

Aerospace Research in Bulgaria
Volume 8 . Sofia . 1991
Bulgarian Academy of Sciences

Редакционна колегия

Б. Бонев (главен редактор),
П. Велинов, П. Генев,
Н. Дончева, В. Маджаров,
Г. Мардиросян (отговорен
секретар), Д. Мишев,
П. Неновски, Х. Спиридонов,
Л. Филипов, С. Чапкънов,
З. Димитрова (отговорен
редактор на броя)

Преводачи: Е. Младенова,
Р. Алексиева

Editorial Board

B. Bonev (Editor-in-Chief),
P. Vellinov, P. Genov,
N. Doncheva, V. Majarov,
G. Mardirosjan (Secretary),
D. Mishev, P. Nenovski,
H. Spiridonov, L. Philipov,
S. Chapkanov, Z. Dimitrova
(Technical Editor) Translated by:
E. Mladenova, R. Alexieva

Адрес

Аерокосмически изследвания в
България
Институт за космически
изследвания при БАН
България, София 1000,
ул. „Московска“ № 6

Address

Aerospace Research in Bulgaria
Space Research Institute,
Bulgarian Academy of Sciences
6 Moskovska Str., Sofia 1000,
Bulgaria

Издавателство на Българската
академия на науките

Редактор
Н. Евстимова

Коректор
С. Баирева

Техн. редактор
Д. Радоева

Изд. индекс 12438
Дадена за набор
на 13. VI. 1991 г.
Подп. за печат на
24. XII. 1991 г.

Формат 70×100/16
Тираж 400

Печ. коли 5,25
Изд. коли 6,80
Печатница на БАН
1113 София
ул. „Акад. Георги Бончев“
Пор. № 444
629.13(05)

© БАН, Институт
за космически
изследвания
1991
c/o Jusautor, Sofia

АЕРО КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В БЪЛГАРИЯ

8

СОФИЯ . 1991

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

Съдържание

Д. Г. Гочев, П. И. Неновски
Синергетичен анализ на
природата на слънчево-
земните връзки / 3

Р. Т. Колева, И. Ст. Кутлев
Субавроурални скорости
дрейфа в возмущенных
геомагнитных условиях / 20

Д. В. Панчева, Е. М. Апостолов
Дългопериодични вариации в
ионосферната абсорбция,
наблюдавани през зимния
период на 1984/1985 г. / 21

М. К. Кандева,
Ю. М. Симеонова,
Н. Т. Манолов, В. М. Пътов
Особености на трибологичните
явления в Космоса / 33

Г. Х. Мардиросян,
В. М. Фрейд
Трехкомпонентный
пенетраторный
акселерометр для
исследования Марса / 39

Contents

D. G. Gochev, P. I. Nenovski
Synergetic analysis of the
solar-terrestrial relations / 12

R. T. Koleva, I. S. Kutlev
Subauroral drift velocities in
disturbed geomagnetic
conditions / 13

D. V. Pancheva, E. M. Apostolov
Long-period fluctuations
observed in the ionosphere
radiowave absorption
variations in the winter of
1984/1985 / 32

M. K. Kandeva,
Y. M. Simeonova,
N. T. Manolov, V. M. Patov
Some peculiarities of the
tribological phenomena in
space / 38

G. H. Mardirosjan,
V. M. Fremd
Three-component penetrator
accelerometer for Mars
exploration / 46

И. С. Илиев, Е. К. Руменина,
Н. Д. Пелова
Спектрална отражателна
способност на почвите,
разпространени на ключов
участък „Бокини“ (Полша) / 47

Р. Х. Кънчева
Спектрометрични и
биометрични изследвания на
зимна пшеница по време
на международния
експеримент „Telegeo-87“ / 54

Г. Х. Мардиросян,
Д. П. Инджева, Ж. С. Жеков,
Д. Х. Иванова, К. Д. Вълчев
Наземен комплекс за
изследване светенето на
високата атмосфера по
програмата „Шипка“ за полета
на втория български
космонавт / 60

Л. Ст. Филипов, Л. Филипова,
А. С. Дечева, Ц. Е. Стоянов
Резултати от комплексното
използуване на дистанционни
методи в Предбалкана между
реките Искър и Вит / 65

Е. Т. Цветков
Система за визуализация на
телеметрична информация от
космически експерименти / 72

А. Г. Генчев
Ефективен импулсно-
резонансен токозахранващ
източник с широка област на
приложение / 76

И. С. Илиев, Е. К. Руменина,
Н. Д. Пелова
Soils reflection capability
distributed on key section
„Bokini“ (Poland) / 53

Р. Х. Kancheva
Winter wheat spectrometric and
biometric investigations
during the „Telegeo-87“
international experiment / 59

Г. Н. Mardirosjan,
Д. П. Indjeva, Ж. С. Jekov,
Д. Х. Ivanova, К. Д. Vulchev
Ground-based complex for the
high atmosphere illumination
under the „Shipka“ program for
the flight of the second
Bulgarian cosmonaut / 64

Л. С. Filipov, Л. Filipova,
А. С. Decheva, Ц. Е. Stojanov
Results of all-round use of
long-distance methods in the
Forebalkan between rivers
Iskar and Vit / 71

Е. Т. Tsvetkov
Telemetric data visualization sy-
stem from space experiment / 75

А. Г. Genchev
An effective pulse-resonance
power source with wide field
of application / 84

Българс
Аерокос
София.

чево
пра
мон
Ст
ме
др
па
ве
ус
ст
те
на
ва
на
к
е
н
т
Г
(

Синергетичен анализ на природата на слънчево-земните връзки

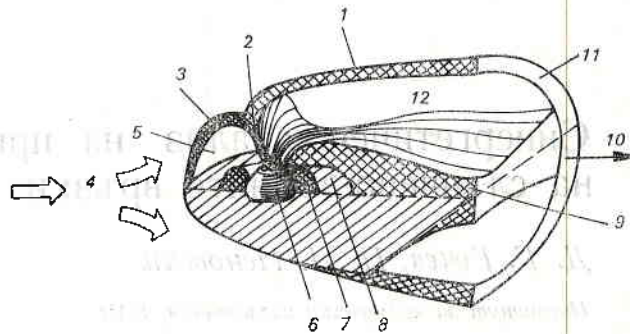
Д. Г. Гочев, П. И. Неновски

Институт за космически изследвания, БАН

Теоретичното и експерименталното изучаване на слънчево-земните връзки (СЗВ), освен че представлява научен интерес е и от практическа полза за осъществяване на радиовръзките, за синоптиката, космонавтиката и височинната авиация, биометеорологията и т. н. В системата Слънце—Земя съществуват следните подсистеми: Слънце с активни области; междупланетно пространство; Земя с магнитосфера, йоносфера, атмосфера, хидросфера, литосфера. Първите стъпки в изучаването на СЗВ са свързани с пионерните работи на Чижевски [1] и Вернадски [2] от началото на века. Независимо от успехите в прилагане на статистическите методи [3] и установяване на корелационни връзки между параметрите, характеризиращи слънчевата активност, електромагнитната и/или биологичната активност, тези резултати не допринесоха за качествено ново разбиране и изясняване на природата на СЗВ. Сега се въвеждат полуемпирични параметри, изразяващи конкретни връзки между величини, които характеризират свойствата на някоя от изброените подсистеми. Често тези величини са функции на някакъв общ параметър, който обуславя „високата“ корелативност на полуемпиричните параметри. Във физиката на СЗВ е доказано съществуването на множество корелации — между параметрите на слънчевия вятър и електромагнитната активност, проявяваща се като нискочестотни магнитни вариации; между секторната структура на междупланетното магнитно поле (ММП) и някои климатологични процеси и т. н. Нека подчертаем, че съществуването на обособени подсистеми в системата Слънце—Земя, където процесите в една подсистема в първо приближение са независими от процесите в друга подсистема, не позволява да се моделират СЗВ в термините на обичайните теоретико-математични методи. Например взаимодействието на слънчевия вятър с магнитосферата на Земята се описва с магнитохидродинамични (МХД) уравнения, магнитосферната плазма — с кинетичен метод, взаимодействието ѝ с йоносферата — с едночастично описание, взаимодействието на йоносферата с неутралната атмосфера — с уравнението на Навие—Стокс. Окупняването на системите уравнения чрез въвеждане

на нови членове и връзки води до тежки изчислителни задачи и трудности при определяне на началните и на граничните условия. Някои експериментални резултати са недостатъчни и противоречиви.

От основен интерес е изследването на механизмите на преобразуване и прехвърляне на енергия при слънчеви ерупции към областите на космическото пространство около Земята.



