



УДК 523.9+523.4

## Від пульсацій Сонця до хвильової природи структуризації планетної системи

М.Ю. Скульський

Національний університет "Львівська політехніка"

Розгляд впорядкованості планетних відстаней у Сонячній системі ініційований пульсаціями Сонця із періодом  $P_0 = 160$  хвилин, оскільки виявилось [1], що кінематику планетної системи можна визначати "просторовим масштабом"  $L_0 = cP_0 = 19.24$  а.о. ( $c$  — швидкість світла) на основі впорядкування довжин орбіт внутрішніх планет  $2\pi a = L_0/n$  та пересіків орбіт зовнішніх планет  $2a = nL_0$  ( $a$  — велика піввісь орбіти,  $n$  — малі числа). Ці закономірності не були обґрунтовані певним фізичним механізмом. Однак, перетворивши їх у хвильову форму запису із хвилею  $\lambda = L_0 = cP_0$ , можна показати, що в основі структуризації Сонячної системи могло лежати явище, споріднене явищу стоячих хвиль із довжиною  $\lambda_{sw} = \lambda/2$ . Дійсно, вираз  $a = n\lambda/2$  розташовує зовнішні планети на відстанях від Сонця, кратних половині хвилі  $\lambda/2$  (Сатурн —  $\lambda/2$ , Уран —  $2\lambda/2$ , Нептун —  $3\lambda/2$ ), а Юпітер — чверті  $\lambda/4$  цієї хвилі. Це справедливо для основних транснептунових тіл, включаючи сімейства комет. Закономірність для внутрішніх планет трансформується до виразу  $2\pi a = m\lambda_{sw}^1$ , в якому  $\lambda_{sw}^1 = (1/12)\lambda_{sw}$  і числами  $m = 3, 6, 8, 12$  квантуються довжини орбіт планет від Меркурія до Марса. Ці результати узгоджені для обох груп планет і їх можна вважати емпіричними. Але мають певні труднощі в їх інтерпретації як в гіпотезі електромагнітного, так і гравітаційного походження.

ОТ ПУЛЬСАЦИЙ СОЛНЦА ДО ВОЛНОВОЙ ПРИРОДИ СТРУКТУРИЗАЦИИ ПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМЫ, Скульский М.Ю. — Рассмотрение упорядоченности планетных расстояний в Солнечной системе инициированы пульсациями Солнца с периодом  $P_0 = 160$  минут, поскольку оказалось [1], что кинематику планетной системы можно определять «пространственным масштабом»  $L_0 = cP_0 = 19.24$  а.е. ( $c$  — скорость света) на основе упорядочения длин орбит внутренних планет  $2\pi a = L_0/n$ , и сечений орбит внешних планет  $2a = nL_0$  ( $a$  — большая полуось орбиты,  $n$  — малые числа). Эти закономерности не были обоснованы определенным физическим механизмом. Однако, преобразовав их в волновую форму выражения с волной  $\lambda = L_0 = cP_0$ , можно показать, что в основе структуризации Солнечной системы могло лежать явление, родственное явлению стоячих волн с длиной  $\lambda_{sw} = \lambda/2$ . Действительно, выражение  $a = n\lambda/2$  располагает внешние планеты на расстояниях от Солнца, кратных половине волны  $\lambda/2$  (Сатурн —  $\lambda/2$ , Уран —  $2\lambda/2$ , Нептун —  $3\lambda/2$ ), а Юпитер — четверти этой волны  $\lambda/4$ . Это справедливо и для основных транснептуновых объектов, включая семейства комет. Закономерность для внутренних планет трансформируется к выражению  $2\pi a = m\lambda_{sw}^1$ , в котором  $\lambda_{sw}^1 = (1/12)\lambda_{sw}$  и числами  $m = 3, 6, 8, 12$  квантуются длины орбит планет от Меркурия до Марса. Эти результаты согласованы для обеих групп планет, и их можно считать эмпирическими. Однако имеются явные затруднения в их интерпретации как в гипотезе электромагнитного, так и гравитационного происхождения.

