

УДК 523.92

М. І. Стоділка

Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені Івана Франка, Львів

Дослідження п'ятихвилинних коливань яскравості Сонця: експеримент ДИФОС-Ф

Надійшла до редакції 08.07.04

За даними спостережень потоків неперервного випромінювання Сонця в шести спектральних діапазонах (прилад ДИФОС) шляхом розв'язку інверсної задачі переносу випромінювання відтворено глобальні коливання температури в нижній фотосфері Сонця. Точність відтворення коливань за даними ДИФОС у кілька разів перевищує точність за даними SOHO. Показано, що п'ятихвилинні коливання яскравості Сонця породжені глобальними стоячими хвилями, один з вузлів яких припадає на початок області проникної конвекції.

Вперше коливання яскравості Сонця були виявлені під час експерименту ACRIM на супутнику SMM [15], пізніше вони реєструвались під час місії PNOBOS (експеримент PHIR [7]), а також під час недавніх експериментів на сателітах CORONAS та SOHO. Незважаючи на значний атмосферний шум, варіації випромінювання Сонця спостерігають і в наземних умовах.

Результати спостережень флуктуацій випромінювання Сонця за допомогою приладу ДИФОС під час першої короткої місії CORONAS приведено в роботах [8, 12]: з допомогою фур'є- та вейвлет-аналізу часових рядів ототожнено p -моди глобальних коливань, їхню тонку структуру.

Наприкінці липня 2001 р. було виведено на орбіту супутник CORONAS-F. Одним із приладів, розміщених на платформі, є спектрофотометр ДИФОС, призначений для вимірювання флуктуацій інтенсивності випромінювання Сонця як зірки в неперервному спектрі у шести спектральних діапазонах ($\lambda\lambda = 350, 500, 650, 850, 1100, 1500$ нм) із шириною смуги пропускання 10—20 % від центральної довжини хвилі, часова роздільна здатність 35.55 с, відносна роздільна здатність по інтенсивності становить одну мільйонну від повної інтенсивності випромінювання Сонця. Дані, отримані приладом ДИФОС, дозволяють вивчати p - та g -моди власних коливань Сонця.

Оскільки неперервне випромінювання, що реєструється різними каналами, зароджується на різних глибинах в атмосфері Сонця і, крім цього,

ведуться спостереження всього диску Сонця, то ми маємо можливість вивчати поширення глобальних коливань у фотосфері Сонця (в гіршому випадку в нижній фотосфері). Тут розміщується нададіабатичний шар із слабкоефективною конвекцією та початок області проникної конвекції, де змінюється класична поведінка грануляції. До того ж конвективні рухи на масштабах сонячної грануляції приводять не тільки до частотних зсувів, а й до викривлення хвильових фронтів горизонтальною структурою, внаслідок чого виникають моди, що поширюються майже горизонтально [16, 17]; накладання цих хвиль приводить до просторової модуляції коливань. Такою модуляцією можна пояснити, зокрема, відмінність коливань над гранулами та міжгранулами [10, 11, 17]. Спостереження також чітко показують взаємозв'язок між грануляцією та p -модами [6, 9].

Сонячна конвекція на масштабах грануляції — це система висхідних та нисхідних конвективних потоків, причому шкала флуктуацій температури та швидкості порядку довжини хвилі акустичних п'ятихвилинних осциляцій в сонячній атмосфері. А отже, ці коливання розсіюються на грануляційній структурі атмосфери. З іншого боку, згідно з даними [14] у шарах проникної конвекції генеруються атмосферні гравітаційні хвилі. Таким чином, як p -, так і g -моди, породжені різними джерелами, можуть давати вклад у глобальні коливання яскравості Сонця внаслідок їхньої конструктивної інтер-

ференції. Механізм генерації осцилюючої яскравості Сонця все ще точно не встановлено.

Мета нашої роботи — відтворити за результатами спостережень приладу ДИФОС глобальні висотно — часові варіації температури у фотосфері Сонця, породжені коливаннями його яскравості, та порівняти їх із результатами SOHO, дослідити вплив грануляції на глобальні варіації випромінювання Сонця. Дослідження висотного розподілу глобальних фотосферних коливань Сонця прояснить природу п'ятихвилинних осциляцій яскравості, механізми їхнього збудження.

