

Дългопериодични вариации в йоносферната абсорбция, наблюдавани през зимния период на 1984/1985 г.

Д. В. Панчева, Е. М. Апостолов

Геофизичен институт, БАН

Едно от вътрешно присъщите свойства на земната атмосфера е преходният характер на различните компоненти, формиращи геометрията на общата атмосферна циркулация. Най-значителните промени в нея се обуславят от дългопериодичните планетарни колебания, разпространяващи се зонално и вертикално в средната атмосфера. Именно тези смущения формират важния, свързващ механизъм между процесите в тропосферата с тези в страто- и мезосферата. Планетарните вълни имат най-ярко проявление в средната атмосфера по време на внезапни стратосферни затопляния (СЗ). Появиха се работи, в които успешно числено се възпроизвежда разрушаването на циркумполярния вихър и обръщането на меридионалния температурен градиент в стратосферата чрез активизиране на планетарните вълни на нивото на тропопаузата [1]. Реакцията на стратосферната циркулация на тези смущения се определя от конвергенцията на потока на Елиасен — Палм [2]. Тя зависи както от форсинговия механизъм на долната граница (тропопаузата), така и от рефрактивните свойства на ниската и средната атмосфера.

Съществуването на планетарни колебания в неутралната компонента на атмосферата води до колебания и в йонизираната ѝ компонента. Получените чрез различни експериментални методи дългопериодични вариации в електронната концентрация са резултат не само от взаимодействието между неутралната и йонизираната компонента на атмосферата, но и от вариациите в йонизиращия източник. Детайлното изследване на вълновите характеристики на планетарните колебания, на хоризонталната и вертикалната им структура, както и на посоките и скоростите им на разпространение чрез изследване вариациите на електронната концентрация, би довело до определяне природата на тези колебания. Намерена е връзка [3] между активизирането на планетарните колебания с период около 5 d, наблюдавани в йоносферната абсорбция в интервала от 1 юни 1979 до 1980 г., и СЗ през този пе-

риод, която показва, че тези колебания вероятно са генерирани от колебания в неутралната компонента [3]. С помощта на крос-корелационен анализ са определени посоката и големината на хоризонталната скорост на разпространение на планетарните колебания, регистрирани чрез йоносферна абсорбция на дълги вълни, с характерни периоди 4—5 и 10,5 d [4]. Резултатите за 10,5-дневните колебания добре съвпадат с теоретичните и с числените характеристики на нестационарните свободни външни моди със зонално вълново число 3, присъщи на неутралната компонента и наблюдавани в бариичното поле. Установено е съществуването на колебание в рентгеновата радиация с период около 11 d, което би могло да генерира наблюдаваното 10,5-дневно колебание в йоносферната абсорбция [5]. Чрез последователно прилагане на различни статистически методи са анализирани 5 нискофреотни радиотрасета с цел да се намерят основните повтарящи се планетарни колебания в периодичния интервал 2,5—20 дни за периода юни 1979 — юни 1980 г. [6]. Установени са: 3,5—5-дневни и 10,5—12-дневни флукуации, съществуващи и в петте радиотрасета, и 6- и 9-дневни колебания, наблюдавани в по-северните трасета. Късопериодичните колебания са най-активни през есента и особено през зимата, докато по-дългопериодичните колебания имат значителни амплитуди и през лятото.

В настоящата работа са представени резултатите от изследването на планетарните колебания с периоди в интервала от 2,5 до 20 d, наблюдавани в йоносферната абсорбция през зимата на 1984/1985 г., и връзката им с мажорното СЗ в края на декември 1984 г., получени чрез различни статистически методи.

Експериментален материал

Използвани са осреднени дневни абсорбционни данни при $\cos\alpha=0,2$ (с изключение на трасето 747 kHz, където данните са получени при $\cos\alpha=0,1$), получени по метода АЗ за четири радиотрасета. Техните характеристики са представени в табл. 1.

Таблица 1

Предавател — приемник	Честота/разстояние	Еквивалентна честота	Височина на отражение	Географски координати на отражателната точка
Петрич — София	747 kHz/140 km	550 kHz	80—83 km	42,1° N, 23,3° E
Прищина — София	1412 kHz/170 km	1100 kHz	90 km	42,7° N, 22,3° E
Берн — Робурент	3985 kHz/280 km	2300 kHz	100 km	45,7° N, 07,7° E
Тирана — София	5055 kHz/310 km	2900 kHz	105 km	42° N, 21,5° E

Това са добре изразени абсорбционни трасета и данните са представени в dB. И за четирите трасета разпространението на сигнала е йоносферно, като височината на отражение през деня е в интервала от 82—83 до 100—105 km. От характеристиките на трасетата, представени в табл. 1, се вижда, че използваните данни дават информация за област над Европа с широчинен диапазон от 42 до 45,7° N и дължинен — от 7,7 до 23,3° E. Радиотрасетата 747, 1412 и 5055 kHz са подходящи за изследване особеностите на планетарните колебания, наблюдавани в йоносферната абсорбция във височина, по-

ради много близките географски координати на отражателните им точки и съществено различните им височини.