FROM PULSATIONS OF THE SUN TO THE WAVE NATURE OF THE PLANETARY SYSTEM STRUCTURIZATION, by Skulsky M. Yu. — Investigation of the planetary distances ordering in the Solar system is initiated by the pulsations of the Sun with a period  $P_0 = 160$  minutes, as it was found [1] that kinematics of the planetary system can be determined with "spatial scale"  $L_0 = cP_0 = 19.24$  a.u. ( $c$  — speed of light) basing on the orbits lengths ordering of the inner planets  $2\pi a = L_0/n$  and the outer planets orbits intersections  $2a = nL_0$  (where  $a$  — a large half-axis of orbit,  $n$  — small numbers). Such regularities weren't proved by any physical mechanism, but being transformed into wave form recording with the wave  $\lambda = L_0 = cP_0$ , we have seen that in the basis of structurization of the Solar system could lay a phenomenon similar to the standing wave phenomenon with length  $\lambda_{sw} = \lambda/2$ . Indeed, the expression  $a = n\lambda/2$  places outer planets at distances from the Sun, that are multiple to a half of wave  $\lambda/2$  (Saturn —  $\lambda/2$ , Uranium —  $2\lambda/2$ , Neptune —  $3\lambda/2$ ), and Jupiter — at a quarter of  $\lambda/4$  of this wave. This is true for main transneptunian bodies, including transneptunian families of comets. The regularity for the inner planets is transformed to the wave form  $2\pi a = m\lambda_{sw}^1$ , where  $\lambda_{sw}^1 = (1/12)\lambda_{sw}$  and the orbits lengths from Mercury to Mars are quantized with such numbers as  $m = 3, 6, 8, 12$ . These results are consistent for both groups of planets and can be considered as empirical. But there are evident challenges in their interpretation in the hypotheses of electromagnetic as well as gravitational origin.

**Ключевые слова:** периоды колебаний Солнца; космогония; структуризация планетной системы.

**Key words:** periods of Sun pulsations; cosmogony; structurization planetary system.

### 1. ВСТУП

Походження та еволюція Сонячної системи, формування її планет — традиційно одне із пріоритетних напрямів в астрономії. Відкриття ж структурованих систем екзопланет ставить задачу їх вивчення як певного явища. В зв'язку з цим знову стає актуальним дослідження впорядкування Сонячної планетної системи. Дійсно, і зараз немає переконливих фізичних пояснень спостережуваним закономірностям у планетних відстанях у Сонячній системі, приблизній компланарності і круговому характеру планетних орбіт, розподілу планет на дві групи тощо. Акцентуючи увагу на виявленні фізичної природи наявних

закономірностей у впорядкуванні Сонячної планетної системи, ми досліджуємо тут ці питання в дещо незвичному аспекті.

Нагадаємо, що початки сучасної планетної космогонії слід відраховувати від Декарта, Канта і Лапласа. І ще від 1772 року інтригує закономірність Тіціуса–Бодє у планетних відстанях від Сонця [2], що започаткувала дослідження впорядкування планет і навіть виявлення нових при віддаленні їх від Сонця. Для великих півосей а послідовного ряду планет вона має вигляд:  $a = (0.3 \cdot 2^n + 0.4)$  а.о., де  $n$  — показник степеня. В ній, наприклад,  $n=0$  для Венери,  $n=1$  для Землі та  $n=2$  — для Марса. Показник  $n=3$  пропускався — на місці гіпотетичної планети були виявлені тіла поясу астероїдів. Виявлені згодом Нептун і Плутон вже не відповідали закономірності Тіціуса–Бодє, незрозумілим в ній залишалось і значення показника  $n = -\infty$  для Меркурія. Ні численні подальші модифікації аналітичного запису закономірності Тіціуса–Бодє, ні модельні розрахунки до цих пір не надали їй переконливого фізичного обґрунтування [3, 4].

В останнє десятиліття активно досліджуються екзопланетні системи. Дослідження вже відомих 15 планетних систем [5], у складі яких три і більше планет, показує, що в деяких із них спостерігаються закони впорядкування великих півосей планет, що нагадують модифіковані закони Тіціуса–Бодє. Однак Сонячна система в багатьох відношеннях стоїть особіно порівняно з іншими планетними системами. Перш за все це стосується стратифікації планет за відстанями від центральної зорі, масами та ексцентриситетами. Майже у всіх екзопланетних системах перші планети від центральної зорі розташовані значно ближче за відстань від Меркурія до Сонця. А серед екзопланетних систем з масами планет, порівнянними з масою Юпітера, Юпітер знаходиться на найбільшій відстані від Сонця як від центральної зорі. Більше того, як правило, масивні “гарячі Юпітери” рухаються по сильно витягнутих орбітах на близьких відстанях повз центральні зорі. Вважається, що в результаті гравітаційної взаємодії планети повинні відносно швидко трансформувати свої орбіти, мігрувати і навіть викидатися за межі планетних систем. Важливий висновок зводиться до того [4,5], що відмінності у планетних системах можна пояснити розмаїтими початковими умовами їх утворення і формування в протопланетних газопилових дисках. Проводиться думка, що не існує і універсального правила для впорядкування планет, обґрунтованого певним фізичним механізмом.

