаційних методах виключення дрейфу із безпосередніх спостережень. З метою максимального збереження припливної інформації комбінації виключення дрейфу охоплюють інтервал спостережень у межах 36 год зі зсувом послідовно на 1 год. При цьому всі короткоперіодичні збурення зовсім не виключають, а навпаки, переносять на неушкоджені ділянки запису.

Кожна спостережена щогодинна ордината Y_H нахилу земної поверхні складається із ординати реального припливного нахилу Y_H та ординати дрейфу Y_D , так що

$$Y_H = Y_H + Y_D.$$

У свою чергу, Y_H є сумою ординат припливних гармонік, що мають різні початкові фази, частоти та амплітуди. Тому закономірно, що в певні моменти часу $Y_H = 0$, і тоді $Y_H = Y_D$. Якщо допустити, що дрейф ординат Y_D між цими послідовними моментами часу, де $Y_H = 0$, змінюється лінійно, то проінтерполювавши щогодинно, матимемо ряд щогодинних ординат дрейфу, а відтак і ряд ординат $\overline{Y_H}$, звільнених від лінійної і сталої частин дрейфу будь-якого походження (інструментального, метеорологічного, техногенного тощо). Слід зауважити, що жодних виправлень ординат Y_H при цьому не проводиться. В результаті гармонічного аналізу ряду ординат $\overline{Y_H}$ отримаємо достовірніше значення різниці амплітудних факторів хвиль O_1 і K_1 . Не виключено, що крім лінійної частини цей дрейф має й інші складові, але це питання подальших досліджень.

Таким чином, задача визначення дрейфу практично зводиться до встановлення моментів, коли $Y_H = 0$. Для цього скористаємось у першому наближенні теоретичною кривою нахилу земної поверхні, вирахованою для певного періоду і місця спостережень з ураху-

ванням найдостовірнішого значення $\Delta\phi$, що отримано для хвилі M_2 як найбільшої за амплітудою. Зауважимо, що величини амплітудних факторів γ припливних хвиль можуть бути будь-якими, але однаковими для всіх хвиль. Лише за таких умов фактор γ не впливає на момент переходу припливного нахилу через нуль.

Далі на моменти «нульових точок» знаходимо ординати Y_H спостереженої припливної кривої, що фактично показують істинний дрейф. Лінійна інтерполяція між цими моментами дає можливість отримати щогодинний лінійний дрейф ординат.

Оскільки на точність визначення моментів, коли $Y_H = 0$, впливає параметр $\Delta\phi$, що є різницею фаз відповідних припливних хвиль реального і теоретичного припливу, то становить інтерес виявлення залежності між ним і різницею амплітудних факторів хвиль O_1 і K_1 . Для цього один і той самий ряд місячних спостережень Y_H опрацьовували за різних варіантів його теоретичного аналогу, що обчислені на годину раніше і пізніше конкретного моменту початку спостережень. Отримані результати показали, що залежність різниці амплітудних факторів хвиль O_1 і K_1 від параметра $\Delta\phi$ є дуже незначною і в нашій задачі його достатньо знати з точністю до 1° дуги.

Запропонована методика підвищення точності визначення різниці амплітудних факторів хвиль O_1 і K_1 перевірена на фактичному матеріалі щогодинних нахиломірних спостережень, проведених на шести станціях протягом 1971—1979 рр. уздовж профілю Київ—Артемівськ [Баленко и др., 1970; 1972; 1974; 1975; 1979; Матвеев и др., 1975].

Нахиломірні спостереження на станції «Карло-Лібкнехтовськ» (нині «Соледар») виконані у соляній шахті 1 у напрямку Е—W на глибині 120 м від земної поверхні. Тут вплив збурювальних факторів гідротермічного походження мінімальний.

У п'яти інших пунктах (станції «Судіївка», «Березова Рудка», «Покровська Багачка», «Шевченково», «Катеринівка») нахиломірні спостереження виконані в однотипних шурфах завглибшки 10—16 м, де вплив гідротермічних факторів значніший. Особливо це стосується нахиломірних станцій «Покровська Багачка» і «Березова Рудка». Результати обробки за стандартною і запропонованою методиками наведено в таблиці.