Разглежданият от нас интервал от 1 октомври 1984 до 31 март 1985 г. се характеризира с две минорни СЗ : около 10 декември 1984 г. и в края на януари 1985 г., и едно мажорно СЗ в края на декември 1984 г., което всъщност е най-силното затопляне, наблюдавано през последните 25 години. Първата проява на затоплянето в стратосферата е регистрирано на 26 декември 1984 г. [7], като за няколко дена температурата на ниво 10 hPa се повишава с 55°C . На 2 януари 1985 г. аерологичните сондажи над Берлин са измерили температура $+5^{\circ}\text{C}$ на ниво 5 hPa (най-високата температура, наблюдавана на това ниво от 25 години насам). Наблюдавано е пълно обръщане на стратосферната и мезосферната циркулация над Европа и Канада [7]. Една от основните задачи в нашата работа бе изследване връзката между планетарно-вълновата активност и мажорното СЗ в края на декември 1984 г.

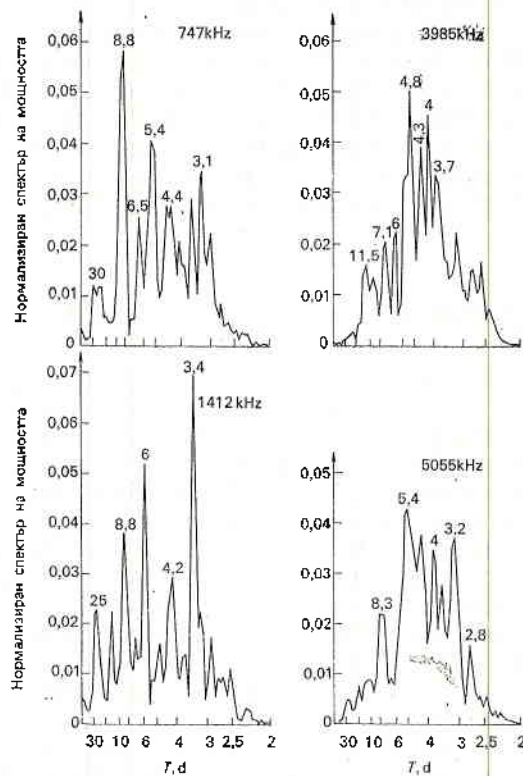
Метод на анализ

Изследването на квазипериодичните колебания извършваме чрез следните статистически методи за анализ на времеви редове: анализ на спектъра на мощността [8], автокорелационен анализ, числен алгоритъм — бърза Фурие-трансформация (БФТ) и комплексна демодулация [9, 10]. Всеки от изследваните редове съдържа по 182 стойности. Използването на нормализиран спектър на мощността, получен чрез Фурие-трансформация на автокорелационната функция, ни дава възможност за сравняване на спектралните амплитуди на дадено колебание за отделните времеви редове. Методът на комплексна демодулация, който в известна степен е локален вариант на спектралния анализ, позволява да се проследят във всеки момент изменението на периода, амплитудата и фазата на анализираното колебание. Използването на комплексна демодулация изисква прилагането на нискочестотен филтър с конвергентен фактор за елиминиране на ненужните високочестотни флуктуации [10]. В някои случаи е необходимо да отделим ниски и високочестотните вариации. Тогава използваме ивичен филтър с линейна фаза [11]. При определяне спектъра на мощността е използван разностен филтър за потискане на нискочестотните колебания, който практически отделя и трепда.

Резултати

На фиг. 1 са представени нормализираните спектри на мощността за времевите редове на 747, 1412, 3985 и 5055 kHz, филтрирани с нискочестотен (разностен) филтър. Добре се открояват следните спектрални пикове: за 747 kHz с най-големи спектрални амплитуди са колебанията с периоди 8,8; 5,4 и 3,1 d. Съществува и по-дългопериодично колебание с период 20—30 d, което поради потискането чрез нискочестотния филтър има значително по-ниска спектрална амплитуда. При 1412 kHz много ясно се открояват пикове на 8,8; 6 и 3,4 d, като пикът на 3,4 d има най-висока спектрална амплитуда в сравнение с всички пикове, наблюдавани в четирите времеви реда. Добре изразено е и по-дългопериодично колебание с период около 25 дни, чиято амплитуда е потисната от нискочестотния филтър. Тра-

сето с честота 3985 kHz се отличава със серия пикове между 3,7 и 5 d, като с най-висока спектрална амплитуда са тези с периоди 4 и 5 d. Съществува добре изразено и по-дългопериодично колебание с период около 11—12 d. Стойностите на спектралните амплитуди на този времеви ред са по-малки от



Фиг.1. Нормализирани спектри на мощността за врсеви редове на 747, 1412, 3985 и 5055 kHz в интервала от 1 октомври 1984 до 31 март 1985 г.