На фоні сучасних досліджень екзопланетних систем, нами здійснена спроба більш детального аналізу та фізичного тлумачення явища  $L_0$ -резонансу, оскільки виявилось [1, 6], що кінематику нашої планетної системи визначає “просторовий масштаб”  $L_0 = cP_0 = 19.24$  а.о. ( $c$  — швидкість світла,  $P_0 = 160$  хвилин — деякий період, рівний періоду пульсацій Сонця). Він грає роль певної шкали і основи для двох закономірностей, що врегульовують розташування планет в Сонячній системі. Перша з них впорядковує довжини орбіт внутрішніх планет:  $2\pi a = L_0/n$ , а друга — пересіки орбіт зовнішніх планет:  $2a = nL_0$  (тут  $a$  — велика піввісь орбіти і  $n$  — малі цілі числа). Обчислений в [1] резонанс-спектр для об’єктів Сонячної системи показав максимальний і статистично значимий пік співрозмірності з  $L_0$ -масштабом, єдиним, який визначає структуру нашої планетної системи. У закономірності для внутрішніх планет (Меркурій, Венера, Земля і Марс)  $n = 8, 4, 3, 2$ , для астероїдів —  $n = 1$ . А закономірність впорядкування зовнішніх планет (Сатурн, Уран, Нептун) визначається числами  $n = 1, 2, 3$ , а для Юпітера  $n = 1/2$ . Не пояснювалися при цьому пропуски в ряду цілих чисел та їх дробовість. Не був запропонований фізичний механізм явища як цілого, попри те, що, виокремлюючи дві групи планет, обидві закономірності  $L_0$ -резонансу більш адекватні як внутрішній будові, так і просторовій структурі цих груп планет, ніж закономірність Тіціуса–Бодє. Все ж можна запропонувати обґрунтування обох нових закономірностей, і саме в аспекті явища, спорідненого явищу хвильової структуризації Сонячної планетної системи.

## 2. ПУЛЬСАЦІЇ СОНЦЯ ТА ХВИЛЬОВИЙ АЛГОРИТМ В СТРУКТУРИЗАЦІЇ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Аналізуючи явище  $L_0$ -резонансу в Сонячній системі [1, 6], ми зауважили, що “резонанс”  $L_0$ -шкалу можна представити як довжину хвилі  $\lambda L_0 = c \cdot P_0 = 19.24$  а.о., яка поширюється в Сонячній системі в результаті певних коливань з періодом  $P_0 = 160$  хвилин. При цьому обидві закономірності  $L_0$ -резонансу можна трансформувати у хвильову форму. Це просто видно на прикладі закономірності, яка впорядковує пересіки зовнішніх планет —  $2a = nL_0$ . Перетворивши її до формули  $a = n\lambda/2$ , виявляємо, що вона розташовує Юпітер від Сонця на відстані  $a = \lambda/4$ , а решту цих планет на відстанях, кратних  $n\lambda/2$ , де  $n = 1, 2, 3$  (Сатурн —  $\lambda/2$ , Уран —  $2\lambda/2$ , Нептун —  $3\lambda/2$ ). Таке емпіричне розташування зовнішніх планет із кратністю їх відстані від джерела коливань у чверть або пів хвилі нагадує по формі алгоритм, споріднений явищу стоячих хвиль з довжиною  $\lambda_{sw} = \lambda/2$ . Дійсно, за визначенням: стояча хвиля утворюється в результаті інтерференції когерентних зустрічних хвиль в тому ж тілі; стояча хвиля рівна  $\lambda/2$  — половині хвилі; лінійний розмір тіла кратний  $\lambda/4$  — чверті хвилі; з цією кратністю вздовж тіла створюються пучності та вузли коливань відповідно з подвійною амплітудою й амплітудою, рівною нулю. Думаючи за аналогією, можна побачити, що Юпітер знаходиться в пучності, а Сатурн, Уран і Нептун — у вузлах