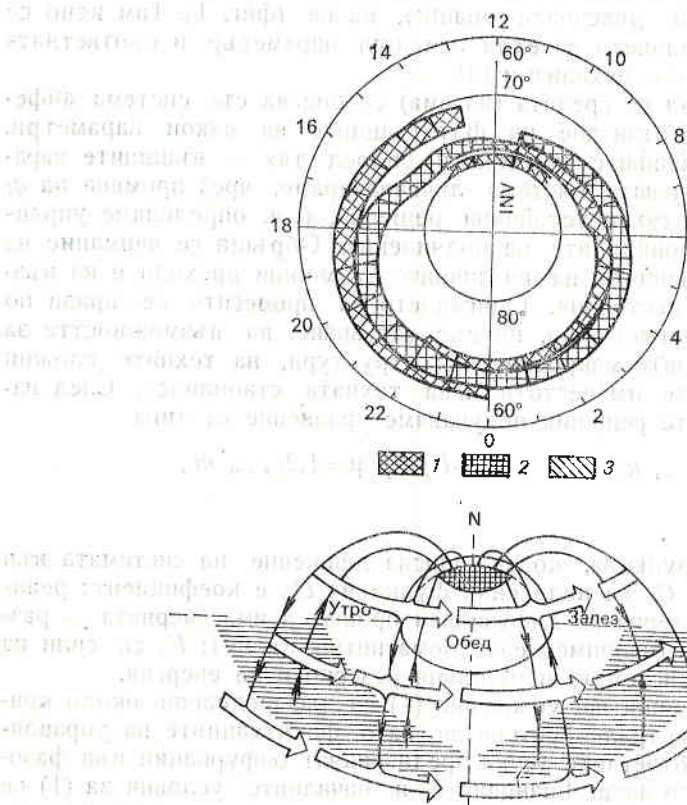
Фиг.1. Структура на магнитосферата на Земята

1 — мантия; 2 — ядро; 3 — граничен слой откъм дневна страна; 4 — слънчев вятър; 5 — външна магнитосфера и радиационен пояс; 6 — овал на полярните сияния; 7 — плазмосфера; 8 — радиационен пояс; 9 — плазмен слой; 10 — опашка на магнитосферата; 11 — нискоширинна гранична област; 12 — високоширинна част на опашката на магнитосферата

В статията е направен опит да се използват нови идеи, които биха помогнали за математическо описание на магнитосферата (фиг. 1). Вниманието е насочено към нея поради това, че тя изпълнява ролята на активен клапан (според досегашните изследвания предимно еднопосочен), който регулира енергийния поток от Слънцето към Земята. Сумарният ток по челната повърхност на магнитосферата е $\sim 10^7$ A, пълният ток през плоскостта на полунощния меридиан от височина неколкостотин километра до орбитата на Луната е от същия порядък. Пълният надлъжен ток от магнитосферата в йоносферата при спокойни условия е $0,7 \cdot 10^8$ A, а при смутени — $5 \cdot 10^8$ A. Стойността му се определя от концентрирането на структури, които са в динамично равновесие и от възникналите състояния при неговото нарушаване (фиг. 2).

Като са използвани идеи от синергетиката [4], в статията се прави анализ на някои типични и с ключово значение процеси в магнитосферата и тяхното взаимодействие. Отчита се значението на вътрешни за подсистемите параметри — функция на разпределение на частиците, вектор на магнитното поле, спектрално разпределение на електромагнитните вълни, и на външни параметри — компоненти на междупланетното магнитно поле и закона за изменението им, скорост и плътност на слънчевия вятър. Структуриране може да се предизвика и/или измени поради: 1. Увеличаване броя на управляващите параметри, което води до преминаване на системата от една структура в друга при запазване на степента на външно въздействие — за някои части на магнитосферата такова значение има u -компонентата на $MMFI (B_p)$. 2. Съчетаване влиянието на няколко параметъра чрез изменение на принципите на подчинение между тях — например влиянието

на плазмени неустойчивости и на заредени частици върху образуването на двойни слоеве и влиянието на тези слоеве върху конвекцията на плазмата и върху динамиката на крупномасщабния енергообмен [5, 6]. 3. Достигане на



Фиг.2. Токова система в магнитосферата при ниска магнитна активност $|AL| < 10^{-7}$ T
 1 — токове, втичащи в йоносферата; 2 — токове, изтичащи от йоносферата; 3 — токове, чиято полярност се мени в зависимост от ориентацията на магнитното поле; широки стрелки — токов слой, който тече по магнитопаузата от запад на изток; тънки стрелки — токова система по силовите линии на магнитното поле на Земята; надлъжните токове в овала на полярните сияния са представени в инвариантна (INV) координатна система Φ -MLT

критична стойност (интервал) на управляващите параметри, при която системата може да премине произволно в едно от няколко възможни състояния. Например такъв параметър е параметърът на Акасофу

$$\varepsilon = V_{sw} B_0^{2/3} \sin^4(\theta/2),$$

където

$$\theta = \begin{cases} \arctg(|B_y/B_z|) & \text{при } B_z > 0, \\ \pi - \arctg(|B_y/B_z|) & \text{при } B_z < 0. \end{cases}$$

Тук V_{sw} е скоростта на слънчевия вятър; B_0 — големината на магнитното поле на Земята на магнитопаузата; B_y, B_z са компонентите на междупланетното магнитно поле в слънчева координатна система и l е разстоянието от Земята до магнитопаузата, измерено по линията Слънце — Земя. Интерес представляват процесите в граничните области — магнитопаузата, нискоширочинния граничен слой, далечната опашка, каспа (фиг. 1). Там ясно се вижда промяната на влиянието на един или друг параметър и съответната смяна на преобладаващите механизми [5].

Предлаганият подход е: средата (плазма) се описва със система диференциални уравнения с отчитане на флукуациите на някои параметри. Първо определяме устойчивите решения и според тях — външните параметри $q_i, i=1 \div n$. Получената система линеализираме, чрез промяна на q_i получаваме за някои от тях неустойчиви решения, т. е. определяме управляващите параметри и принципите на подчинение. Обръща се внимание на критичните точки в решенията, на различните възможни преходи и на възникването на хаотични състояния. Описанието на процесите се прави по възможност на мезоскопично ниво, но със запазване на възможността за изследване на възникналите макроскопични структури, на техните сложни движения, на собствените им честоти и на тяхната стабилност. След изключване на затихващите решения получаваме уравнение от типа

$$(1) \quad -\frac{\partial u_\mu}{\partial t} = G_\mu(\nabla, u_\mu) + D_\mu \nabla^2 u_\mu + F_\mu(t), \quad \mu=1, 2, \dots, m,$$

където

u_μ характеризира функция, която описва движение на системата във фазовото пространство; G_μ са нелинейни функции; D_μ е коефициент: реалната му стойност характеризира дифузионен процес, а имагинерната — разпространение на импулс (например електромагнитни вълни); F_μ са сили на взаимодействие между системата и външния резервоар на енергия.

Незатихващите решения на уравнение (1) са разпределени около критични точки в тесни спектрални интервали, като флукуациите на управляващите параметри в съответните точки предизвикват бифуркации във фазовата траектория на системата. Граничните и началните условия за (1) се определят от конкретната физическа задача, но съществуват основни принципи, на които те трябва да отговарят:

$$u_\mu(s) = 0; \quad \frac{\partial u_\mu(s)}{\partial s} = 0; \quad u_\mu(x) = u_\mu(x+L); \quad \|u\| \leq C < \infty, \quad x \rightarrow \infty.$$

Задачата съществено се усложнява, ако F_μ зависи от u_μ [4].

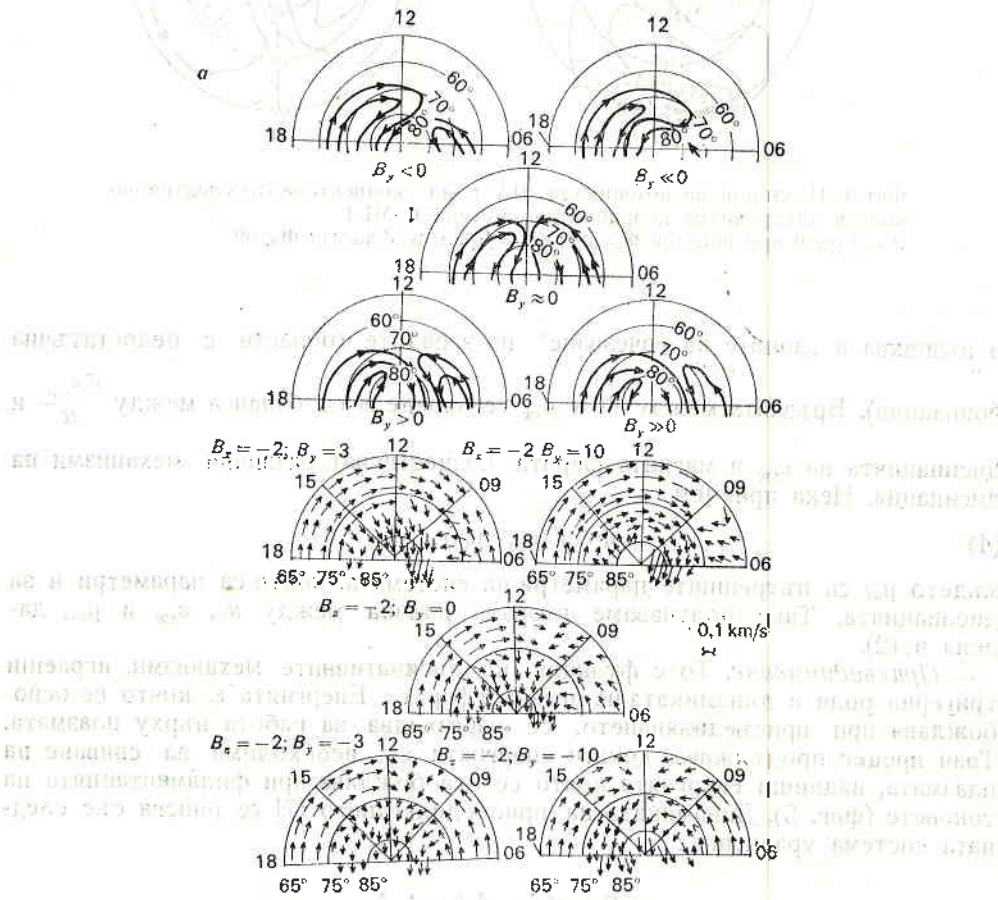
Сега ще представим по-подробно няколко процеса и примера, за които предполагаме, че споменатите идеи са валидни. Трябва да отбележим, че за връзката между тези процеси има формули, получени само чрез регресионен анализ на експериментални данни.