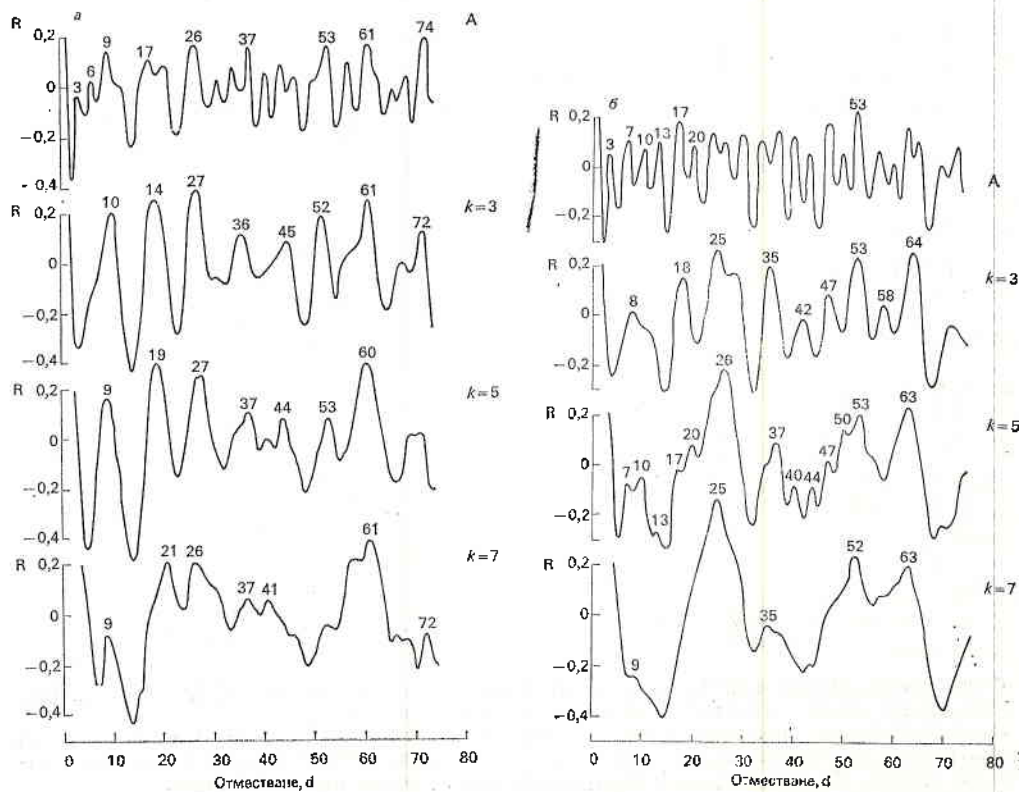
стойностите на предходния (1412 kHz) времеви ред. При 5055 kHz заслужават внимание пиковете с периоди около 8,4; 5,4 и между 3,2 и 4 d. При последния времеви ред спектралните амплитуди са още по-ниски от тези на предходния. От сравняването на спектралните амплитуди на четирите времеви реда следва, че амплитудите и продължителността на съществуване на характерните планетарни колебания нарастват от 747 kHz към 1412 kHz, но след това намаляват към 3985 kHz и стават най-ниски при 5055 kHz. Това вероятно е свързано с вида на зимната аномалия, който най-добре се изразява при радиотрасе с $f_c \approx 1$ MHz [12].

Интерпретацията на получените нормализирани спектри на мощността не ни дава възможност еднозначно да оценим кои от спектралните пикове съответстват на основни колебания и кои са техни хармоници или двойни колебания. Този въпрос би могъл да бъде решен чрез прилагане на филтрация на изследваните времеви редове и анализиране на автокорелационната

им функция. При този анализ в началото използваме разностен филтър, потискащ нискочестотните колебания и практически отделящ тренда. Така полученият филтриран времеви ред е филтриран вторично с плъзгащи средни с интервали $k=3$, $k=5$ и $k=7$ d, при което последователно са потискани колебания с периоди под 3, 5 и 7 d. За всеки от така получените филтрирани времеви редове са изчислени автокорелационните функции (АС-функции), представени на фиг. 2, където с A е означена АС-функцията на реда с приложен само разностен филтър, а с $k=3$, $k=5$ и $k=7$ — АС-функциите, за които е използвано и съответното плъзгащо средно.