**Таблиця 1.** Характеристики планет Сонячної системи

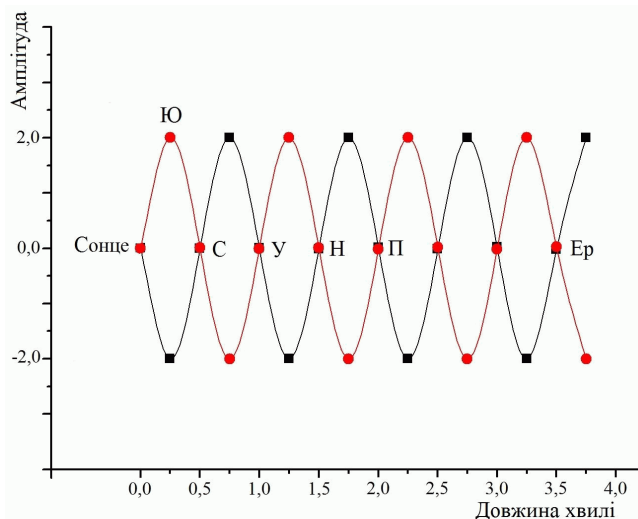
Планета	$M$	$a$	$\frac{M}{a^2}$	$\frac{a}{\lambda}$	$\frac{a}{\lambda/2}$	$\frac{a}{\lambda/4}$	$\frac{2\pi a}{\lambda}$	$\frac{2\pi a}{\lambda/4}$
Меркурій	0.0553	0.387	0.370	0.020	0.040	0.081	0.126 – 1/8	0.50 – 1/2
Венера	0.8150	0.723	1.559	0.038	0.076	0.152	0.236 – 1/4	0.95 – 1
Земля	1.0000	1.000	1.000	0.052	0.104	0.208	0.327 – 1/3	1.31 – 4/3
Марс	0.1074	1.524	0.046	0.079	0.158	0.316	0.498 – 1/2	1.99 – 2
Астероїди		2.9		0.151	0.302	0.604	0.947 – 1	3.79 – 4
Юпітер	317.87	5.203	11.742	0.270	0.54 – 1/2	1.08 – 1	1.699	6.80
Сатурн	95.162	9.509	1.052	0.494	0.99 – 1	1.98 – 2	3.105	12.42
Уран	14.538	19.251	0.039	1.000	2.00 – 2	4.00 – 4	6.286	25.14
Нептун	17.141	30.188	0.019	1.569	3.13 – 3	6.27 – 6	9.858	39.43
Плутон	0.0218	39.499	0.00001	2.053	4.10 – 4	8.21 – 8	12.898	51.59
Еріда	0.0285	67.668	0.00001	3.517	7.03 – 7	14.07 – 14	22.098	88.39

стоячої хвилі. Інакше кажучи, емпіричні дані можуть свідчити навіть про те, що формування планет на деякому етапі еволюції Сонячної системи проходило в хвильовому процесі сумірно певним хвилям.

Не входячи у природу хвилі  $\lambda = L_0$ , необхідно було переконатися, що виявлений алгоритм розташування зовнішніх планет є дієвим для інших об'єктів Сонячної системи. Перш за все, як певну ідею, цей алгоритм треба було апробувати на прикладі даних спостережень для всіх планет та наймасивніших транснептунових тіл. Для цього в таблицю 1 були внесені маси  $M$  і великі півосі орбіт  $a$  планет, співвідношення великих півосей  $a$  та їх окружностей  $2\pi a$  до довжини хвилі  $\lambda$  та її часток. Спробуємо викласти результати аналізу табличних даних та аналогічних параметрів для інших об'єктів Сонячної системи. Зробимо застереження, що користуючись поняттям “стоячої хвилі”, як параметром певної довжини  $\lambda_{sw} = \lambda/2$ , ми наразі не говоримо про її конкретну природу.

Із 6-ї колонки табл. 1 бачимо, що в просторі Сонячної системи відстані зовнішніх планет Сатурна, Урана і Нептуна від Сонця практично кратні довжині стоячої хвилі  $\lambda_{sw} = \lambda/2 = L_0/2$ , тобто задані як  $a = n\lambda_{sw} = n\lambda/2$  із відповідними трьом планетам числами  $n = 1, 2, 3$ . Карликовим планетам Плутону та Еріді відповідають числа  $n = 4$  і  $n = 7$ . Для Юпітера відстань від Сонця рівна  $(1/2)(\lambda/2) = \lambda/4$ , — і в механізмі стоячих хвиль це найближча із можливих відстаней від зовнішніх планет до Сонця. Середнє арифметичне відхилення зовнішніх планет від передбачуваних положень, які визначаються числами  $n$ , складає 5%. Стоячі хвилі та відстані планет від Сонця схематично показані на рис. 1. Вони змасштабовані у довжинах хвиль  $\lambda$ , щоб водночас продемонструвати на ньому положення карликової планети Еріди ( $a = 7\lambda/2 = 3.5\lambda$ ), значно віддаленішої за Плутон.

Оскільки число зовнішніх планет обмежене, необхідно було перевірити виявлений для них динамічний алгоритм впорядкування не тільки для відомих карликових планет, але й для інших основних транснептунових об'єктів (ТНО). Тим більше, що за орбітою Нептуна (область Еджворта–Койпера) відомо вже майже два десятки ТНО поперечником від 600 до 2600 км, які рухаються приблизно в площині орбіт планет Сонячної системи і для яких відомі велика піввісь та інші параметри орбіт. Виявилось, що великі півосі орбіт цих ТНО, включаючи Плутона та Еріду, в основному є кратними парному числу



**Рис. 1.** Схематична модель розташувань зовнішніх планет у довжинах хвиль  $\lambda$ . Відстань від Сонця до Юпітера рівна  $\lambda/4$ . Сатурн, Уран, Нептун і карликові планети Плутон та Еріда розташовані кратно довжині стоячої хвилі  $n\lambda/2$ , в її вузлах ( $n = 1, 2, 3, 4, 7$ ).

чвертей хвилі  $2n\lambda/4 = n\lambda_{sw}$  (тобто довжині стоячої хвилі), а інколи й непарному їх числу —  $(2n+1)\lambda/4$ .

