

# ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНИХ СКЛАДОВИХ ЗМІНИ ТРИВАЛОСТІ ДОБИ

А.Г.Кириченко

Ужгородський державний університет, 88000, Ужгород, вул.Волошина, 54

Використовуючи метод найменших квадратів та дані тривалості доби, визначені їх періодичні складові, які зумовлені різними фізичними процесами.

## Вступ

Вивчення моделі Землі, а також її параметрів – це одна з задач астрометрії. Фундаментальні і прикладні дослідження в астрометрії тісно зв'язані між собою, їх важко відокремити. Для їх виконання потрібна висока точність, велика тривалість і однорідність рядів спостережень [1]. Це, в свою чергу, потребує постійного удосконалення методів обробки. Методом числового інтегрування прослідкована в минулому на інтервалі двох мільярдів років еволюція нахилу екватора до екліптики і кутової швидкості обертання Землі. Характерною особливістю еволюції є різка зміна її характеру при проходженні деякої критичної дати, яка відповідає епосі біля 1,46 мільярдів років назад, коли тривалість доби зменшилась до 16 годин [2].

Нерівномірність обертання Землі викликає зміну тривалості доби – одиницю виміру часу, що визначається з астрономічних спостережень. Коливання тривалості доби дуже малі і не мають практичного значення в житті людини, але наукове значення надзвичайно велике. Дослідження цієї проблеми привело до технічного прогресу, уточнило теорію руху тіл Сонячної системи, відкрило нову область вивчення Землі як планети [1].

Розглянемо деякі складові нерівномірності обертання Землі.

Періодичні коливання. Зміну тривалості доби в першому наближенні можна представити як суму гармонік з річним і піврічним періодом:

$$\Delta T_s = a \sin(t + \mu_1) + b \sin(2t + \mu_2),$$

де величини  $a$ ,  $b$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  є змінними.

Вікові зміни. Ці зміни можна дослідити, співставляючи спостережувані дані положень тіл Сонячної системи з ефемеридними. Різниця положень пояснюється недосконалістю гравітаційної теорії, неврахованими довгоперіодичними варіаціями елементів орбіт небесних тіл.

Випадкові флуктуації. Зміни швидкості обертання Землі відбуваються через нерівні проміжки часу (від одного до декількох десятків років) і мають різні величини і знаки. Так, до 1920 року відбулись чотири такі зміни: 1864, 1876, 1898, 1920рр. Величина відносної зміни кутової швидкості в 1898р. досягла  $3,9 \cdot 10^{-8}$ , а в 1920р. –  $4,5 \cdot 10^{-8}$  [3].

Природа випадкових флуктуацій не вивчена. Відомо лише, що ці флуктуації по величині перевищують зміну кутової швидкості за рахунок припливних сил за століття. Випадкові флуктуації можливі за рахунок зміни моменту інерції Землі внаслідок процесів перекристалізації деяких порід в підкорковому шарі Землі.

Експериментальні дані.

Для вивчення періодичних складових функції зміни тривалості доби від часу потрібні дані на великих інтервалах часу. Такі дані публікуються в бюлетенях [4, 5]. Їх одержують на базі астрономічних спостережень з 27 астропунктів, лазерних та доплерівських спостережень штучних супутників Землі. З 1995 року Бюлетень А почав випускати Український центр визначення параметрів орієнтації ГАО

НАНУ [5]. Точність параметрів забезпечується Службою часу. З введенням шкали атомного часу 1.01.1958р. точність складає  $10^{-12}$ с, стабільність –  $10^{-13}$ с. На

рис.1, 2 приведені зміни тривалості доби відповідно на інтервалі часу MJD 47894-51174 за даними з [4] та на інтервалі часу MJD 50024 –51789 [5].