В горната част на фиг. 2 *a*, *б*, *в* и *г* са представени АС-функциите съответно на 747, 1412, 3985 и 5055 kHz, получени чрез филтриране само с разностен филтър. На фиг. 2*a* се открояват две основни колебания: 3-дневно и 9-дневно (най-високите максимуми са отместени приблизително на 9 d), следователно за трасето 747 kHz те вероятно са основни колебания. На фиг. 2*б* се виждат добре изразени максимуми, отместени един спрямо друг средно на 3,5 d, следователно за трасето 1412 kHz това колебание е основно и е добре изразено в целия времеви ред. От фиг. 2*в* и *г* се открояват 4—5-дневни колебания, които са основни за трасетата 3985 и 5055 kHz. След последователно прилагане на плъзгащи средни се открояват следните основни периоди:

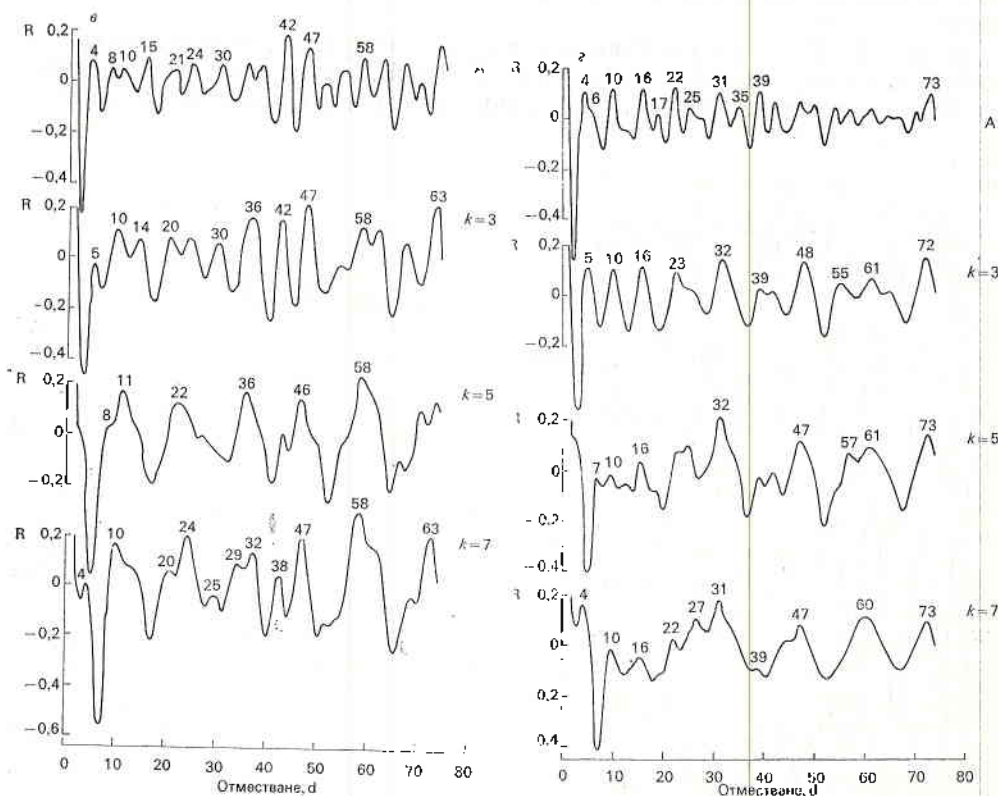
а) За 747 kHz — след изглаждане с $k=3$ се открояват силното 9-дневно колебание, а след прилагане на $k=5$ и $k=7$ се забелязва и по-дългопериодичното 26—30-дневно колебание. То е извън рамките на настоящото изслед-



ване, тъй като с приложените филтри на бихме могли да твърдим, че това колебание е основно. От извършения анализ на АС-функциите за времеви ред на 747 kHz имаме основание да смятаме, че 3- и 9-дневните колебания са основни в разглеждания интервал от време, като 9-дневното колебание е по-добре изразено.

б) За 1412 kHz — след изглаждане с $k=3$ се открояват максимуми, отместени средно на 6 и 8–9 d. След изглаждане с $k=5$ и $k=7$ наред с 9-дневното колебание се откроява и дългопериодично, с период 25–26 d. От анализа на АС-функциите за 1412 kHz може да се твърди, че 3,4-дневното колебание е основно и най-добре изразено в този времеви ред, като 6- и 9-дневните колебания също са основни, но по-слабо изразени от първото колебание.

в) За 3985 kHz — след прилагане на $k=3$ отново 4–5-дневното колебание доминира. След изглаждане с $k=5$ и $k=7$ се откроява 11–12-дневно колебание. От анализа на АС-функциите за 3985 kHz следва, че 4–5-дневните и 11–12-дневните колебания са основни. На този етап е трудно да решим кое от двете основни колебания е по-добре изявено.



Фиг.2. Автокорелационни функции на времевите редове на 747 kHz (а), 1412 kHz (б), 3985 kHz (в) и 5055 kHz (г) в интервала от време 1984/1985 г.