Наприклад, Плутон, Орк і Оксіон розташовані за їх великими півосями від Сонця в межах відстані від 39.2 до 39.7 а.о., що дорівнюється  $4.1\lambda/2$  (їх перигелії рівні  $3.1\lambda/2$ , а афелії —  $5.1\lambda/2$ ). Вони на рис. 1 потрапляють у четвертий вузол стоячої хвилі. В п'ятому вузлі знаходиться об'єкт 2002 AW<sub>197</sub>, велика піввісь якого рівна  $4.9\lambda/2$ . У шостому вузлі на відстані 57.5 а.е. або  $a = 6\lambda/2$  групуються об'єкти GK147, SM331, VK305, XR190, YW134. У сьомомі вузлі розташовані Еріда (рис. 1) та об'єкт 2007 OR<sub>10</sub>. Їх великі півосі рівні відповідно 67.7 и 67.3 а.о. або ж  $a = 7\lambda/2$ .

У деяких транснептунових об'єктів спостерігається непарне число  $\lambda/4$  у вимірах їх великих півосей. Наприклад, об'єкти Хаумеа, Кварвар, Варуна і 2002 UX<sub>25</sub> розташовані на відстані від Сонця в  $4.5\lambda/2$ , а об'єкти 2007 UK126 та CP105 відповідно на відстанях  $7.5\lambda/2$  та  $8.5\lambda/2$ . На диво, значно віддаленіша Седна ( $a = 525$  а.о., що складає  $54.5\lambda/2$ ) підкоряється цьому ж хвильовому алгоритму. Відхилення позиційних розташувань всіх розглянутих ТНО від передбачуваних положень вузлів та пучностей стоячої хвилі вкладаються у відносну середню похибку у кілька процентів. Такі відхилення цілком поясненні, якщо врахувати можливі збурення орбіт ТНО планетами та іншими тілами і їх "міграції" в процесі тривалої еволюції Сонячної системи.

Важливе посилення і на недавно проведене дослідження афеліїв сильно витягнутих орбіт комет в інтервалі 15–200 а.о., в результаті якого виявлено три транснептунові сімейства комет [7]. Вони групуються на середніх відстанях від Сонця у 56, 86 і 106 а.о. або відповідно у 6, 9 и 11 $\lambda/2$ . В цьому разі найближче сімейство комет відноситься до 6 вузла стоячої хвилі — на рис. 1 перед Ерідою, а два інші — до 9 та 11 вузлів після неї. Констатуємо, що відстані від Сонця до сімейств транснептунових комет теж упорядковані механізмом, який за формою виглядає спорідненим механізмом утворення стоячих хвиль.

Таким чином, формування архітектури динамічного впорядкування зовнішніх планет та основних транснептунових об'єктів, включаючи сімейства комет, могло визначатися певним хвильовим механізмом. Відстані від Сонця і зовнішніх планет, і крупних транснептунових тіл кратні  $\lambda/4$  чи  $\lambda/2$ , як параметрам шкали хвильової структуризації Сонячної системи. Така впорядкованість нагадує за формою опису явище стоячих хвиль. Центри "зон стійкості" цих об'єктів співпадають із розрахунковими положеннями при розумних відхиленнях від них. Відповідаючи явним резонансним співвідношенням, "квантування" цих об'єктів прослідковується до відстаней порядку 100 а.о., тобто приблизно до меж спостережуваної тепер геліосфери.

Інакше повинні бути структуровані внутрішні планети Сонячної системи, які обертаються в межах орбіти Юпітера навкруги Сонця, тому що в радіальному напрямі, меншому за  $\lambda_{sw}/2 = \lambda/4$ , в механізмі стоячих хвиль не можуть квантуватися їх відстані від Сонця — рис. 1. Проте, внутрішні планети задовольняють іншу закономірність в їх розташуванні у Сонячній системі:  $2\pi a = \lambda/n$ , тобто впорядковуються окружності їх орбіт — [1, 6]. Слід було вияснити, чи не квантуються окружності цих планет числами  $\lambda/4$ , тому у табл. 1 внесені відношення  $\frac{2\pi a}{\lambda/4}$ . З таблиці видно, що для внутрішніх планет вони виявились кратними довжині стоячої хвилі або довжині її перших гармонік (відомо, що довжини можливих стоячих хвиль можуть демонструвати дискретний набір значень). Також виявилось, що у механізмі стоячих хвиль довжини орбіт внутрішніх планет відрізняються від спостережуваних в межах середньої відносної похибки в 2% (найбільше відхилення є у Венери, але й динамічний фактор  $M/a^2$  у неї найбільший — табл. 1). Довжина орбіти Марса безпосередньо дорівнює довжині стоячої хвилі  $\lambda_{sw} = \lambda/2$ , а Венери —  $\lambda/4$ , що узгоджується з параметрами стоячої хвилі. Довжини орбіт трьох найближчих до Сонця планет сумірні: з першою гармонікою стоячої хвилі для Венери —  $(1/2)(\lambda/2)$ , з двома другими її гармоніками для Землі —  $(2/3)(\lambda/2)$ , з третьою гармонікою стоячої хвилі для Меркурія —  $(1/4)(\lambda/2)$ . Впадають в очі й інші резонансні співвідношення. Наприклад, впродовж двох обертів навкруги Сонця Меркурій тричі обертається навкруги власної осі. А оскільки дві довжини орбіти Меркурія рівні  $\lambda/4$ , то довжина  $\lambda/4$  є узгодженою із його спін-орбітальним резонансом — 3:2. Теж цікаво, що довжина орбіти Землі рівна двом стоячим хвилям другої гармоніки  $(2/3)(\lambda/2) = \lambda/3$ , тобто довжини трьох обертів Землі по орбіті рівні двом стоячим хвилям — тут теж резонанс 3:2.