Конвекция (фиг. 3, 4). Тя е резултат от действието на индуцираното поле $E = -V_{sw} \times B_0$, което възниква при обтичане на магнитосферата от слънчевия вятър, т. е. конвекцията се явява при балансирането на потока енергия от слънчевия вятър и дисипацията ѝ за сметка на вътрешното триене и/или при процесите на присъединяване. Движението на плазмата в магнитосферата се описва с уравнение от вида:

$$(2) \quad m_\alpha \frac{du_\alpha}{dt} = e_\alpha (E + u_\alpha \times B_0) = f(\epsilon_{sw}, \mu_\alpha),$$

където ϵ_{sw} е енергията на взаимодействие на слънчевия вятър с магнитно сферата. Индуцираното поле E може да се дефинира с въвеждане на потенциали Φ и ψ по следния начин:

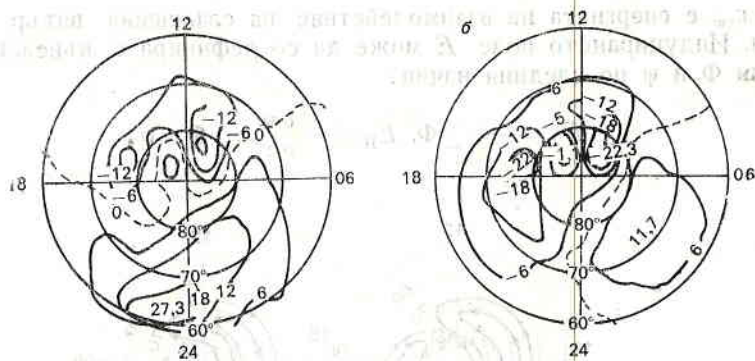
$$E_{\perp} = -\nabla_{\perp} \Phi, \quad E_{\parallel} = -\frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad \Phi \neq \psi,$$



Фиг.3. Модел на конвекцията във високоширинната дневна йоносфера в координатна система Φ -MLT
 а — в зависимост от B_y на ММП; б — в зависимост от B_y и B_z на ММП

където E_{\perp} и E_{\parallel} са компонентите му, съответно перпендикулярни и успоредни на магнитното поле на Земята B_0 . E_{\perp} дава потенциалния напад през магнитосферата, който е от порядъка на 50—100 kV, а E_{\parallel} се явява функция на надлъжните токове J_{\parallel} , т. е.

$$(3) \quad -\frac{\partial \psi}{\partial z} = E_{\parallel} = f(J_{\parallel})$$



Фиг.4. Изолинии на потенциала (kV) на конвективното електрично поле в инвариантната координатна система Φ -MLT
 а — $j_{\parallel} \neq 0$ при ширини $\Phi > 58^\circ$; б — $j_{\parallel} = 0$ в областта $\Phi < 69^\circ$

и възниква в „зоните на изчезване“ на зарядите (области с недостатъчна йонизация). Връзката между Φ и ϵ_{sw} се определя от баланса между $\frac{d\epsilon_{sw}}{dt}$ и дисипацията на ϵ_{sw} в магнитосферата. Съществуват различни механизми на дисипация. Нека приемем

$$(4) \quad \Phi = f(\epsilon_{sw}, \mu_{ai}),$$

където μ_{ai} са вътрешните параметри на системата, които са параметри и за дисипацията. Така получаваме втората връзка между μ_{ai} , ϵ_{sw} и Φ , дадена в (2).

Присъединяване. То е функция на дисипативните механизми, играещи тригерна роля в динамиката на магнитосферата. Енергията ϵ , която се освобождава при присъединяването, се изразходва за работа върху плазмата. Този процес продължава, докато енергията ϵ_m , необходима за свиване на плазмата, надвиши енергията, която се освобождава при филаментацията на токовете (Фиг. 5). Динамиката на присъединяването [7] се описва със следната система уравнения:

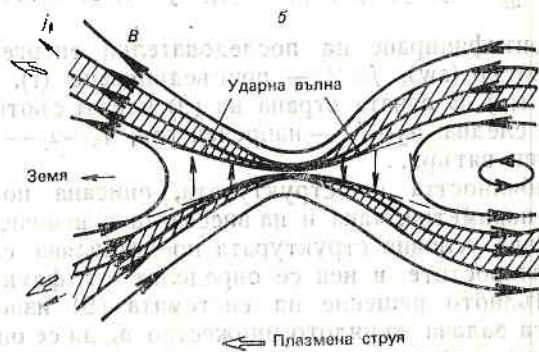
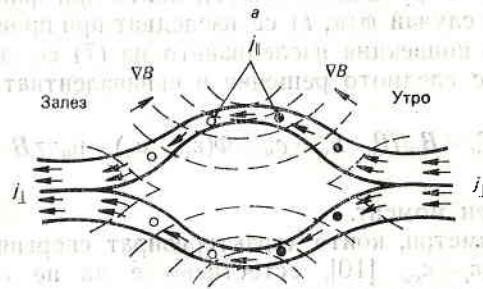
$$(5) \quad \begin{aligned} 0 &= g(j_{\perp}, A_y) - \Delta A_y, \\ \frac{dj_{\perp}}{dt} &= f(j_{\perp}, \nabla, A_y), \end{aligned}$$

където A_y е векторният потенциал на магнитното поле, j_{\perp} — токът, течащ през неутралния слой. Връзката между ϵ и A_y се намира след интегриране на първото уравнение (5). За по-нататъшния пренос на енергията ϵ , е важна връзката

$$(6) \quad j_{\parallel} = g(j_{\perp}, A_y) - \Delta A_y.$$

Този ток определя дисипацията на енергията на смущението (неустойчивостта вътре в магнитосферата).

Енергетични нива. Уравненията (5) са частен случай на система, описваща динамиката в реактивно-дифузионни структури и съответства на разпространението на импулси по нервите [8]. Във фазовото пространство на системата затворена траектория, която минава през особена точка тип седло



Фиг.5. Физическа картина на присъединяването в областта на неутралната линия в опашката на магнитосферата
 а — сечение на неутралната линия, показваща бифуркацията на напречния ток и генерацията на надлъжните токове: ○ — изтичащ ток, ● — втичащ ток; б — меридионално сечение на неутралната линия, показващо връзката между магнитните линии, надлъжните токове, плазмените структури и фронтовете на съпътстващата присъединяването ударна вълна

(съответстваща на периодично решение), отговаря на този импулс. Тези автовъзли са обект на анализ в други работи [9]. За нас е важен фактът, че на фона на този процес се включва механизъм, който превръща част от тази енергия в енергия на движението на магнитосферната плазма. Естествено това движение може да се моделира, като се използва уравнение (2), записано в по-обща форма

$$(7) \quad \frac{du}{dt} = Lu + B(u, u)$$

или $M \frac{du}{dt} = Lu + B(u, u)$,
 където L, M са линейни оператори; B е нелинейна функция.

Решения на (7) са функциите $\varphi(u, t)$, които при фиксирано u се наричат движения. В общия случай $\varphi(u, t)$ се изследват при произволни u . В случая на магнитосферната конвекция изследването на (7) се свежда до решаване на системата (2) със следното решение в еквивалентната равнина:

$$(8) \quad \frac{dx_a}{dt} = \frac{1}{e_a} F_a \times B_0 / B_0^2, \quad F_a = e_a \nabla \Phi(\varepsilon_{sw}, \mu_a) - \mu_a \nabla B - m_a \frac{du_{0a}}{dt},$$

където μ_a е магнитен момент.

Тук влизат параметри, които характеризират енергията на кръговия ток ε_{rc} . Тъй като $\varepsilon_{rc} \ll \varepsilon_r \ll \varepsilon_{sw}$ [10], естествено е да не се отчита обратното влияние, т. е. в посока към по-високи енергетични нива. Следователно може да се напише следната синергетична система от уравнения:

$$(9) \quad \frac{du_{j+1}}{dt} = f(\varepsilon_j, u_j, \mu_{j+1}, u_{j+1}), \quad j=1, 2, 3, \dots,$$

j е индекс за идентифициране на последователни енергетични структури; $j=1$ — слънчев вятър (sw), $j=2$ — присъединяване (r), $j=3$ — магнитосферна конвекция (m). В лявата страна на (9) влизат съответните движения или токове, както следва: $u_2 \rightarrow j_1$ — напречен ток, $u_3 \rightarrow u_i$ — йонен дрейф, ..., $u_k \rightarrow u_n$ — неутрален вятър...