Завдяки можливості провадити високоточні позаатмосферні спостереження, отримувати високоякісні профілі фраунгоферових ліній та розвитку інверсних методів ми можемо відтворювати фізичні умови в атмосфері Сонця. Варіації температури відтворювались шляхом розв'язку інверсної задачі переносу випромінювання з використанням стабілізаторів Тихонова [3].

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Оскільки період обертання супутника складає 95 хв, то кінці таких часових інтервалів засмічені відбитими сигналами від Землі, що спричиняє суттєві сплески досліджуваного сигналу, особливо в ІЧ-каналах [1]. Внаслідок обертання супутника навколо Землі відбувається зміна оптичної товщини атмосфери при спостереженнях. Це породжує низькочастотну модуляцію випромінювання Сонця. Для усунення такої модуляції вхідні сигнали пропустили через фільтр, що залишає складові з періодами, меншими ніж 20 хв.

На рис. 1 приведено часову зміну сигналу (ІЧ-канал) до (рис. 1, а) і після (рис. 1, б) низькочастотної фільтрації. Оскільки часові варіації згаданих сплесків попадають в діапазон досліджуваних частот ми обмежувались дослідженням тільки центральних частин (тривалістю 50 хв) 95-хв циклів витків спостережень. Крім цього, ми аналізуємо не абсолютне, а відносне значення сигналу, що виключає поглинання земною атмосферою та зміну відстані до Сонця при русі супутника по орбіті; на жаль, ми не можемо врахувати розсіяних та відбитих сигналів. При обробці даних з SOHO використовувались 24-год ряди спостережень.

Отримані таким чином часові ряди подавались на вхід інверсного коду, що відтворює глобальну стратифікацію температури в фотосфері Сонця. Наш інверсний підхід описано в роботах [3, 4]. Визначимо нижню оцінку похибки відтворення варіацій температури (наприклад) сонячної атмосфери за

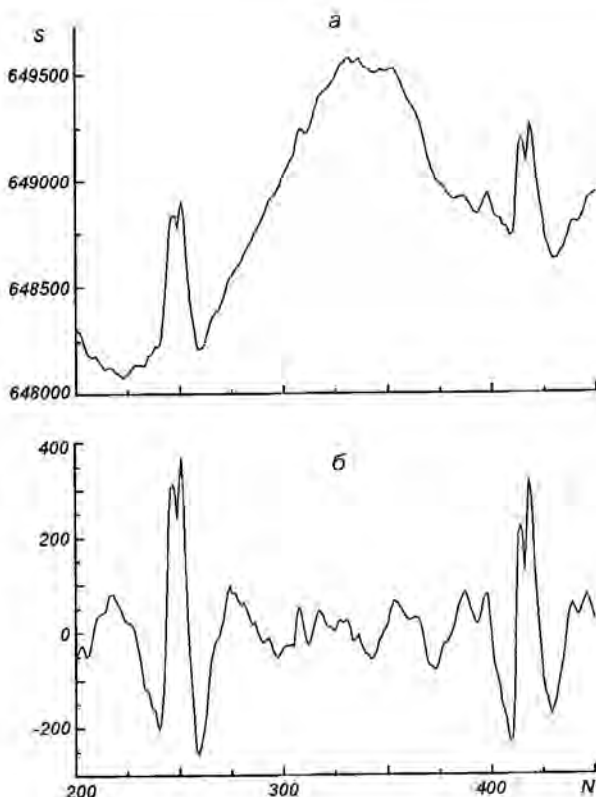


Рис. 1. Сигнал ІЧ-каналу: а — вихідний сигнал; б — сигнал після низькочастотної фільтрації

даними з шести спектральних каналів. Для цього відтворимо наперед заданий сигнал — біжучу хвилю температури. За відомими значеннями температури в кожній точці по висоті атмосфери Сонця в довільний момент часу легко порахувати (в рамках відомої моделі спокійної атмосфери, наприклад VAL80C) варіації неперервного випромінювання в заданих шести спектральних діапазонах. Подаючи отримані варіації випромінювання на вхід інверсного коду, можна відтворити варіації температури і отримати оцінку похибки відтворення на різних висотах. На рис. 2 приведено результати відтворення в фотосфері Сонця біжучої хвилі температури з амплітудою $T_{\text{max}} = 2$. Згідно з отриманими результатами температурні варіації відтворюються на висотах $-75 \text{ км} < h < 250 \text{ км}$. Відносна похибка відтворення показана на рис. 2, б. При $h > 250 \text{ км}$ точність відтворення різко зменшується. Найкраще відтворюються варіації в нижній фотосфері, тут відносна похибка досягає 2 %, а на висотах $-75 \text{ км} < h < 250 \text{ км}$ не перевищує 14 %. Аналогічні оцінки були зроблені для приладу VIRGO SPM на SOHO, що реєструє випромінювання тільки