Отже, довжинам орбіт внутрішніх планет відповідає дискретний набір хвиль, що дається співвідношенням  $(1/4)(\lambda/2) : (1/2)(\lambda/2) : (2/3)(\lambda/2) : (\lambda/2)$ , яке легко трансформується до наступного:  $\lambda/8 : \lambda/4 : \lambda/3 : \lambda/2$ . Це співвідношення свідчить про те, що орбіти чотирьох внутрішніх планет знаходяться у загальному резонансі, який стабілізує внутрішню частину Сонячної системи. Дійсно, відношення довжин орбіт внутрішніх планет Меркурій–Венера, Венера–Земля, Земля–Марс близькі до простих резонансних співвідношень: 1:2, 3:4, 2:3. Число 12, як спільний знаменник цих резонансів, може вказувати на кількість "дочірніх" стоячих хвиль  $\lambda_{sw}^1$ , які вкладаються в основній стоячій хвилі  $12\lambda_{sw}^1 = \lambda_{sw} = \lambda/2$ , так що довжини орбіт чотирьох планет від Меркурія до Марса описуються таким співвідношенням "дочірніх" стоячих хвиль:  $(3:6:8:12)\lambda_{sw}^1$ . Розташування внутрішніх планет, що дається

в [1, 6] закономірністю  $2\pi a = \lambda/n$ , набуває хвильової форми  $2\pi a = m\lambda_{sw}^1$ , в якій  $\lambda_{sw}^1 = (1/2)\lambda_{sw}$  і числами  $m = 3, 6, 8, 12$  квантуються довжини орбіт планет від Меркурію до Марса (видозмінена закономірність нагадує хвильове рівняння для стаціонарних орбіт електрона, на яких вкладається певне число стоячих хвиль). Мінімально можлива довжина орбіти планети в Сонячній системі задається виразом  $2\pi a = \lambda_{sw}^1$  із відстанню планети від Сонця в 0.127 а.о. Відмітимо, що практично у всіх виявлених екзопланетних системах перші планети від центральної зорі розташовані значно ближче за цю відстань [4,5].

Логічно теж думати, що резонансний ряд довжин орбіт внутрішніх планет  $\lambda/8 : \lambda/4 : \lambda/3 : \lambda/2$  міг бути завершений довжиною орбіти ще однієї планети, рівною  $\lambda$ . Відсутність п'ятої внутрішньої планети за Марсом (на місці існуючого тепер астероїдного поясу) можливо пояснюється негативною роллю потужного резонансу 1:1, що міг виникнути через рівність довжини її орбіти і довжини хвилі  $\lambda$  глобальних пульсацій Сонця. Він підсилений гравітаційним впливом Юпітера, в результаті чого в гравітаційному гребені-кільці речовини протопланетного диска, який відповідав за формування гіпотетичної п'ятої планети, змогли утворитись локальні центри згущень — планетезималі (з подальшими збуреннями їх орбіт та міграціями за межі кільця), і не зміг сформуватися єдиний гравітаційний центр планети.