Очевидно стабилността на структурата, описана по-горе, е функция както на нейните параметри, така и на внесената в нея енергия $\delta_j \varepsilon_j$, където $\delta_j \ll 1$. Само при това условие структурата представлява слабо неустойчива система и неустойчивостите в нея се определят от флукуациите на малките параметри. Пълното решение на системата (9) изисква да се реши първо спектралната задача за цялото множество δ_j , да се определят неустойчивостите (бифуркациите) за всяка структура и да се определи динамичното ѝ поведение. Стохастичността на движенията във всяка структура се определя от свойствата на системата, но невинаги и в границите на съответното енергийно ниво [11]. Този извод позволява да съсредоточим вниманието си върху малките параметри δ_j , чиито изменения се оказват съществени за определяне на фазовите траектории, описващи СЗВ. В така описаната схема съществуващият каскаден пренос на енергия от Слънцето към земната повърхност и влиянието му върху човека определя йерархичната подчиненост на компонентите на системата Слънце — Земя. Съзнателно изключваме влиянието с галактичен и извънгалактичен произход поради липсата на надежден експериментален материал и съществуването на и без това свръхусложнена картина на взаимодействията.

В посочената подредба интерес представлява редуването на: енергетичноактивни (1), енергетичнопасивни (2), енергетичноотворени (3) и енергетичнозатворени области (4). Това разделяне очевидно е условно. Въпреки привидната обусловеност на групиране на областите (1) — (3) и (2) — (4) в тези от последната група съществуват източници на енергия, чието влияние може да се управлява, макар и в тесен интервал. Пример: изхвърленият при катастрофално вулканично изригване прах променя албедото, следва изменение на общата атмосферна циркулация и крупномащабните океански течения, което може да промени наклона на оста на въртене на Земята с

последвала промяна в работата на земното динамо и тектониката на земните плочи [12]. Чрез магнитосферно-ионосферните взаимодействия с интензифицирането на надлъжните токове, от които се определя конвекцията на плазмата, се осъществява предаване на основната част от електромагнитната енергия (импулс от магнитосферното поле, Ионосферата и атмосферата). Надлъжните токове се появяват (интензифицират), когато се наруши условието за идеална (безкрайна) проводимост по силовите линии на геомагнитното поле. Това условие по всяка вероятност се нарушава поради недостатъчност на носителите на заряди в Ионосферата, явяващи се управляващ параметър. При случай на вариация в концентрацията се изменя Ионосферната проводимост, която не може да компенсира натрупвания в магнитосферата заряд. Възниква потенциален пад (енергията на взаимодействието), в който се ускоряват йони и електрони, като йоните се изтеглят от Ионосферата. В резултат Ионосферата като енергетичнопасивна (и енергетичнозатворена) област изхвърля енергия (маса) в магнитосферата, макар че последната представлява енергетичноактивна област [6]. Тези примери дават представа за ролята и значението на собствените за всяка област енергетични източници в промяната на посоката на взаимодействието между подсистемите в на пръв поглед стационарната феноменологична картина на СЗВ.

Л и т е р а т у р а

1. Чижевский, А. Земное эхо солнечных бурь. М., Наука, 1972.
2. Вернадский, В. И. Биосфера. М., Мысль, 1967.
3. Кей, М. Т., Д. Д. Марпл. Спектральный анализ. — ТИИЭР, 69, 1981, № 11.
4. Хакен, Г. Синергетика. М., Мир, 1985.
5. Сергеев, В. А., Н. А. Цыганенко. Магнитосфера Земли. М., Наука, 1980.
6. Липеровский, В. А., М. И. Пудовский. Аномальное сопротивление и двойные слои в магнитосферной плазме. М., Наука, 1983.
7. Галеев, А. А. Основы физики плазмы. Т. 2. М., Энергоатомиздат, 1984, с. 331.
8. Скотт, Э. Волны в активных и нелинейных средах в приложениях к электронике. М., Советское радио, 1977.
9. Васильев, В. А., Ю. М. Рогановский, В. Г. Яхно. Автоволновые процессы. М., Наука, 1987.
10. Солнечный ветер и околоземные процессы (ред. Фелдштейн Я. И.). М., Наука, 1986.
11. Лихтенберг, А., М. А. Либерман. Регулярная и стохастическая динамика. М., Мир, 1984.
12. Физические аспекты природных катастроф (ред. Штрихмайер, В. М.). М., Наука, 1983.

Synergetic analysis of the solar-terrestrial relations

D. G. Gochev, P. I. Nenovski

(Summary)

A new method is proposed for the analysis of the solar-terrestrial relations (STR). In an examination of the key processes of the magnetospheric physics — reconnection and convection, the fundamental principles of synergetics are applied. The equations for the description of the reconnection are transformed into the form of a reactive-diffusive type equations system. The equations describing the interaction between the various STR structures are proposed to be interconnected through the governing parameters.

Subauroral drift velocities in disturbed geomagnetic conditions

R. T. Koleva, I. S. Kutiev*

Solar Terrestrial Influences Laboratory, Bulgarian Academy of Sciences

*Geophysical Institute, Bulgarian Academy of Sciences

The equatorial boundary of the auroral oval (EBO) or the boundary of diffuse aurora separates high latitude ionosphere, moving after the effect of magnetospheric convection electric field from Earth corotating middle and low latitude ionosphere. The shielding of the convection electric field occurring at the inner edge of the plasma sheet (EBO is the ionospheric manifestation of this boundary) may be significantly affected by particle transport between magnetosphere and ionosphere and by the temporal dependence of the different processes involved. The dynamics of the subauroral zone, the region equatorward from EBO is determined by the competition of the magnetospheric convection electric field and the corotation field. On the other hand, based on contemporary concepts, ionospheric plasma convection at subauroral latitudes appears to be of most decisive importance for the formation of the characteristic latitudinal profile of ionization in the F-region, the main ionospheric trough [1]. Experimental data for the subauroral convection, both for quiet and disturbed conditions, are not sufficient to construct a complete model. The results from direct satellite and ground-based measurements are summarized in [2, 3], and in [2] performance drift patterns are suggested for quiet and disturbed conditions. In substorm conditions two most important details are manifested within the subauroral convection: for the evening and premidnight sector this is a thin strip of rapid westward drift, and for the postmidnight sector meridional drift to lower latitudes of velocity of about 50—100 m/s [4,5]. Rapid westward flows, observed immediately equatorward from EBO [6, 7, 8], known as well as "polarization jets", result in additional "subtrough" [9] within the main ionospheric trough, in the submaximum part of the F-layer.

A new type of convection in the subauroral ionosphere will be discussed in this paper, when equatorward from EBO the drift velocities have significant meridional component of magnitude of the order of the azimuthal component. The results are based on Dynamics Explorer-B data.

Measured drift velocities

We shall examine drift occurrence at subauroral latitudes by data from the Retarding Potential Analyser (RPA) [10], and the Ion Drift Meter (IDM) [11] aboard Dynamics Explorer-B satellite.