А — АС-функции, получени след филтрация с разностен филтър; $k=3$ — вторично филтрирани с 3-дневни пълзящи средни; $k=5$ — вторично филтрирани с 5-дневни пълзящи средни; $k=7$ — вторично филтрирани със 7-дневни пълзящи средни

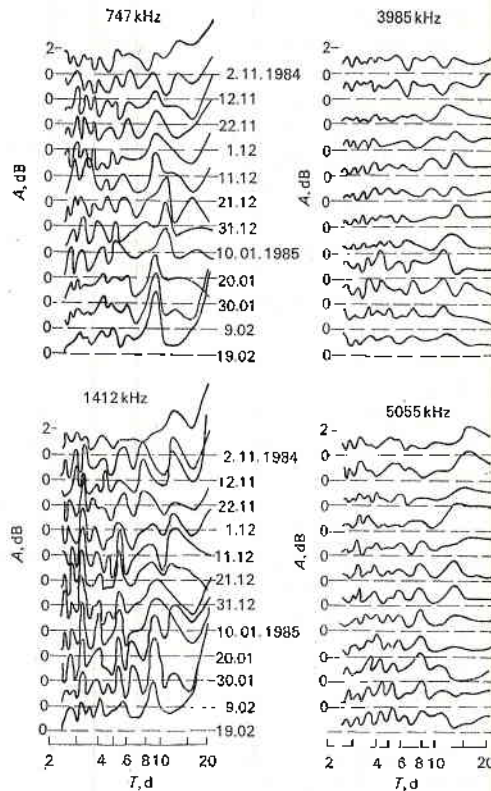
г) За 5055 kHz — след изглаждане с $k=3$ се откроява колебание с период между 5 и 6 d, а след прилагане на $k=5$ и $k=7$ — добре се очертават максимуми, кратни на 9—10 d. При 5055 kHz наблюдаваните основни колебания са с периоди 4, 5—6 и 9—10 d.

При АС-функциите в случаите на изглаждане с $k=5$ при 1412 kHz (фиг. 2б), $k=7$ при 3985 kHz (фиг. 2в) и $k=5$ и $k=7$ при 5055 kHz (фиг. 2з) въпреки фактическото филтриране на колебания с периоди под 5 и 7 d се наблюдават серия максимуми, отместени един спрямо друг на около 4 d. Може да предположим, че това се дължи на съществуването на две колебания с близки периоди T_0 (в случая по-големи от 5 или 7 d), фазово отместени едно спрямо друго на около $\Delta T=4$ d. При това положение в АС-функциите ще се наблюдават максимуми, кратни на ΔT , T_0 и $T_0 \pm \Delta T$. Аналогичен случай при геомагнитни вариации от слънчев произход е описан в [13]. Това квазипериодично колебание с период около 4 d в случая не може да бъде интерпретирано като планетарна вълна. Неговото проявление в АС-функцията е независимо от причините, предизвикващи планетарните колебания. Тази квазипериодична вариация няма нищо общо с изследваните 3—5-дневни колебания, проявяващи се и в четирите радиотрасета.

Интерпретиранияте чрез автокорелационния анализ колебания са статистически значими. Максимумите на автокорелационните функции (фиг. 2, а—г) излизат извън 95% доверителен интервал, който съгласно сдвустранния критерий на Андерсон [14] за конкретния случай е $(-0,12; 0,11)$.

Догук чрез анализ на спектъра на мощността и автокорелационните функции, получени чрез използване на различни филтри, установихме основните (фундаментални) в периодичния диапазон 3—12-дневни колебания, проявяващи се в полето на дневната йоносферна абсорбция над Европа през зимата 1984/1985 г. За да проследим във времето развитието на тези колебания, използваме БФТ по времеви сегменти, отместени през 10 d. Дължината на всеки сегмент е 64 d. Резултатите са представени на фиг. 3 (разгледани са само колебанията в интервала 2,6—20 d). Паралелно с БФТ са изследвани и автокорелационните функции по сегменти също с дължина 64 d и отместени през 10 d. Резултатите от последния автокорелационен анализ не са представени на отделна фигура, а са използвани само за доизясняване на резултатите от БФТ. На фиг. 3 са представени амплитудните спектри на планетарните колебания във всеки сегмент. Посочени са датите, около които са центрирани съответните сегменти. При 747 kHz веднага се открояват 9-дневните колебания, присъстващи в целия наблюдаван времеви интервал, т. е. във всички сегменти. Те имат и най-големи амплитуди в сравнение с останалите колебания. Периодът на колебанието е сравнително стабилен — 9 d, с изключение на три сегмента, центрирани около 21 и 31 декември 1984 г. и 10 януари 1985 г., т. е. в периода на мажорното СЗ, когато периодът нараства до 10,5 d. В разглежданата зима амплитудата на това колебание непрекъснато нараства, като в последния сегмент тя е най-голяма. Забелязват се и по-слаби 3—4-дневни колебания, изявиени през ноември — декември, затихващи в края на декември и появяващи се отново в началото и средата на януари, но с малко параснали периоди. В края на януари и февруари тези колебания почти липсват. При 1412 kHz най-съществени са колебанията с период около 3,4 d, присъстващи през цялата зима. Най-големи амплитуди се наблюдават в централната част на изследвания период (декември — януари), а най-слаби са в края на зимата. Добре изразени са и 6-дневните колебания с наблюдавани най-големи амплитуди също в средата на зимата. Третото основно, също добре изразено колебание, е по-дългопериодичното 9—10-дневно колебание. То е наблюдавано през цялата