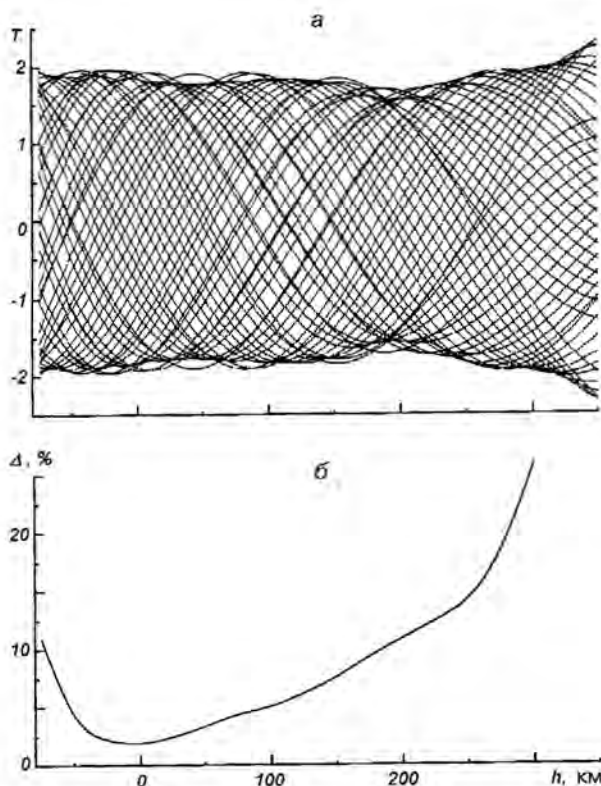


Рис. 2. Результати тестування інверсного коду: *a* — відтворення біжучої хвилі; *б* — висотна залежність відносної похибки відтворення

в трьох спектральних діапазонах, за рахунок чого точність відтворення в два-три рази гірша і діапазон відтворення висот значно вужчий [4].

АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Збурення температури відтворено в рамках спокійної моделі Сонця (VAL80C) в адиабатичному наближенні. Дані спектрофотометра ДИФОС та відтворені п'ятихвилинні осциляції випромінювання в різних спектральних діапазонах приведено на рис. 3; щоб уникнути накладання коливань з різних каналів, часові залежності зміщені одна відносно іншої. Вихідні та відтворювані дані змінюються в часі синфазно; щоправда коливання різних спектральних діапазонів відбуваються не завжди синхронно одне відносно одного. Найкращий збіг даних — в УФ- та видимому діапазонах, в ІЧ-діапазонах — гірший. Оскільки діапазон частот коливань яскравості Сонця досить широкий, ми вирізали вузькі смуги частот, що припадають на різні періоди коливань.

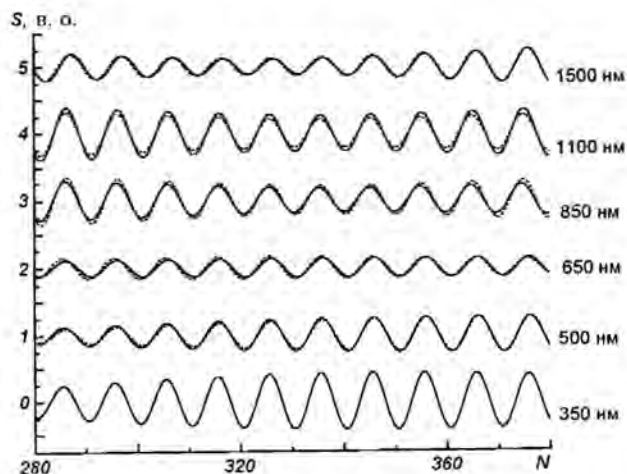


Рис. 3. Дані спектрофотометра ДИФОС-Ф (суцільна лінія) та відтворені осциляції (штрихова лінія) в різних спектральних діапазонах