14.10.1981

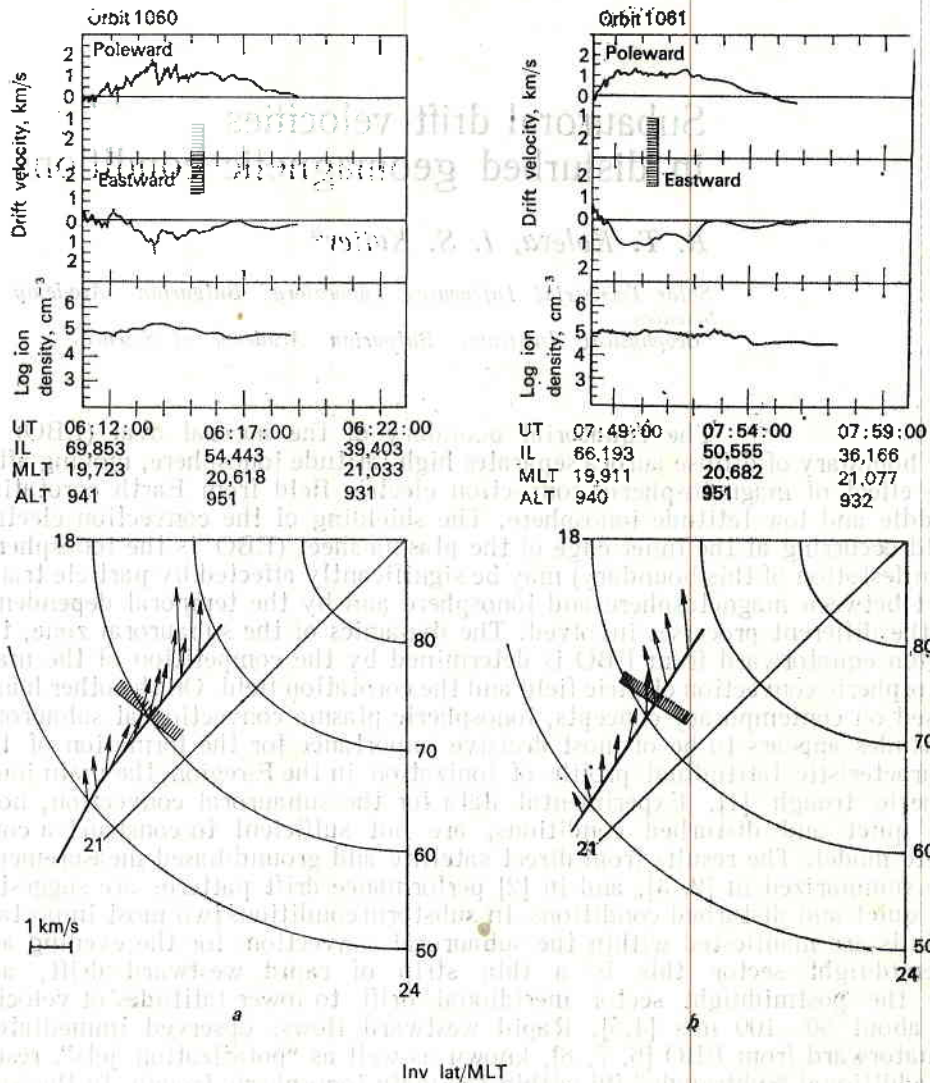


Fig.1. Intense subauroral drift with almost meridional direction

In Figs. 1, 2 and 3 three characteristic cases of subauroral drifts with significant meridional component are presented. The upper panel of each figure shows ion drift velocity component, parallel to the satellite velocity component,

as determined by RPA. The second panel illustrates the drift velocity component, perpendicular to the satellite velocity in horizontal plane, determined by the IDM. Here and further below velocities are in a system of reference related to the Earth. The third panel shows the ion density determined by the RPA. A sketch of the respective subauroral drift velocities in inv lat/MLT frame of reference is shown below the three panels to visualize the velocity

31.05.1982

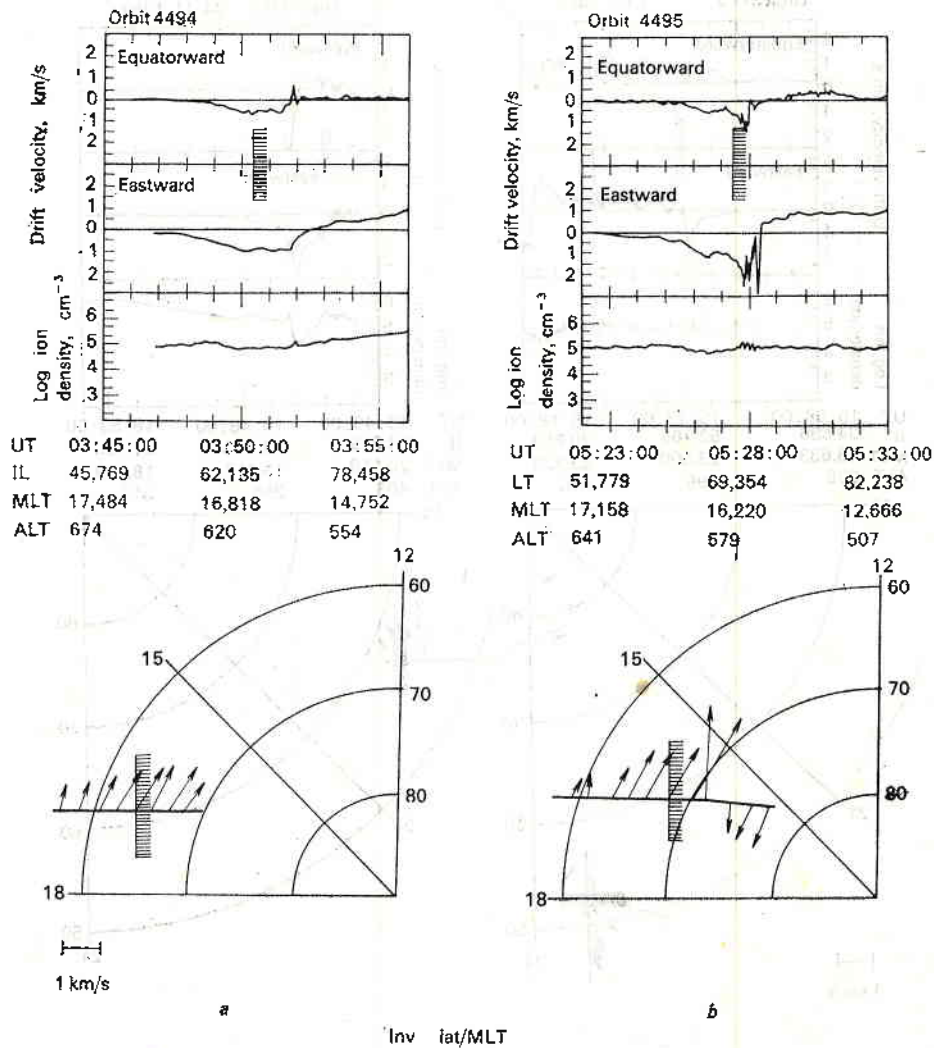


Fig.2. Subauroral drift with an azimuthal component of the order of the meridional latitudinal profile. EBO is determined by data from soft electron precipitation measurements with the Low Altitude Plasma Instrument (LAPI) [12]. $E-t$ spectrogrammes are used for the purpose which allow to eliminate possible

errors due to photoelectron occurrence, the latter is well separated visually. EBO is determined as an abrupt boundary of precipitating electron flux of energies 200 eV. Although for example in [13] EBO is determined by the 1 keV electron flux, it is shown there that better illustration of the equatorial boundary provide electrons of energies 200—400 eV. EBO is denoted by a line, stroked ovalward on panels and sketches. All the examined cases refer to the northern hemisphere, under disturbed geomagnetic conditions.

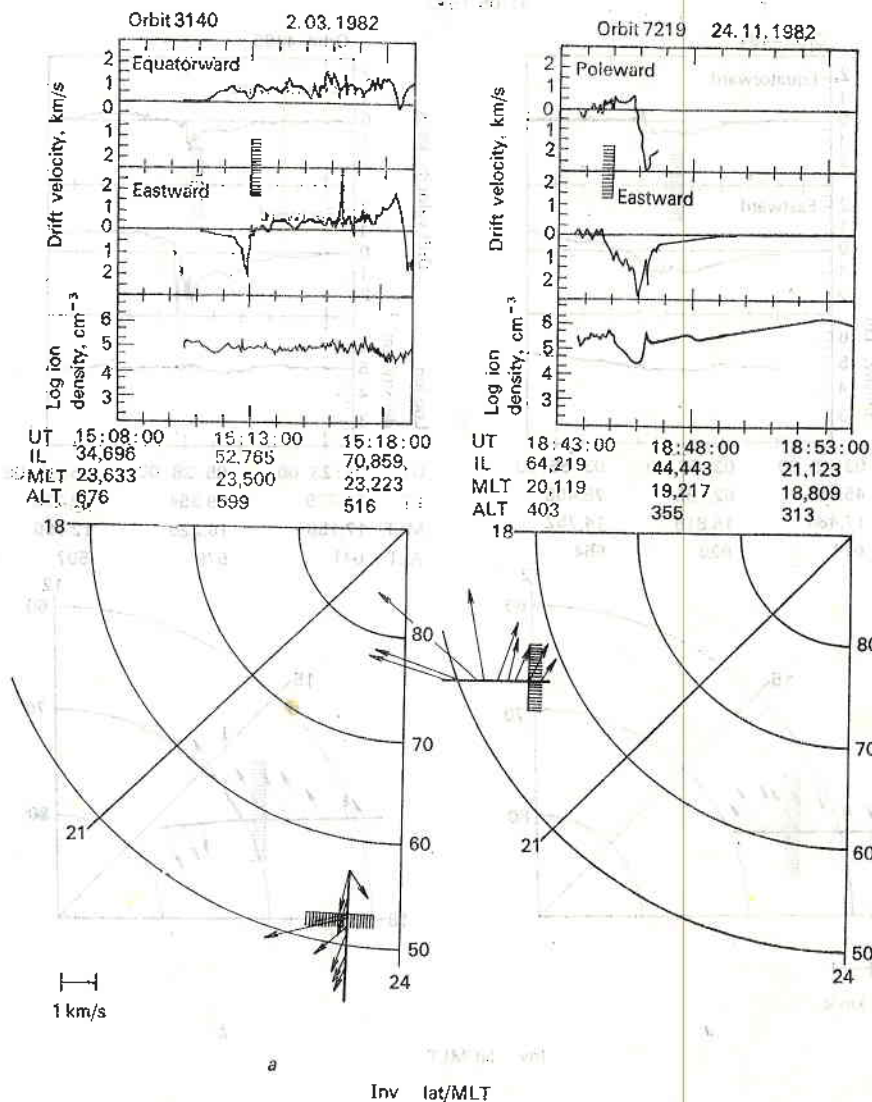


Fig. 3. Cases of intense subauroral drift: when moving from EBO equatorward the drift velocity vector rotates from azimuthal to meridional

Figs 1-a, 1-b show sectors from two satellite orbits for 14 Oct. 1981—1060 and 1061 respectively, which cross the subauroral latitudes in the evening MLT sector. The subauroral drift for the two cases is almost completely

meridional of the order of 1,5 km/s. The subauroral drift is generated by an eastward electric field. The satellite is above the diffuse barrier for the two orbits and no trough in the ion density is to be observed; the latter is of the order of 10^5 cm^{-3} and IDM measurements are completely reliable. The $E-f$ spectrogrammes reveal precipitation of very soft electrons (energy about 10 eV) in the zone of subauroral convection.