### **3. КОРОТКІ ПІДСУМКИ ЩОДО ДИСКРЕТНОЇ СТРУКТУРИ СОНЯЧНОЇ ПЛАНЕТНОЇ СИСТЕМИ**

Загальний висновок із аналізу явища  $L_0$ -резонансу полягає в тому, що структуру Сонячної планетної системи можна описати в системі двох періодичностей, за формою опису споріднених хвильовому явищу. В цьому явищі квантуються в сумірності з певною хвилею та її гармоніками як відстані до зовнішніх планет і ТНО, так і окружності орбіт внутрішніх планет. Таким чином, обидва типи планет через їх модифіковані закономірності з достатньою точністю узгоджуються в єдиному фізичному механізмі хвильової структуризації Сонячної планетної системи. Можна припустити, що в цьому механізмі наша планетна система могла бути сформована і структурована в дві групи планет на деякій еволюційній стадії її розвитку, як видно, без виключень із правил, але в дещо відмінних варіантах. В ущільнених гравітаційних гребенях на радіальних відстанях від Сонця, кратних чверті і половині хвилі його глобальної пульсації, утворились зовнішні планети й великі транснептунові об'єкти впритул до меж основного вичерпання речовини (меж сучасної геліосфери). В радіальному напрямі між Сонцем та Юпітером (в межах  $\lambda/4$ ) гребені речовини структурувались інакше: там, в сумірності з довжиною хвилі та її гармоніками, квантувались довжини орбіт сформованих у них внутрішніх планет. Виявленим механізмом, структурно спорідненим механізму стоячих хвиль, просто пояснюються базові питання сучасної планетної космогонії: чому орбіти планет майже кругові і компланарні, чому відстані планет від Сонця впорядковані певним чином, чому простір Сонячної системи поділений на дві частини з двома групами планет, внутрішня з яких складається тільки з чотирьох планет. Характерний період поширення коливань в планетній системі від центрального тіла — Сонця — “підозріло” близький до періоду 160-хвилинних пульсацій Сонця. Це підтримує думку, що формування планетної системи можна розглядати як результат глобальних пульсацій Сонця. Тобто відповідний хвильовий процес у нашій планетній системі, виражений через явну хвильову структуризацію цієї системи, підтверджує існування цих коливань, можливо в “реліктовій” формі, незважаючи на те, що спостереження цього періоду вважається дискусійним [8]. І, можливо, кінематичний алгоритм Сонячної планетної системи мало змінювався з часом саме завдяки стабілізуючому впливу пульсуючого Сонця. Порівняльний аналіз з екзопланетними системами теж свідчить про те, що Сонячна планетна система багато в чому унікальна [5]. Врешті, розглядаючи явище  $L_0$ -резонансу як результат хвильової впорядкованості Сонячної системи, необхідно відповісти на питання про походження і природу цих хвиль.

### **4. ДО ПИТАННЯ ПРО ПРИРОДУ ХВИЛЬОВОЇ ВПОРЯДКОВАНOSTІ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ**

Це дослідження було ініційоване розглядом явища  $L_0$ -резонансу, яке базується на певних закономірностях, виявлених в результаті пульсацій Сонця з періодом  $P_0 = 160$  хвилин [1, 6]. Оскільки цей період вважається дискусійним та навіть заперечується для сучасного стану внутрішньої будови Сонця [8], в попередніх пунктах ми застерігали, що користуючись поняттям “стоячої хвилі”  $\lambda_{sw} = \lambda/2$ , як параметром певної довжини хвилі  $\lambda = L_0 = cP_0$ , ми не надавали наразі цій хвилі певного фізичного змісту. Достовірні ж закономірності у квантуванні орбіт планет та планетних відстаней у механізмі стоячих хвиль дають підставу вважати, що структуризація обох груп планет Сонячної системи в межах єдиного фізичного механізму має певний сенс та навіть є свідченням про достовірність пульсацій Сонця з періодом  $P_0 = 160$  хвилин.

Розглядаючи питання про походження і природу хвиль  $P_0$ -періоду пульсацій Сонця, мусимо відзначити, що воно для нас теж залишається відкритим. Все ж обмежимося деякими зауваженнями щодо пошуків відповіді на це питання. Так, беручи до уваги, що хвилі довжиною  $\lambda = cP_0 = 19.24$  а.о. поширюються зі швидкістю світла, можна чекати їх пояснення в гіпотезах електромагнітного і гравітаційного

походження. Однак, важко уявити механізм виділення із широкого електромагнітного спектру хвилю довжиною в 19.24 а.о. і такої інтенсивності, яка б структурувала всю Сонячну систему. Тим трудніше здійснити це в загальній теорії відносності, хоча б із-за неможливості продукування гравітаційних хвиль сферичним тілом, яким є Сонце.