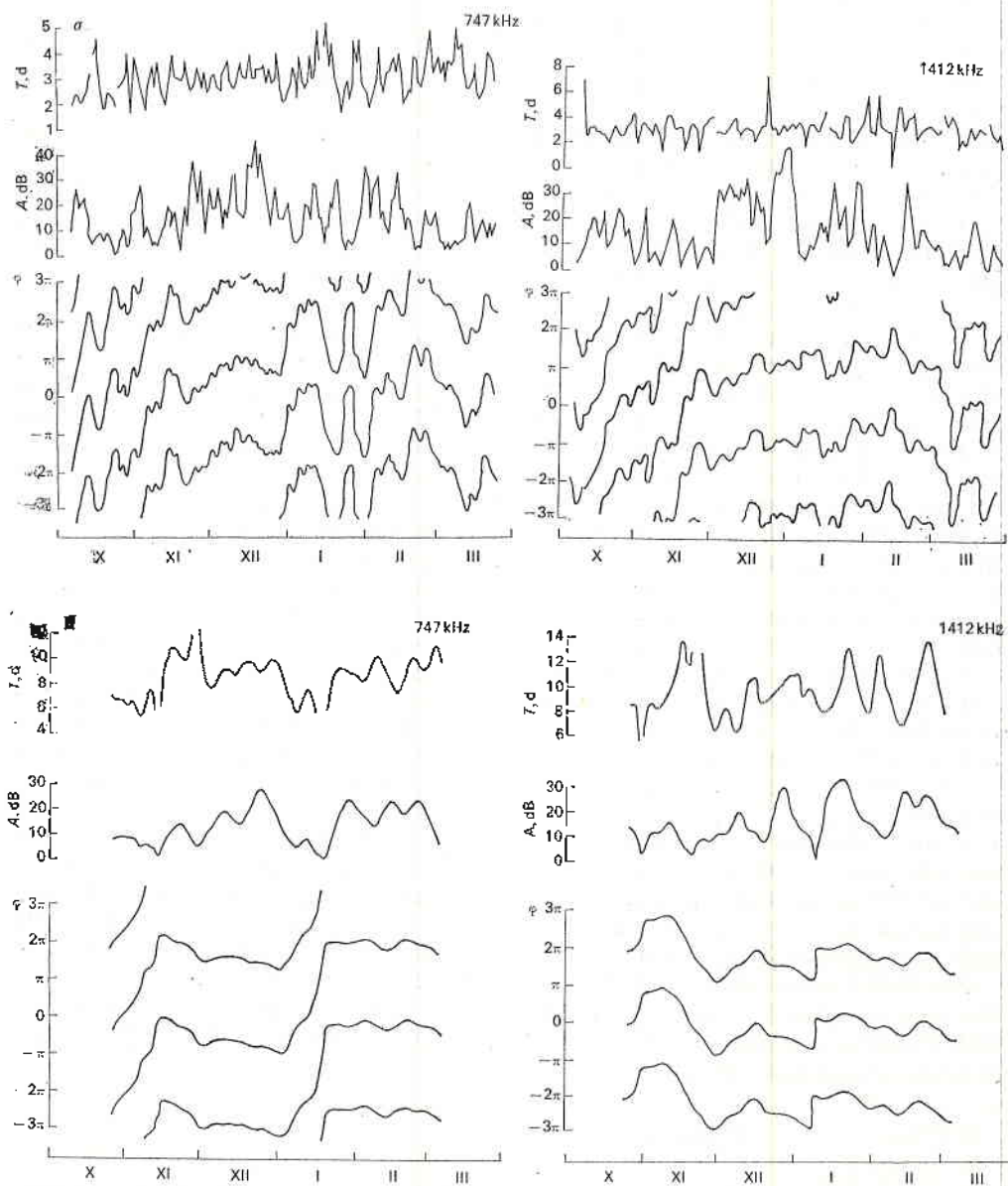
зима, но в началото неговият преобладаващ период е около 10,5 d, а след 21 декември 1984 г. периодът му намалява на 9 d. Може би и тази промяна е свързана с мажорното СЗ. Спектралните амплитуди на останалите две високочестотни трасета са значително по-слаби от тези на 747 и 1412 kHz.