Figs. 2-a and 2-b show two orbits for 31 May, where the subauroral drift is of another behavior. Those orbits cross EBO in the late afternoon MLT sector and the subauroral drift has meridional component equal to the azimuthal westward component. The meridional component is oriented again ovalwards, i. e. generated by eastward electric field component. The subauroral velocity is about 1,1—1,5 km/s. Since these are daytime orbits neither trough in the ion density nor precipitating suprathermal electrons are observed.

Figure 3 shows another type of behavior of the subauroral drift — rotation of the velocity vector to meridional. Orbit 3140 (Fig. 3-a) crosses EBO a little before midnight, maybe at the vicinity of Harang's discontinuity, and orbit 7219 (Fig. 3-b) — in the evening MLT sector. The drift velocity for both orbits equatorward from the oval are identified as rapid subauroral westward flows. Moving equatorward away from EBO the velocity vector gradually rotates from azimuthal of westward orientation to meridional, poleward directed. The subauroral electric field is strongly poleward with high intensity, and with the move away from EBO gradually transfers into an westward decreasing in intensity. It is interesting to note that the rapid subauroral flow is not directly on EBO for orbit 7219. The satellite altitude for this orbit is in the circummaximum part of the F-layer and in the well shaped main ionospheric trough, a "subtrough" in the region of the rapid subauroral flow may be observed. For both orbits precipitation of very soft, suprathermal electrons of about 10 eV is observed in the region of subauroral convection.

Discussion

The cases discussed here illustrate subauroral convection with meridional drift component an order bigger than the observed with ground based techniques, and referred also in [3, 4, 5]. Similar case of poleward meridional component is mentioned in [14] by data from S3-2 satellite for the morning MLT sector (orbit 7079 A — north). The cases of subauroral drifts examined by us are simply examples for the presence of a meridional drift component of significant value, which contradicts the common pattern. All of them are neighboring the west convective cell and are insufficient to provide a morphological pattern of the azimuthal electric field. All cases observed by us refer to disturbed geomagnetic conditions.

The numerical simulation of a magnetospheric substorm made in [14, 15] shows in particular the evolution of a subauroral drift pattern which is in agreement with the results known from ground-based measurements. The direction of the meridional drift component we present here is in agreement with the distribution of the azimuthal subauroral electric field, computed in that simulation. Namely, eastward electric field in the daytime and postdusk MLT sector, and westward electric field in the midnight-dawn sector and in a narrow sector about dusk. But the ionospheric projection of the computed electric field has a maximum value of about 4 mV/m at 60° inv lat, while we observe values of the order of 40 mV/m.

Many authors, for example [5], consider the subauroral drift, observed by ground-based techniques in disturbed geomagnetic conditions as a result from penetration of magnetospheric convection field to low latitudes. In the numerical simulation [14], the penetration of the field is a result of the abrupt change in the conductivity of the underlying ionosphere at the beginning of the substorm, as the inner edge causing the shielding could not adopt to the situation. However this physical picture fails to explain the revealed by satellite data narrow latitudinal strips with very rapid, up to about 10 km/s westward flows, situated equatorward from EBO [1, 6, 8, 9]. An advanced interpretation of the phenomenon is given in [16]. The energetic protons of the magnetotail are capable to penetrate closer to the Earth than the electrons during a substorm. At explicit difference in the underlying ionospheric conductivity in the electron precipitation zone and equatorward, this charge separation may generate very strong polarization field. In [14] after numerical simulation, such a rapid subauroral flow was obtained confirming the model in [16].

Analysis of the latitudinal profile of the drift components, illustrated by the first and second panels of each figure shows that two types of characteristic structure of the drift latitudinal profile may be well defined: i) when at EBO the drift velocities have significant values and the subauroral drift is a natural continuation of the auroral one, for example Figs. 1 and 2; ii) when at EBO or close to there, the auroral drift velocities become very small, almost a zero (compared to velocities in the basic convective cell) and thereafter equatorward from EBO increase again before attenuating at midlatitudes — Fig. 3. This behaviour of the drift velocities provide serious grounds to conclude that equatorward from the boundary of the auroral oval, intense electric fields are observed with two differing origins — penetrating, or not shielded well magnetospheric convection field (Figs. 1 and 2) and polarization field, generated at the inner plasma sheet edge after the mechanism, suggested in [16] (Fig. 3). The qualitative estimates made in [16] show that the intense poleward electric field is generated when the ion and electron inner edges of the plasma sheet differ but are adjacent. In larger separation the azimuthal component may become comparable to the basic convection velocity. Of course the picture there is of qualitative dimension. In order to reveal the different specifics, a more detailed study is needed. It is quite possible that the two types of subauroral electric fields are consequent time-dependent phases — first penetration of the convection field, then formation of a new Alfvén layer and under appropriate conditions — generation of polarizations field.

Conclusion

Several cases of subauroral drift are examined for disturbed geomagnetic conditions, where the drift velocities have large meridional components. The meridional drift may be dominant or comparable with the azimuthal one. There are cases when moving from EBO equatorward the drift velocity vector rotates from azimuthal to meridional. The meridional component may be differently oriented for the different MLT sectors. Unfortunately, we do not have enough statistical data to compose a complete drift direction pattern in dependence of MLT. The latitudinal profile of the drift explicitly reveals two types of physical processes: penetration (insufficient shielding) of magnetospheric convection field and generation of polarization electric field at the inner edge of the plasma sheet [16].

The observational material shows that at altitudes above F_{max} , where the dissociative recombination is negligible, the effect of the strong subauroral drift over the ion density distribution is not always observed.

The authors are thankful to Prof. W. B. Hanson and Dr. R. Heelis for the data, kindly provided by them on RPA and IDM of Dynamics Explorer-B satellite.

The work was presented as a part of paper 02. 03. 04 at the Vth Scientific Assembly of JAGA, Prague 1985.

References

1. Spiro R., R. Heelis, W. Hanson. Ion convection and formation of mid-latitude F-region ionization trough. — *J. Geophys. Res.*, **83**, 1978, p. 4255.
2. Сивцева, Л. Д. и др. Координирование исследования процессов в субавроральной верхней ионосфере и провала концентрации легких ионов. — *Косм. исслед.*, **XXII**, 1984, № 5, с. 720.
3. Сивцева, Л. Д. и др. Исследования среднеширотного ионосферного провала с помощью наземных геофизических методов и синхронных измерений со спутников. — *Косм. исслед.*, **XXI**, 1983, № 4, с. 584.
4. Wand, R. H., J. V. Evans. Seasonal and magnetic activity variations of ionospheric electric fields over Millstone Hill. — *J. Geophys. Res.*, **86**, 1981, A1, p. 103.
5. Carpenter, D. L., C. G. Park, T. P. Muller. A model of substorm electric fields in the plasmosphere based on whistler data. — *J. Geophys. Res.*, **84**, 1979, A11, p. 6559.
6. Гальперин, Ю. И., В. Пономарев, А. Зосимова. Директные измерения ионного дрейфа в верхней ионосфере во время магнитной бури. — *Косм. исслед.*, **XI**, 1973, № 2, с. 282.
7. Smiddy, M., W. Burke, E. Sugalin. Intense poleward directed electric fields near the ionospheric projection of the plasmopause. — *Geophys. Res. Lett.*, **4**, 1977, No 11, p. 543.
8. Spiro, R. W., R. A. Heelis, W. B. Hanson. Rapid subauroral ion drifts observed by Atmospheric Explorer C. — *Geophys. Res. Lett.*, **6**, 1979, No 8, p. 660.
9. Филиппов, В. М., Л. В. Шестакова, Ю. И. Гальперин. Полоса быстрого дрейфа ионов в субавроральной F-области и ее проявление в структуре высокоширотной ионосферы. — *Косм. исслед.*, **XXII**, 1984, № 4, с. 557.
10. Hanson, W. B. et al. The retarding potential analyser for DE-B. — *Space Sci. Instr.*, **5**, 1981, No 4, p. 503.
11. Heelis, R. A. et al. The ion driftmeter for DE-B. — *Space Sci. Instr.*, **5**, 1981, No 4, p. 511.
12. Wimpington, J. D. et al. The low altitude plasma instrument. — *Space Sci. Instr.*, **5**, 1981, No 4, p. 465.
13. Гальперин, Ю. И., Ж. Кранье, Ю. Лисаков. Диффузная авроральная зона. Модель экваториальной границы высыпания авроральных электронов в вечернем и полуночном секторах. — *Косм. исслед.*, **XV**, 1977, № 3, с. 421.
14. Harel, M. et al. Quantitative simulation of a magnetospheric substorm, 2. Comparison with observations. — *J. Geophys. Res.*, **86**, 1981, A4, p. 2242.
15. Spiro, R. W. et al. Quantitative simulation of a magnetospheric substorm, 3. Plasmospheric electric fields and evolution of the plasmopause. — *J. Geophys. Res.*, **86**, 1981, A4, p. 2261.
16. Southwood, D. J., R. A. Wolf. An assessment of the role of precipitation in magnetospheric convection. — *J. Geophys. Res.*, **83**, 1978, A11, p. 5227.