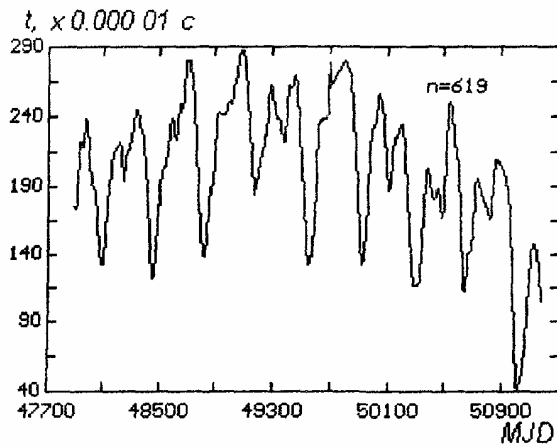


Рис.1. Зміна тривалості доби в секундах на інтервалі часу MJD 47894 – 51174.

На рис. дані перекриваються, але загальний інтервал часу складає 3895 діб. В інтервалі часу MJD 47969-51014 (рис.1) тривалість доби змінювалась в межах від 86400,00231с до 86400,00041с. Причому, в останні роки спостерігалась тенденція до зменшення тривалості доби, і в 2000-у

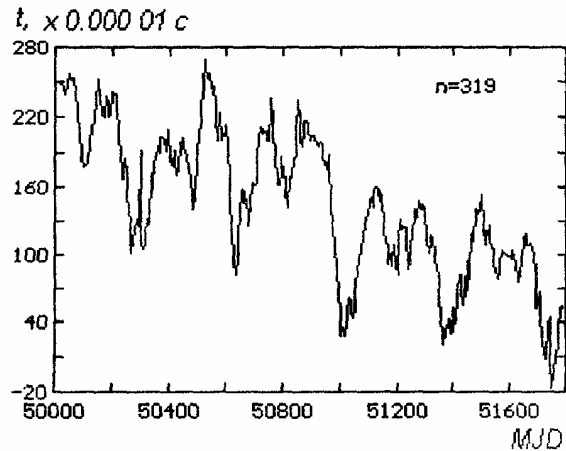


Рис.2. Зміна тривалості доби в секундах на інтервалі часу MJD 50024 – 51789.

році (MJD 51749) тривалість доби була найменшою за останні 10 років: 86339,99983с. В приведених даних Державної служби часу України тривалість доби редукована за зональні земні припливи з періодом 35 днів.