Відтворена за п'ятихвилинними коливаннями висотна стратифікація температури в різні моменти часу показана на рис. 4. Амплітуда коливань з висотою збільшується, збільшується вона і в нижніх шарах ($h < -20$ км). Як видно, варіації температури породжують в фотосфері Сонця глобальну стоячу хвилю. Враховуючи висотну залежність похибки відтворення (похибка незначна на висотах -75 км $< h < 250$ км), ми можемо визначити положення вузлів та пучностей температури (рис. 4, *a*); часова розгортка глобальних коливань в двовимірному представленні зображена на рис. 4, *б*. Один з вузлів при $h \approx 90$ км попадає на початок області проникної конвекції, що може викликати модуляцію амплітуди коливань температури саме в цій області. Але, як видно з рис. 4, *б*, в вузлі при $h \approx 90$ км фаза змінюється на 180° (що свідчить на користь стоячих хвиль), тоді як в нижньому вузлі ($h \approx -20$ км) зміна фази близька до 180° лише на початку інтервалу спостережень.

Пучності припадають на 50 км та 180 км. Оскільки в фотосфері Сонця утворюється стояча хвиля, то падаюча хвиля повинна відбиватись від шарів, що прилягають до температурного мінімуму. Крім цього, мова йде про одночасне накладання хвиль по всьому диску Сонця; отже, такі стоячі хвилі можуть бути породжені проходженням коливань низьких значень l через атмосферні шари Сонця. Крім цього, для стоячих хвиль відстань між вузлом і пучністю становить $\lambda/4 \approx 600$ км при $T = 5000$ К; в нашому випадку ця відстань суттєво менша (90 км). Отже, отримана нами глобальна температурна структура, що породжує варіації

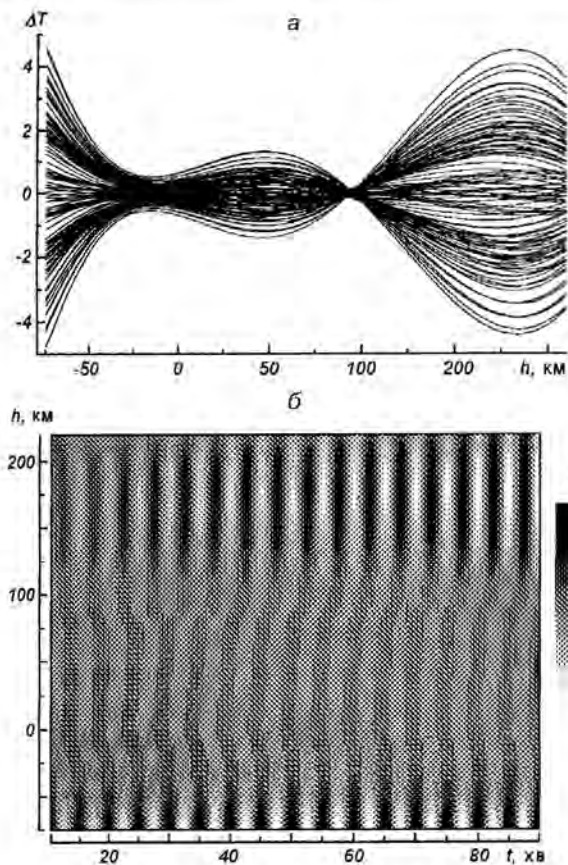


Рис. 4. Глобальні п'ятихвилинні коливання температури: *а* — висотна стратифікація; *б* — часова розгортка коливань

яскравості Сонця, може бути породжена проходженням хвиль, що поширюються не вертикально, а під деяким кутом до горизонту.

Відтворені короткоперіодичні коливання (період 2.5 хв) температури показані на рис. 5. І знову маємо вузол при $h \approx 100$ км, зате в області вершини конвективної зони зміна фази коливань слабо виражена, тут має місце, скоріш за все, модуляція амплітуди коливань.

Оскільки дані ДИФОС в низькочастотній області засмічені відбитим сигналом від атмосфери Землі (зокрема, згідно з рис. 1, *б* в діапазоні 20-хв коливань шумова складова сумірна з самим сигналом), то при вивченні 10-хв коливань було використано дані SOHO. Відтворені десятихвилинні коливання (висотний розподіл та часова розгортка) показані на рис. 6. Картина 10-хв глобальних коливань аналогічна до 5-хв.