Субавроральные скорости дрейфа в возмущенных геомагнитных условиях

Р. Т. Колева, И. Ст. Кутиев

(Р е з ю м е)

По данным спутников Dynamics Explorer-B рассмотрены случаи субаврорального дрейфа в возмущенных геомагнитных условиях, когда дрейф имеет значительную по величине меридиональную компоненту — порядка километр за секунду и больше. Наблюдаются разные соотношения между азимутальной и меридиональной компонентами дрейфа: когда они сравнимы; когда дрейф почти полностью меридиональный (случаи азимутального субаврорального дрейфа известны по литературе) и случаи, когда уходя от экваториальной границы аврорального овала (ЕГО) к средним широтам, сначала преобладает азимутальная компонента, а потом — меридиональная. В областях усиленной субавроральной конвекции изменения в ионной концентрации не наблюдаются на всех высотах. Широтный профиль дрейфовых скоростей позволяет выделить два типа в поведении электрического поля конвекции: В первом случае широтные профили являются естественным продолжением авроральной конвекции. На них не наблюдаются особенности при пересечении ЕГО. Во втором случае на ГДВ или полярнее ее скорость авроральной конвекции сильно уменьшается или обнуляется, а экваториальнее ГДВ развивается новое поле дрейфа. Первый случай интерпретируется как проникание, недостаточное экранирование магнитного поля конвекции на низкие широты, а второй — как генерирование поляризованного электрического поля на внутренней кромке плазменного слоя.

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 баричното 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 нискочестотни 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 флукутации, 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 $\cos\chi=0,2$ (с изключение на трасето 747 kHz, където данните са получени при $\cos\chi=0,1$), 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.

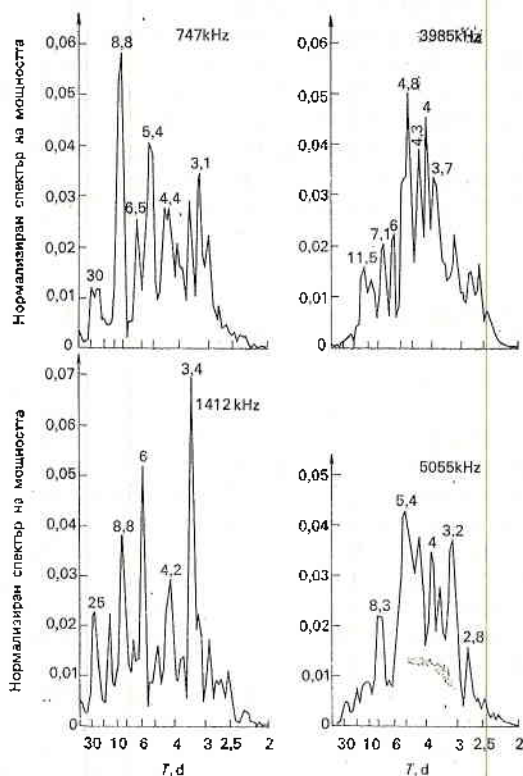
Метод на анализ

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 трънда.

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 врсевиите редове на 747, 1412, 3985 и 5055 kHz в интервала от 1 октомври 1984 до 31 март 1985 г.

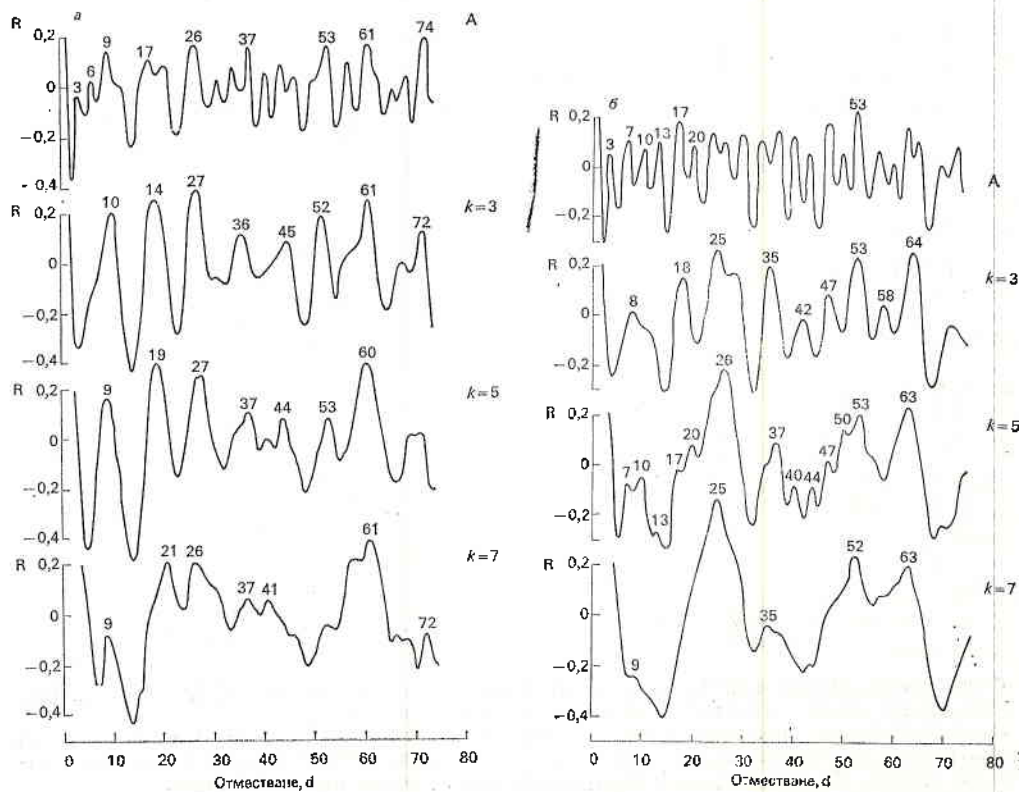
стойностите на предходния (1412 kHz) времеви ред. При 5055 kHz заслужават внимание пиковите с периоди около 8,4; 5,4 и между 3,2 и 4 d. При последния времеви ред спектралните амплитуди са още по-ниски от тези на предходния. От сравняването на спектралните амплитуди на четирите времеви реда следва, че 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 $f_r \approx 1$ 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:

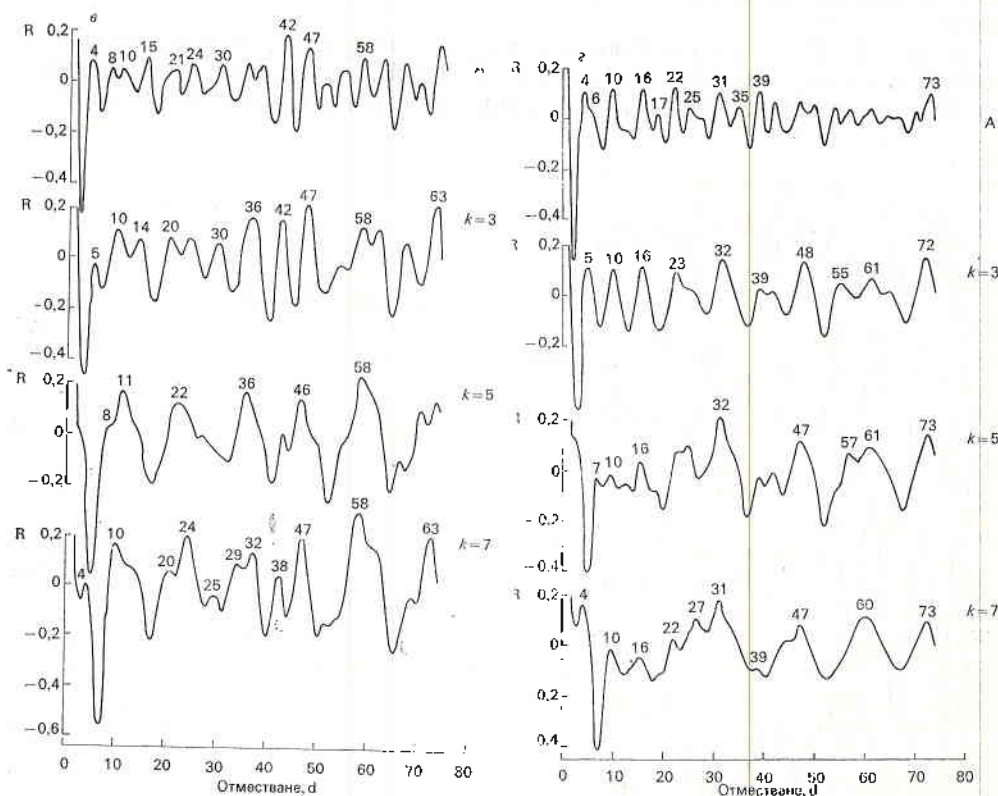
а) За 747 kHz — след изглаждане с $k=3$ се открояват силното 9-дневно колебание, а след прилагане на $k=5$ и $k=7$ се забелязва и по-дългопериодичното 26—30-дневно колебание. То е извън рамките на настоящото изслед-