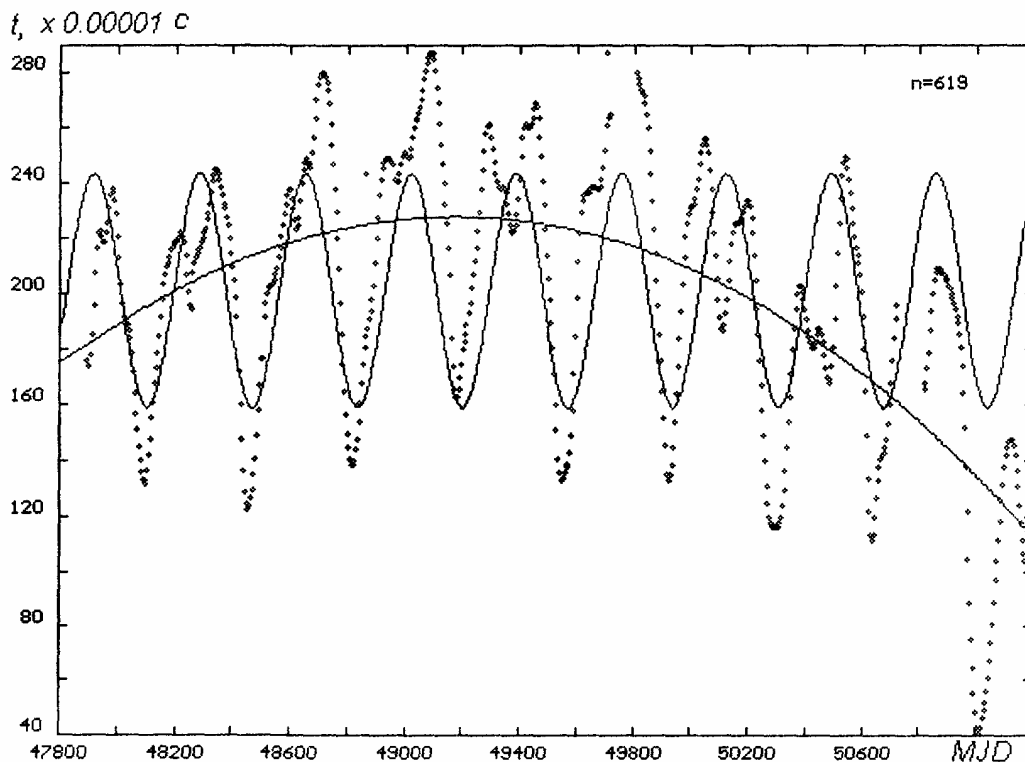


Рис. 3. Зміна тривалості доби на інтервалі часу MJD 47894 – 51174. Довгоперіодична ( $T = 489\ 000$  діб) та річна гармоніки ( $T = 367$  діб).

**Визначення періодичних складових функції зміни тривалості доби**

Процеси, які приводять до зміни тривалості доби, не можна описати однією гармонічною функцією, бо на цей процес накладаються різні фактори. Теоретичною основою розкладу процесу на періодичні складові (гармоніки) є гармонічний аналіз. Точніші результати дає метод найменших результатів [5]. Для масивів спостережень  $(y_k, t_k)$  необхідно знати найбільш ймовірну синусоїду:

$$y_k = A_0 \sin\left(\frac{2\pi t_k}{T} + \varphi\right) + y_0,$$

де  $A_0, T, \varphi, y_0$  – параметри синусоїди. амплітуда, період, фаза, середнє значення  $y_0$ . Рівняння можна представити в іншому вигляді:

$$y_k = A \cos\left(\frac{2\pi t_k}{T}\right) + B \sin\left(\frac{2\pi t_k}{T}\right) + y_0,$$

де  $A = A_0 \sin \varphi, B = A_0 \cos \varphi$ .

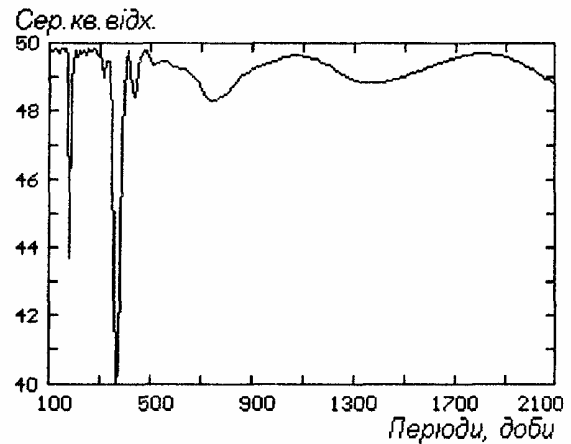
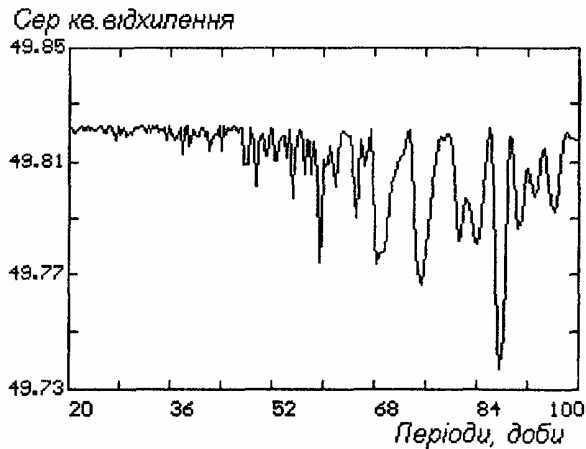


Рис. 4. Криві періодів зміни тривалості доби на проміжку часу MJD 47894-51174 за даними Держстандарту Росії.