Шукаючи можливі пояснення виявленому явищу хвильової структуризації Сонячної системи, звернемо також увагу на власні коливання Сонця і планет на предмет їх сумірності з періодом  $P_0 = 160$  хвилин, які зареєстровані як пульсації зовнішнього шару атмосфери Сонця. Можна показати, що періоди коливань частинок та зовнішнього шару атмосфер Сонця і планет даються виразом  $T = 2\pi\sqrt{R^3/GM}$ , в якому  $G$  — гравітаційна стала, а  $R$  і  $M$  — радіус і маса об'єкта. Підставивши відповідні параметри, отримуємо максимальний період власних коливань для Сонця, рівним 167 хвилин, що вельми є близьким до спостережуваного періоду його пульсації  $P_0 = 160$  хвилин, який тому і можна називати глобальним [1, 6]. Це важливий результат, хоч і не враховується радіальний розподіл речовини всередині Сонця. Вчислені по цій формулі максимальні періоди власних коливань для внутрішніх планет від Меркурія до Марса відповідно рівні 85, 90, 84 і 100 хвилин, а для зовнішніх планет від Юпітера до Нептуна — 172, 236, 177 і 158 хвилин (маси планет дано в табл. 1). Видно, що періоди власних коливань планет явно сумірні з таким для Сонця та  $P_0$ -періодом його глобальних пульсацій: внутрішні планети у співвідношенні близькому до 1:2, а зовнішні до — 1:1 (для Сатурна — близькому до 3:2). Враження, що коливання зовнішніх шарів Сонця і планет зарезоновані та мають значення, наближені до  $P_0/2$ ,  $P_0$  і  $3P_0/2$ . Крок кратності  $P_0/2$  відповідає довжині стоячої хвилі  $\lambda_{sw} = \lambda/2$  і не залежить від фізичних параметрів обох типів планет. Фігурально: весь “планетний оркестр” настроєний на резонансну частоту глобальних пульсацій Сонця і планети мовби “відгукуються” на глобальні пульсації Сонця. Можна припустити, що й на Землі можуть спостерігатися зміни в деяких параметрах (сейсмічних, магнітосферних тощо) в такт пульсаціям Сонця (до речі, “шуманівські резонанси” в іоносфері Землі теж підкоряються механізму стоячих хвиль). Скажімо, в сейсмічних коливаннях Землі добре видно період, рівний  $P_0/3$ , тобто 53 хвилини, що є сумірним з періодом проходження хвилею  $\lambda$  довжини орбіти Землі, якраз рівної  $\lambda/3$ .

Напрошується висновок, що Сонячну систему можна уявити окутаною хвильовим полем кратних довжин хвиль, а Сонце слід розглядати і як джерело хвиль з довжиною  $\lambda$ , і як резонатор, що відгукується на них. Все ж питання про інтерпретацію власних коливань Сонця і планет теж неоднозначний — непрозорий механізм фізичного обміну інформації між усіма об'єктами планетної системи. Зрозуміло, що приведені факти легше поясненні в гравітаційному вирішенні питання про природу 160-хвилинних пульсацій Сонця та поширення відповідних хвиль у просторі Сонячної системи. Резонанс власних коливань Сонця і планет є додатковим аргументом, щоб звернути увагу на інакше бачення природи гравітації та гравітаційних хвиль у гравідинаміці [9, 10]. Згідно цих робіт, гравітаційне поле має не тільки тензорну (як у загальній теорії відносності) компоненту, але й скалярну. Скалярна компонента може випромінюватися при сферично-симетричних пульсаціях будь-якого джерела гравітації, в тім числі й Сонця. Явище хвильової структуризації Сонячної планетної системи можна представити як релятивістське запізнення скалярної частини гравітаційного поля або збурень на ньютонівським потенціалі. Тоді виникають питання стосовно сучасного розуміння теорії гравітації та гравітаційних хвиль і практики їх застосування до астрофізичних досліджень. Зокрема, у нашому випадку слід ставити питання про можливість інтерференції зустрічних когерентних хвиль від гравітаційно взаємодіючих об'єктів. І, врешті, важливим є питання — чи може бути випадковим на основі представлених фактів виявлене явище хвильової структуризації Сонячної системи.

На завершення висловимо надію, що інтерпретація спостережуваної дискретності динамічних характеристик Сонячної планетної системи, як явища структурно спорідненого стоячим хвилям, має право на життя і може бути корисною як застосування одного із фізичних механізмів для вияснення природи екзопланетних систем.

1. Котов В.А. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. — 2009. — **105**. — С.173.
2. Bode J.E. Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels. — Leipzig, 1772. — P.462.
3. Ньюто М.М. Закон Тициуса–Боде. — М.: Мир, 1976. — 192 с.
4. Flores-Gutierrez J.D., Garsia-Guerra C. // Rev. Mex. Astron. Astrophys. — 2011. — **47**. — P. 173.
5. Lovis C., Segransan D., Mayor M., et al. // Astron. Astrophys. Man. — N HD10180, 2010.
6. Котов В.А., Кучми С. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. — 1985. — **72**, С. 199.
7. Kozlov V.A. // Вісник Астрономічної школи. — 2009. — **6**, № 1–2. — С. 163.
8. Appourchaux T., Belkacem K., Broomhall A., et al. // Astron. Astrophys. Review. — 2010. — **18**. — P.197.
9. Sokolov V.V. // Astrophys. Space Sci. — 1992. — **191**. — P. 231.
10. Sokolov V.V., Zharykov // Astrophys. Space Sci. — 1993. — **201**. — P. 303.

Надійшла до редакції 25.10.2011