Як бачимо, згідно з результатами відтворення положення верхнього вузла практично однакове при різних частотах (від 1.5 до 6 мГц). Це може бути обумовлене заляганням вузла в перехідному

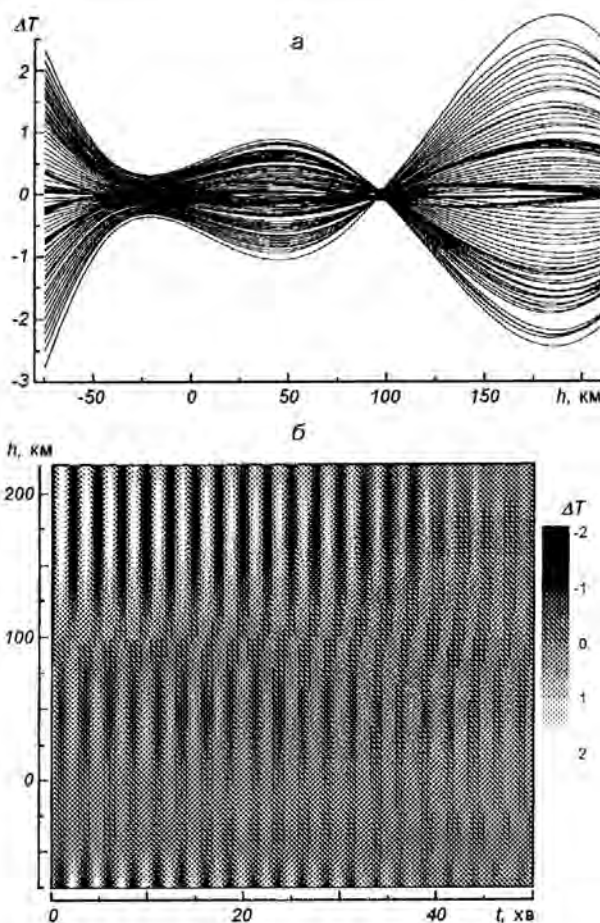


Рис. 5. Глобальні 2.5-хвилинні коливання температури: *а* — висотна стратифікація; *б* — часова розгортка коливань

шарі від класичної до проникної конвекції. Справді, при $h \approx 90$ км варіації температури мінімальні, а отже мінімальними є також варіації і хвильової складової, що сумірна з конвективною складовою [10]. У нижньому вузлі також має місце значне зменшення варіацій температури. Цей вузол залягає в області вершини конвективної зони [5], яка визначається критерієм Шварцшільда [13]. У нас немає вагомих аргументів, щоб стверджувати, чи це вузол, чи результат модуляції температури вершиною конвективної зони. Розмивання фази коливань в нижньому вузлі може бути обумовлене похибками відтворення, частковим відбиванням падаючої хвилі від вершини конвективної зони, або ж відхиленням від адіабатичності в умовах нижньої фотосфери; в цих шарах довгоперіодичні коливання, скоріш за все, ізотермічні.

Отримані дані для різних витків спостережень (прилад ДИФОС) якісно збігаються.

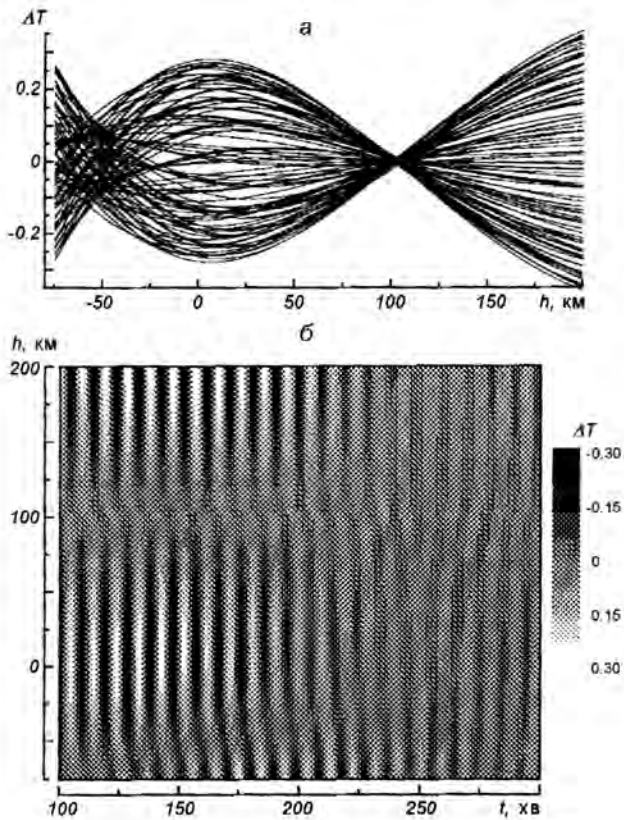


Рис. 6. Глобальні десятихвилинні коливання температури: а — висотна стратифікація; б — часова розгортка коливань