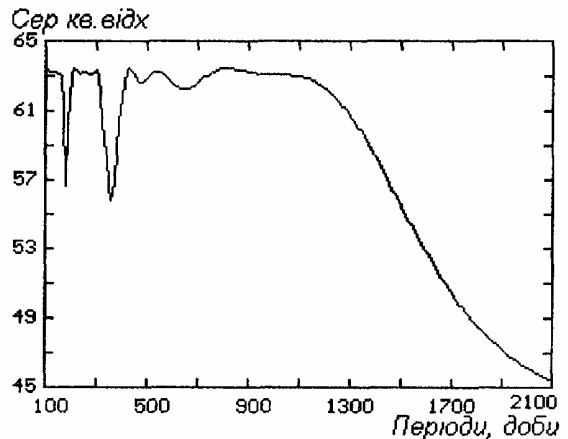
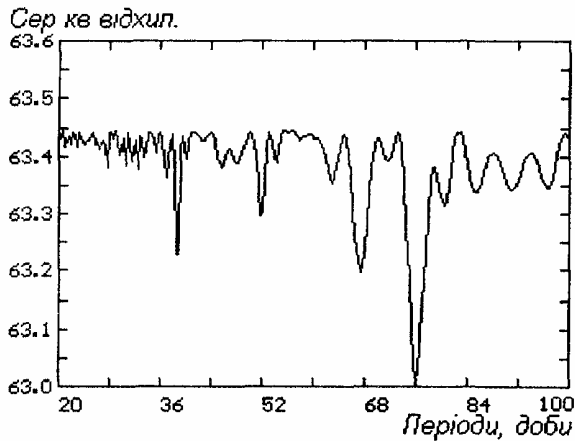


Рис. 5. Криві періодів зміни тривалості доби на проміжку часу MJD 50024 -51789 за даними Державної служби часу України.

Використання методу найменших квадратів  $\sum_k u_k^2 = \min$  приводить до

системи 4-ох нормальних рівнянь, розв'язками яких є параметри  $A_0, T, \varphi, y_0$ .

Змінюючи з певним кроком величину періоду і визначаючи кожний раз середнє квадратичне відхилення  $\sigma$  точок масиву від обчисленої для такого періоду синусоїди, одержимо криву залежності  $\sigma$

від періоду для визначення найбільш ймовірних гармонік.

На рис.3 приведено довгоперіодичну та річну гармоніки. Криві накладені на експериментальні дані. Ці гармоніки представляються на графіках у виді синусоїд:

$$Y = 3,40110 \cdot \sin(2\pi t / 489000 + 53,79704^\circ) - 3,398823;$$

$$Y = 0,00042488 \cdot \sin(2\pi t / 367,2 + 263,9^\circ) + 0,00200973.$$

Таблиця 1. Найбільш ймовірні періоди зміни тривалості доби та параметри  $A_0, \varphi, y_0$  цих змін на інтервалі MJD 47894-51174

№ п/п	Періоди		Амплітуди, $10^5$ с	Фази, градуси	$y_0, 10^5$ с
	доби	роки			
1	62,8	0,17	0,63	31	199,61
2	69,3	0,19	2,97	84	199,61
3	75,1	0,20	3,35	341	199,64
4	81,2	0,22	2,84	251	199,65
5	83,9	0,23	2,86	321	199,61
6	90,6	0,25	2,68	313	199,64
7	96,0	0,26	2,43	283	199,63
8	137,2	0,38	4,76	291	199,54
9	367,2	1,00	42,49	264	200,97
10	434,4	1,19	16,72	60	60,35
11	515,3	1,41	9,91	249	200,58
12	743,9	2,04	17,30	42	201,31
13	1368,8	3,75	14,10	175	200,77

Майже всі гармоніки, визначені за даними Держстандарту Росії (рис.4), спостерігаються (за виключенням довгоперіодичних гармонік) і на кривих (рис.5), побудованих за даними Державної служби часу України.

#### Висновки

З метою виявлення реальних факторів, які впливають на зміну тривалості доби, були визначені періодичні складові цих змінних на основі даних в інтервалі 10 років (MJD 47894 - 51789). Результати, одержані запропонованим методом пошуку складових [6], узгоджуються з літературними джерелами [3, 7]. Знайдені найбільш ймовірні гармоніки з різними періодами підтверджуються реальними фізичними процесами.