Проаналізувавши наведені дані, доходимо висновку, що різниця $\gamma_{O_1} - \gamma_{K_1}$ після виключення лінійної частини дрейфу, згідно із за-

Результати визначення різниці амплітудних факторів припливних хвиль O_1 і K_1 ($\gamma_{O_1} - \gamma_{K_1}$) за даними нахиломірних станцій профілю Київ—Артемівськ (напрямок схід—захід)

Станція	Літературне джерело	Кількість місячних серій	Методика	
			стандартна	запропонована
Карло-Лібкнехтовськ (Соледар)	Баленко и др., 1974, 1979	12	$-0,0504 \pm 0,0150$	$-0,0428 \pm 0,0023$
Судіївка	Матвеев и др., 1975	22	$-0,1201 \pm 0,0216$	$-0,0513 \pm 0,0010$
Покровська Багачка	Баленко и др., 1975	13	$-0,1280 \pm 0,0500$	$-0,0460 \pm 0,0030$
Березова Рудка	Баленко и др., 1978	22	$-1,206 \pm 0,866$	$-0,0499 \pm 0,0262$
Катеринівка	Баленко и др., 1972	17	$-0,1270 \pm 0,0210$	$-0,0463 \pm 0,0048$
Шевченково	Баленко и др., 1970	15	$-0,0990 \pm 0,0688$	$-0,0436 \pm 0,0068$

пропонованою методикою, зменшилась за величиною майже на порядок і суттєво наблизилась до її теоретично змодельованого значення за умови наявності в тілі Землі рідкого ядра. На жаль, помилки визначення цих величин, за винятком спостережень у шахті, ще досить великі, хоча порівняно з аналогічними даними, отриманими на основі стандартної методики, зменшились на порядок.

Для подальшого підвищення точності визначення різниці амплітудних факторів припливних хвиль O_1 і K_1 зіставлено реальні ряди ординат погодинних спостережень з відповідними їм, які вираховані з найімовірнішими параметрами γ і $\Delta\phi$ основних припливних хвиль.

Виявилось, що для спостережень у шахті ці ряди практично збігаються, а для спосте-

режень у шурфах, де рівень гідротермічних збурень вищий, відбувається систематичне збільшення або зменшення ординат Y_n між «нульовими точками». Це засвідчує, що крім лінійної частини гідротермічний дрейф має і явну нелінійну, переважно квазігармонічну складову, частота якої практично збігається із частотою припливних хвиль, а амплітуда є нестабільною в часі. Звичайно, для точнішого виключення цих збурень необхідно мати додаткову інформацію про нахили земної поверхні гідротермічного походження. На жаль, нині це питання перебуває ще на початковій стадії і потребує подальших досліджень.

Список літератури

Баленко В. Г., Кутний А. М., Новикова А. Н. Наклономерные наблюдения в г. Карло-Либкнехтовске по программе изучения эффекта полости // Вращение и прилив деформации Земли. — 1979. — № 2. — С. 9—18.

Баленко В. Г., Кутний А. М., Новикова А. Н. Результаты наблюдений приливных наклонов на станции «Катериновка» // Вращение и прилив деформации Земли. — 1972. — Вып. 4. — С. 65—75.

Баленко В. Г., Кутний А. М., Новикова А. Н. Результаты наблюдений приливных наклонов на станции «Покровская Багачка» // Вращение и прилив деформации Земли. — 1975. — Вып. 7. — С. 15—21.

Баленко В. Г., Кутний А. М., Новикова А. Н. Результаты наблюдений приливных наклонов на станции «Шевченково» Карловского района Полтавской области // Вращение и прилив деформации Земли. — 1970. — Вып. 2. — С. 41—56.

Баленко В. Г., Кутний А. М., Новикова А. Н. Результаты наклономерных наблюдений на станции «Березовая Рудка» // Вращение и прилив деформации Земли. — 1978. — Вып. 10. — С. 14—22.

Баленко В. Г., Кутний А. М., Новикова А. Н., Александров И. М. Наклономерные наблюдения в шахте №1 рудоуправления «Артемсоль» (камера 2) // Вращение и прилив деформации Земли. — 1974. — Вып. 6. — С. 36—42.

Матвеев П. С. Гармонический анализ месячной серии наблюдений земных приливов // Земные приливы. — Киев: Наук. думка, 1966. — С. 51—79.

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 прилив деформации Земли. — 1975. — Вып. 7. — С. 3—9.

Melior P. The tides of the planet Earth. — New York: Pergamon press, 1983. — 641 p.

Venedicov A. P. Une methode pour l'analyse des marees terrestres a partir d'enregistrements de longusur arbitraire // Com. Obs. Roy. Belg. Ser. Geophys. — 1966. — 250, № 71. — P. 463—485.