Фиг. 3. Амплитудни спектри на времевите редове, получени чрез БФТ

При 3985 kHz се забелязват относително по-стабилни 10—12-дневни колебания, които през по-голямата част от зимата имат преобладаващ период около 12 d, докато в последните четири сегмента този период намалява на 10,5 d. След СЗ се забелязва и активизиране на 4,5-дневните колебания. При 5055 kHz се откроява 8-дневно колебание, което възниква в средата на зимата и продължава почти до края ѝ. В началото на изследвания период се наблюдават и около 3,2-дневни колебания, чиято амплитуда в края на декември съществено намалява и след мажорното СЗ се появяват колебания с период около 4,5 d. Получените резултати от БФТ потвърждават изводите от анализа на спектъра на мощността и автокорелационния анализ за определянето на основните периоди, като ни дават възможност още да проследим появата и активизирането на съответните планетарни колебания през различните месеци на зимния период 1984/1985 г. При получаване на резултатите от БФТ, представени на фиг. 3, са интерпретирани нараствания на амплитудите на онези колебания, които са над 95% доверителен интервал.

За да проследим моментните изменения на характеристиките на основните колебания (период, амплитуда и фаза), както и връзката им с мажорното СЗ в края на декември 1984 г., е удачно допълнително да използваме комплексна демодулация. За тази цел особено подходящи са трасетата



Фиг.4. Изменение на моментните периоди, амплитуди и фази в интервала 1984/1985 г., получени чрез комплексна демодулация на времевите редове на 747 и 1412 kHz с демодулиращи периоди 3,1 дни за 747 kHz, 3,4 дни за 1412 kHz; 9 дни за 747 и 1412 kHz

747 и 1412 kHz, където ясно се открояват 3- и 9-дневни колебания. За стойности на демодулиращите периоди вземаме тези, които са най-добре изявиени от спектрите на мощността (фиг. 1). За 747 kHz — 3,1 и 9 d, а за 1412 kHz — 3,4 и 9 d. На фиг. 4a са представени резултатите за по-късопериодично колебание. Като се проследят вариациите на моментните амплитуди, се вижда подобният ход на двете трасета. Добре очертани са няколко максимума във вълновите амплитуди, наблюдавани, когато вариациите в моментните фази и периоди са минимални. Това е края на ноември и целият декември, втори максимум — около средата на януари, и трети — около средата на февруари. Наблюдава се и слабо нарастване на вълновите амплитуди с височината (в този височинен интервал). С нарастване на височината изследваното колебание става по-стабилно. При 1412 kHz от втората половина на ноември до края на февруари фазата претърпява несъществени изменения, докато при 747 kHz в края на декември и в края на януари фазата на колебанието претърпява фазови преходи. Тези преходи може би са свързани с разрушаване на колебанието, причинено от мажорното СЗ в края на декември 1984 г. и минорното СЗ в края на януари 1985 г. Аналогичен резултат бе получен в [3] при изследване на планетарните вълни с период около 5 d и стратосферните затопляния през зимата на 1979/1980 г.

На фиг. 4б са представени резултатите за по-дългопериодичното колебание, наблюдавано в йоносферната абсорбция на използваните радиотрасета. При проследяване на моментните периоди се вижда, че средно периодите на 1412 kHz са по-високи от тези на 747 kHz, независимо че са демодулирани с един и същи период $T_D=9$ d. Измененията в моментните амплитуди са също подобни (както и при късопериодичното колебание). Значителни максимуми се наблюдават през декември, средата на януари и февруари. И при това колебание амплитудите слабо нарастват с височината. Като се проследят измененията на моментните фази, отново се забелязва по-стабилно колебание за трасето с по-висока отражателна точка — 1412 kHz. За по-нискофреkwентното трасе в средата на ноември и на януари се забелязват фазови преходи (това са моментите, когато 9-дневното колебание преминава в 10,5-дневно и обратно, ясно очертани чрез БФТ на фиг. 3). За трасето 1412 kHz се забелязва бърза фазова промяна около 10 януари 1985 г., когато колебанието от 10,5-дневно преминава в добре изразено 9-дневно колебание. Може би и в този случай по-бързите фазови промени в периода 5—10 януари 1985 г. са свързани с мажорното СЗ. Относно моментните вариации на амплитудите на това по-дългопериодично колебание с по-голяма увереност може да се твърди, че са свързани със СЗ през тази зима. През декември се забелязват два максимума: около 9—10 декември и около 24—27 декември, т. е. в периодите, когато се забелязва първото минорно СЗ и когато рязко започва да нараства стратосферната температура при мажорното СЗ. След СЗ имаме силно понижаване на моментната амплитуда. Най-значително е понижението в началото на януари. В средата на втората половина на януари се наблюдава ново нарастване на вълновата амплитуда и отново силно понижението, може би свързано с минорното СЗ в края на януари 1985 г.