В процесі обробки вищезгаданих даних встановлено найбільше значення тривалості доби  $D = 86400,00300$  с, яке спостерігалось MJD 49200, та найменше значення  $D = 86399,99983$ с – MJD 51749.

В 2000 році спостерігаються сильні стрибки в зміні тривалості доби. Такі стрибки були в 1968, 1971, 1973, 1974рр. [7]. Якщо в січні 1974 року тривалість доби зменшувалась на  $0,000100^s$ , то в останні 10 років зменшення доби змінювалось в інтервалі довжиною  $0,00317^s$ . Можливо, такі різкі зміни спричинені останніми великими землетрусами або перекристалізацією деяких порід в надрах Землі.

Виявлена довгоперіодична функція зміни тривалості доби, яка має період біля

1000 років. Фізично це пояснюється припливним океанічним тертям [7].

Виявлені періодичні зміни тривалості доби з періодами більше року, а саме: 3,75; 2,04; 1,41; 1,19. Період, близький до 4 років, піддавався сумніву [7], але він спостерігається і тепер. Він пояснюється півскладовою глобальних рухів в океані ( $T \approx 10$  років). Двохрічний період зумовлений циркуляцією зональних вітрів. Періоди в 1,41 – 1,19 років відповідають за процеси, що відбуваються в надрах Землі.

Виявлені короткоперіодичні зміни тривалості доби:  $T = 1,0; 0,38; 0,26; 0,23; 0,20; 0,19$  років. Річні і піврічні зміни – це сезонні коливання, які зумовлені станом атмосфери, сонячною активністю [7]. В [3, 7] іде мова про періоди 0,33; 0,25; 0,20; 0,18.

Аналіз даних за методом [5] і співставлення отриманих періодів з літературними даними [3, 7] дає нам впевненості в перспективності нашого методу дослідження. Тривалість доби можна представити постійною складовою і сумою гармонік з різними періодами. Це дасть змогу підвищити точність при обробці сучасних рядів спостережень.

Автор вдячна н.с. Клімику В.У. за допомогу в математичній обробці даних.

1. Яцків Я.С. Вибрані праці з астрометрії та геодинаміки. – Київ, НАНУ, ГАО, 2000. – С.351-359.

2. Красинський Г.А. // Труды ИПА РАН. Астрометрия, геодинамика и небесная механика. – Вып.4. – С.-Петербург, 1999.

3. Корсунь А.А., Колачек Б., Настуля И., Козек В. // Сб.трудов III Орловской конференции. – К.: ГАО НАНУ, 1999. – С.161-163.

4. Всемирное время и координаты полюса. – М.: Госстандарт Российской Федерации, Институт метрологии времени и пространства ГП “ВНИИФЕ”, 1989-1998.

5. Бюллетень А. – К.: Держ. комісія і служба єдиного часу України, Український центр визначення параметрів орієнтації Землі, 1995-2000.

6. Кириченко А.Г., Климик В.У. Использование метода наименьших квадратов для решения некоторых задач астрономии. – Деп. в ГНТБ Укр., №1487-Ук93, 14.07.1993г. – 12 с.

7. Итоги науки и техники. / Под ред.Е.П.Федорова. – Том 12, Астрономия. Часть II. – М., 1976. – С.39, 48.

## PERIODIC COMPONENTS DEFINITION OF THE DURATION DAY MODIFICATION A.G.Kirichenko

Uzhgorod National University, 88000, Uzhgorod, Voloshin, 54

Using a least squares method and the duration day data, are defined their periodic component, that cause by different physical processes.



**Алла Григорівна Кириченко** – старший науковий співробітник відділу космічних досліджень ПНДЛ фізичної електроніки. Народилась в 1938 році. Закінчила фізико-математичний факультет в 1960 р. Дисертацію на звання кандидата технічних наук захистила в 1971 р.