Таким чином, стояча хвиля виникає в результаті накладання падаючої та відбитої хвилі. Далі, оскільки в верхніх шарах конвективної зони та в перехідному шарі до проникної конвекції розсіяння хвиль на просторових неоднорідностях ϵ , очевидно, найбільшим, то із хвиль, що поширюються під різними кутами до горизонту, «виживають» лише ті, які при накладанні падаючої та відбитої хвилі дають вузол при $h = 90-100$ км та, можливо, при $h \approx -20$ км.

Згідно з отриманими результатами (рис. 4–6) вузли в деякі моменти часу можуть зникати (один або обидва), а потім появляються знову; вони зникають переважно під час зменшення амплітуди коливань яскравості. Часові варіації глобальних p -мод були виявлені в роботі [8].

ВЗАЄМОДІЯ ХВИЛЬ З КОНВЕКТИВНОЮ СТРУКТУРОЮ

Для якісної інтерпретації отриманих результатів розглянемо поширення хвиль в двовимірній грануляції з позицій геометричної акустики. Тобто розг-

лянемо поведінку променів, дотичні до яких збігаються з напрямом поширення хвиль. Навіть не плоску хвилю можна вважати плоскою з миттєвими її характеристиками. Якщо \mathbf{n} — одиничний вектор, дотичний до променя, то згідно з [2] в z -стратифікованому середовищі (швидкість звуку $V_s = V_s(z)$) форма променя визначається рівнянням

$$\frac{d\mathbf{n}}{dl} = -\frac{1}{V_s} \frac{dV_s}{dz} \mathbf{e}_z + \frac{\mathbf{n}}{V_s} \left(n_z \frac{dV_s}{dz} \right),$$

де \mathbf{e}_z — одиничний вектор вздовж осі oz , dl — елемент довжини, яку проходить промінь. Згідно з (1) промінь вигинається в сторону зменшення швидкості звуку (температури), а для променів, що поширюються вертикально ($n_z = 1$), відхилення не відбувається. Отже, до стратифікації температури найчутливіші промені, що поширюються майже горизонтально.

При поширенні хвилі в рухомому середовищі швидкість хвилі відносно нерухомої системи відліку дорівнює

$$V = \frac{\mathbf{k}}{k} c + \mathbf{u},$$

де \mathbf{k} — хвильовий вектор, \mathbf{u} — швидкість руху речовини. Через те що конвективна швидкість руху газу в центрі гранули (міжгранули) перевищує її значення на краю, то це призводить до обертання фронту хвилі. Внаслідок цього змінюється напрям поширення хвилі. Будемо вважати, що в сонячній грануляції $u_z = u(x)$ (насправді $u_z = u(x, z)$, а у верхній фотосфері u_x та $u_y \neq 0$). Це призводить до додаткового відхилення променів. Справді [2],

$$\frac{dn_z}{dl} = \frac{n_x}{V_s} \frac{du}{dx}, \quad \frac{dn_y}{dl} = 0.$$

Оскільки

$$n_x = \frac{dx}{dl},$$

то

$$dn_z = \frac{1}{V_s} du.$$

Після інтегрування маємо

$$n_z = n_{z0} + u(x)/V_s,$$

(викривлення променів пропорційне швидкості руху середовища).

Для простоти прийемо, що $n_y = 0$, тоді по n_z можна знайти $n_x = \sqrt{1 - n_z^2}$.

Використавши записане співвідношення, розглянемо поширення хвиль в сонячній грануляції. У

центрі гранули швидкість висхідних потоків максимальна і поступово зменшується до нуля на її боковій стінці; це саме стосується нисхідних потоків для міжгранули. При поширенні хвилі вздовж потоку промені відхиляються в сторону зменшення конвективної швидкості. Отже, якщо плоска хвиля, що рухається вгору, попадає в гранулу, то через градієнт конвективної швидкості промені відхиляються у протилежні боки до стінок чарунки (роздвоєння хвилі). При поширенні хвилі проти потоку її траєкторія викривлюється у бік збільшення величини конвективної швидкості. Останнє приводить до часткового захоплення хвилі конвективною чарункою і можливого її фокусування на протилежному кінці чарунки.