Изводи

Чрез последователно прилагане на анализа на спектъра на мощността, автокорелационния анализ, БФТ по времеви сегменти и комплексна демодулация на времеви редове от средни дневни (при $\cos\chi=0,2$)

абсорбционни данни от четири радиотрасета е направен опит да се намерят основните колебания в периодичния диапазон 2,5—12 d, съществуващи в зимния период октомври 1984 — март 1985 г., както и да се изследват детайлно измененията с времето на основните вълнови характеристики. Установено бе:

— Във височинния диапазон 80—105 km присъстват два основни вида колебания: високочестотно квазипериодично колебание с период в интервала 3—5 d [16] и относително по-стабилно, дългопериодично колебание с период 9—10 d.

— Наблюдаваните в йоносферната абсорбция вълнови амплитуди нарастват с височината до нива, където максимално се проявява зимната аномалия ($f_i \approx 1$ MHz), а след това те постепенно намаляват.

— Амплитудите на колебанията в интервала 80—90 km нарастват през зимните месеци, което е свързано със СЗ в периода 1984/1985 г.

— Характерният период слабо нараства с височината, което е отново валидно в интервала 80—90 km [3].

— С нарастване на височината (в интервала 80—90 km) изследваните основни колебания претърпяват по-слаби фазови промени, т. е. колебанията са по-стабилни. Бързите фазови промени в края на декември и началото на януари може би са свързани с мажорното СЗ.

Авторите изказват сърдечна благодарност на чл.-кор. Г. Несторов за предоставените им абсорбционни данни.

Л и т е р а т у р а

1. McIntyre, M. F. How well do we understand the dynamics of stratospheric warmings? — *J. Meteor. Soc. Japan*, 60, 1982, 37-65.
2. Andrews, D., M. F. McIntyre. Planetary waves in horizontal and vertical shear: the generalized Eliassen-Palm relation and the mean zonal acceleration. — *J. Atmos. Sci.*, 33, 1976, 2031-2047.
3. Pancheva, D., E. Apostolov, G. Nestorov. Stratospheric warmings and transient planetary waves. Paper II. 02. 10. — In: IAGA/IAMAP, v. 2, Prague, 1985.
4. Паничева, Д., Е. Апостолов. Скорост на разиространение на планетарни вълни, регистрирани чрез йоносферна абсорбция на дълги радиовълни. — *Бълг. геоф. сп.*, XIII, 1987, № 2.
5. Apostolov, E., V. Lelfus. Spectral analyses of the time variations of solar X-rays in the 1—8 Å and 8—20 Å region. — *Bull. Inst. Astr. Czechos.*, 26, 1975 No. 4, p. 193.
6. Pancheva, D., E. Apostolov, G. Nestorov, J. Lastovicka. Long-period fluctuations observed in the ionospheric absorption variations. — *Studia Geodet. et Geophys.*, 31, 1987, 301-314.
7. Labitzke, K., K. Petzold. First note on the major stratospheric warming at the end of December 1984. *Bull. MAP*, 1985.
8. Bloomfield, P. *Fourier Analysis of Time Series: An Introduction*. N. Y., J. Wiley & Sons, 1976.
9. White, O. R., M. Y. Cha. Analysis of the 5 min oscillation in photospheric motion. — *Solar Phys.*, 31, 1973, p. 55.
10. Blackman, R., J. Tukey. *The Measurement of Power Spectra*. N. Y., Dover, 1958.
11. Лузов, А., Г. Куклин, А. Петемский. Исследование периодических вариаций интенсивности космических лучей с помощью избирательных частотных фильтров. — *Геом. и аэрон.*, 1965, № 3, с. 392.
12. Несторов, Г., М. Тодорова, А. Канева. Синоптический анализ ионосферного поглощения в зимнем полугодии 1993/1984 г. — *Бълг. геоф. сп.*, XI, 1985, № 3.

13. Letfus, V., E. Apostolov. Longitudinal distribution of recurrent solar activity sources and its reflection in geomagnetic variation. — Bull. Astr. Inst. Czechosl., 31, 1980, No 2, p. 119.
14. Anderson, R. Z. Distribution of the serial correlation coefficient. — Ann. Math. Statist., 8, 1941, No 1.
15. Bracewell, R. The Fourier Transform and its Applications. N. Y., Mc Graw-Hill, 1965.
16. Nestorov, G. October effect in mesosphere at middle latitudes. — Comp. rend. Acad. bulg. Sci., 27, 1974, p. 1655.

Long-period fluctuations observed in the
ionosphere radiowave absorption variations
in the winter of 1984/1985

D. V. Pancheva, E. M. Apostolov

(S u m m a r y)

Using different statistical methods in sequence, the long-period oscillations have been studied (2,5—20 days period) demonstrated in four radiopaths for ionospheric absorption (747, 1412, 3985 and 5055 kHz) in the winter of 1984/1985. Special attention has been paid to the study of time changes of the basic wave characteristics (period, amplitude, phase), as well as their connection with the stratospheric warming at that period. Again, as in [4], planetary wave amplification was observed before the major stratospheric warming at the end of December 1984, as well as considerable phase changes during the stratospheric warming.