Зазначимо, що найбільшого впливу зі сторони конвективних рухів зазнають хвилі, що заходять в область грануляції майже вертикально. Внаслідок неоднократних відбивань від верхньої та нижньої межі промені поширюються майже горизонтально. Останні слабо викривлюються вертикальними конвективними рухами, правда, за умови $u_x \ll u_z$. Промені, що поширюються майже горизонтально, чутливі до горизонтальних конвективних потоків у верхній фотосфері (тут $u_x > u_z$); горизонтальні потоки сприяють відбиванню майже горизонтальних хвиль.

Оскільки відхилення променів відбувається в різних боки відносно центра гранули чи міжгранули, то завжди знайдеться хвиля, що поширюється після відбивання у протилежному напрямку. Це може привести до утворення стоячих хвиль у відповідних шарах атмосфери Сонця.

Горизонтальні масштаби сонячної конвекції змінюються від 6—12 Мм на глибині 6 Мм до 1—2 Мм на поверхні (грануляція). Згідно з [13] грануляція починає формуватись на глибинах порядку 3 Мм. Цього, очевидно, досить, щоб відхилені промені зміщувались на відстань порядку ширини гранули і після відбивання від верхньої межі продовжували відхилятися при поширенні вниз у міжгранулі.

Оцінимо відхилення променів від початкового вертикального напрямку конвективними рухами. Нехай $n_0 = 1$, $V_z = 8$ км/с, а середнє значення конвективної швидкості 1.5 км/с [13]; тоді при проходженні променя від центра гранули до центра міжгранули $\Delta n_z = 3/8$. Отже, $n_z = 0.625$, а $n_x = 0.78$, що відповідає відхиленню променя на 53° . Відбитий промінь буде поширюватись ще під більшим кутом до вертикалі, що свідчить на користь того, що внаслідок викривлення фронту плоскої хвилі конвективними потоками можуть виникати хвилі, що поширюються майже горизонтально.

Насправді в сонячній грануляції розсіяння хвиль

на полі конвективних швидкостей підсилюється температурними неоднорідностями.

Зазначимо, що при поширенні в однорідній фотосфері вгору похилі хвилі стають (через зменшення температури) більш вертикальними (1). Ми ж розглядаємо поширення хвиль у неоднорідній атмосфері. Зрештою, у верхніх шарах нижньої фотосфери настає зменшення градієнту температури, яке підсилюється у міжгранулах інверсією температури на початку області проникної конвекції. А при поширенні відбитих хвиль вниз температурний градієнт, навпаки, відхиляє промені у бік горизонталі.

Ми розглянули результати відтворення глобальних осциляцій температури у фотосфері Сонця, правда, в адиабатичному наближенні, яке не справджується для довгоперіодичних коливань, а тим більше в нижній фотосфері. Цікавими є результати аналогічного дослідження довгоперіодичних осциляцій в ізотермічному наближенні.

Водночас виникає питання: а яка ж природа цих коливань — акустичні чи атмосферні гравітаційні хвилі, що можуть генеруватись в шарах з інтенсивними флуктуаціями густини речовини? Теоретичні дослідження вказують на дисторсію фронтів хвиль, що проходять через грануляційну структуру атмосфери Сонця, але через складність задачі приходить робити ряд спрощень [16, 17]. З іншого боку, оскільки глобальні осциляції Сонця накладаються на локальні, то в даних, відтворених за профілями з високим просторовим розділенням, повинні бути як локальні, так і глобальні коливання, які можна легко виділити, наприклад шляхом просторової фільтрації. Це дозволить також уточнити — якими модами (p чи g) породжені глобальні коливання яскравості Сонця.

ВИСНОВКИ

1. Спостережені дані коливань яскравості Сонця в шести спектральних діапазонах приладу ДИФОС дозволяють відтворювати вертикальну стратифікацію глобальних коливань на висотах: $-75...250$ км, причому похибка відтворення у два-три рази менша, ніж за даними SOHO. Прилад ДИФОС дає більше можливостей при діагностиці глобальних коливань Сонця; щоправда, через сплески сигналу між витками потрібна тонша фільтрація сигналу при дослідженні довгоперіодичних варіацій яскравості Сонця. Результати відтворення глобальних коливань за даними ДИФОС та SOHO якісно збігаються.

2. Амплітуда глобальних коливань температури збільшується у бік верхніх шарів атмосфери

($h > 100$ км) та в нижній фотосфері ($h < -20$ км).

3. Показано, що конвективна структура атмосфери може значно викривляти промені глобальних p -мод від вертикального напрямку поширення.

4. З дослідження висотного розподілу глобальних фотосферних коливань отримано, що п'ятихвилинні коливання яскравості Сонця як зорі породжені глобальними стоячими хвилями, один з вузлів яких припадає на початок перехідної області до проникної конвекції ($h \approx 90...100$ км).

Ми широко вдячні С. М. Осипову за надані нам результати спостережень.

1. Костик Р. І., Осипов С. М., Лебедев М. І. Перші результати експерименту ДИФОС-Ф // Космічна наука і технологія.—2003.—9, № 2/3.—С. 10—12.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механіка сплошних сред. — М.: Гос. изд-во технико-теор. лит-ры, 1953.—788 с.
3. Стоділка М. І. Інверсна задача для дослідження неоднорідностей атмосфери Сонця та зір // Журн. фіз. досліджень.—2002.—6, № 4.—С. 435—442.
4. Стоділка М. І. Застосування інверсних методів при дослідженні коливань яскравості Сонця // Журн. фіз. досліджень.—2004.
5. Стоділка М. І. Температурна структура реальної сонячної грануляції // Кінематика і фізика небес. тел.—2003.—19, № 5.—С. 407—416.
6. Espagnet O., Muller R., Roudier T., et al. Spatial relation between the 5-minute oscillations and granulation patterns // Astron. and Astrophys.—1996.—313, N 1.—P. 297—305.
7. Frohlich C., Bonnerot R. M., Bruus A. V., et al. IPHIR: The helioseismology experiment on the PHOBOS mission // Seismology of the Sun and Sun-like stars: ESA SP-286.—1988.—P. 359—362.
8. Hasler K.-H., Zhugzhda Y. D., Lebedev N. L., et al. Observation of solar low- l p -modes by the CORONAS-DIFOS experiment // Astron. and Astrophys.—1997.—322.—P. 141—144.
9. Hoekzema N. M., Rutten R. J. Small scale topology of solar

atmosphere dynamics. II. Granulation, K2v grains and waves // Astron. and Astrophys.—1998.—329, N 2.—P. 725—734.

10. Khomenko E. V., Kostik R. I., Shchukina N. G. Five-minute oscillations above granules and intergranular lanes // Astron. and Astrophys.—2001.—369.—P. 660—671.
11. Kiefer M., Stix M., Balthasar H. Wave modulation and wave sources in the solar convection zone // Astron. and Astrophys.—2000.—359.—P. 1175—1184.
12. Lebedev N. L., Oraevsky V. N., Zhugzhda Y. D., et al. First results of the CORONAS-DIFOS experiment. Space observations of solar irradiance oscillations // Astron. and Astrophys.—1995.—296.—P. L25—L28.
13. Robinson F. J., Demarque P., Li L. H., et al. Three-dimensional convection simulations of the outer layers of the Sun using realistic physics // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—2003.—340, N 3.—P. 923—936.
14. Rutten R. J., Krijger J. M. Dynamics of the solar chromosphere. IV. Evidence for atmospheric gravity waves from TRACE // Astron. and Astrophys.—2003.—407, N 2.—P. 735—740.
15. Woodard M., Hudson H. Solar oscillations observed in the total irradiance // Solar Phys.—1983.—82, N 1.—P. 67—73.
16. Zhugzhda Y. D. Waves and shear flows // Astron. and Astrophys. Transactions.—2003.—22, N 4/5.—P. 593—606.
17. Zhugzhda Y. D., Stix M. Acoustic waves in structured media and helioseismology // Astron. and Astrophys.—1994.—291, N 1.—P. 310—319.

INVESTIGATION OF THE FIVE-MINUTE SOLAR BRIGHTNESS OSCILLATIONS: DIFOS-F EXPERIMENT

M. I. Stodilka

Using observational data on solar continuous radiation flows in six spectral regions, we solved radiation transfer problem and reproduced global temperature oscillations in the low photosphere of the Sun. The accuracy of the reproduction of oscillations by DIFOS data is two or three times higher than that by SOHO data. It is shown that five-minute oscillations of the solar brightness are generated by global standing waves and one of their knots lies at the beginning of the overshooting convection region.