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

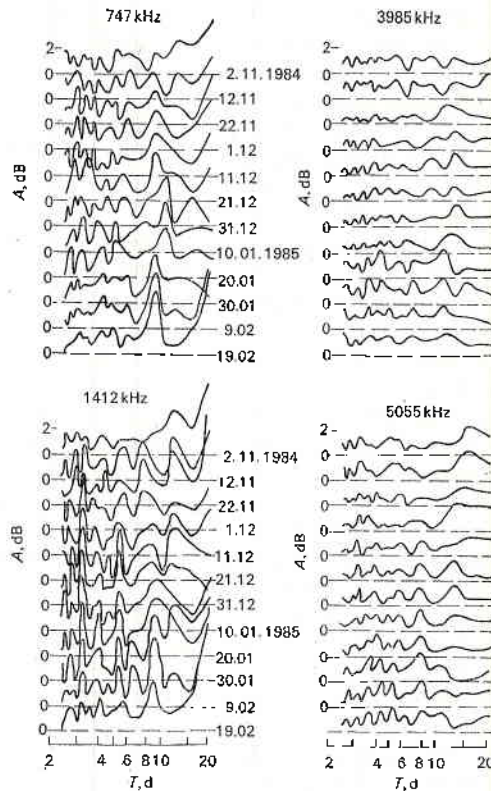
г) За 5055 kHz — след изглаждане с $k=3$ се откроява колебание с период между 5 и 6 d, а след прилагане на $k=5$ и $k=7$ — добре се очертават максимуми, кратни на 9—10 d. При 5055 kHz наблюдаваните основни колебания са с периоди 4, 5—6 и 9—10 d.

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—з) 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, изявени 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

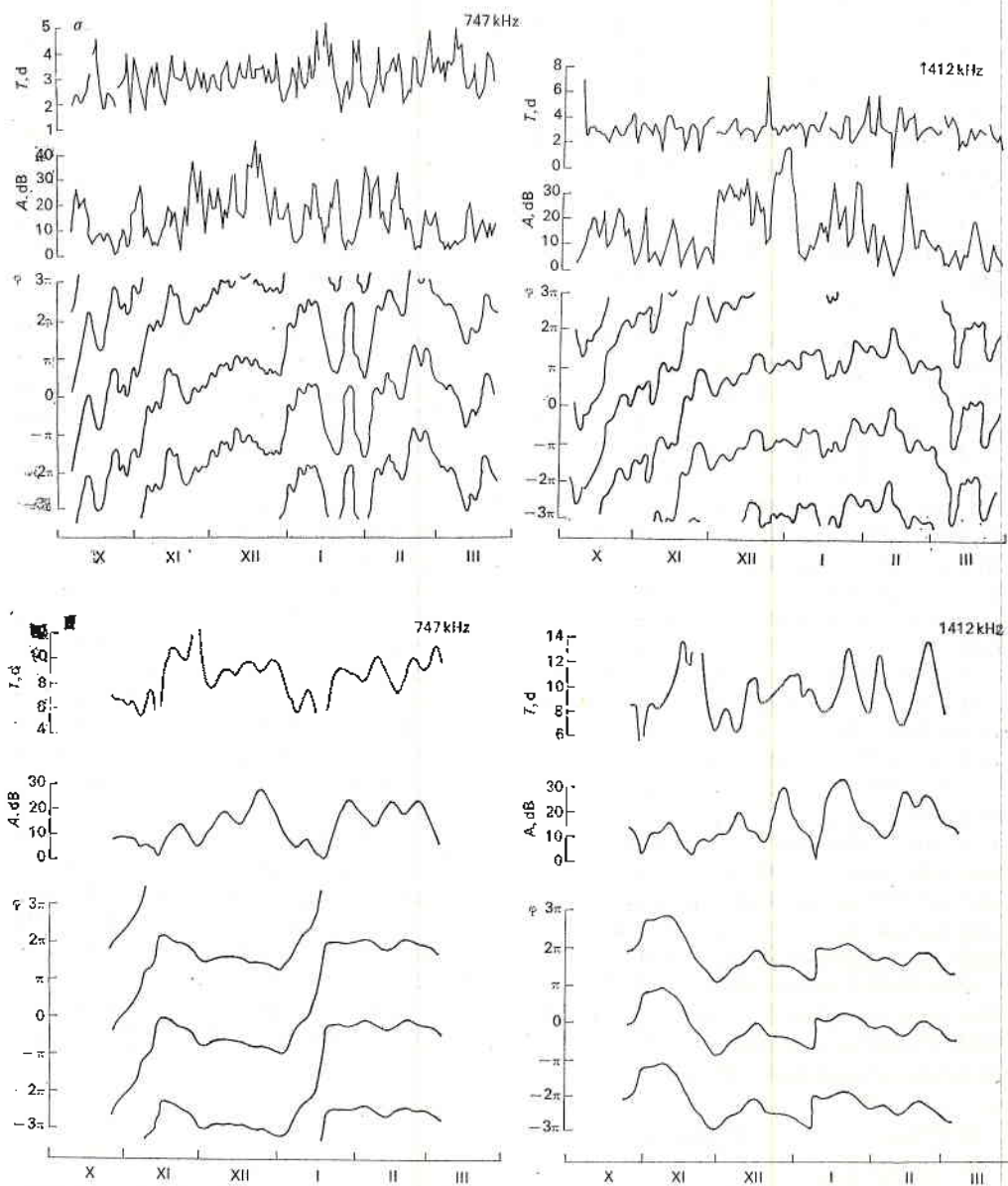
зима, но в началото неговият преобладаващ период е около 10,5 d, а след 21 декември 1984 г. периодът му намалява на 9 d. Може би и тази промяна е свързана с мажорното СЗ. Спектралните амплитуди на останалите две високочестотни трасета са значително по-слаби от тези на 747 и 1412 kHz.



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-нискочестотното 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. Панчева, 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 йоносферного 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.

Особености на трибологичните явления в Космоса

М. К. Кандева, Ю. М. Симеонова*,
Н. Т. Манолов, В. М. Пътов**

Център по трибология към Технич. университет — София

*Институт за космически изследвания, БАН

**Институт по оптика, София

Трибологията е наука за граничните структури, състояния и свойства на материята, породени от пространствената ограниченост на телата.

Според най-общи представи светът е неизчерпаемо множество от крайни обекти, образувачи единна система благодарение на контактите между тях. При това на контакта трябва да се гледа не само като на взаимодействие между обектите, а и като на самостоятелно образувание със своя структура, субстрат, състояние и кинетика. Трибологията изучава комплексно контакта като обект (трето тяло) и като отношение.

Космическата трибология е съвременно направление, формиращо се на границата между интердисциплинарните науки трибология и космология. Тя изучава ново поколение трибосистеми, т. е. изследва закономерностите на трибологичните явления в условията на космическото пространство, възможностите за тяхното управление и пренасянето им в земни условия. Обект на космическата трибология и техника са процесите на сухо триене и смазване, на износване, повърхностните явления, проводимостта на контактните системи, херметичността на уплътненията и др.

В настоящата статия се анализират представите за процесите и факторите, определящи трибологичните явления, специфични за космическата среда.

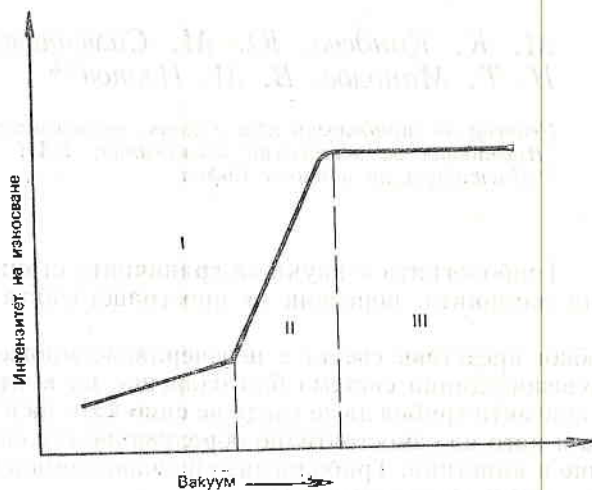
Характерните особености на този род явления и системи произтичат от необичайния комплекс от условия, в които те протичат: висок вакуум, радиация, топлинно натоварване, микрогравитация и др.

В земни условия трибопроцесите протичат в среда, наситена с кислород и водни пари. В Космоса плътността на средата намалява 10^9 — 10^{12} пъти, а влиянието на кислорода и влагата практически се изключва [1]. В резултат от износването и газовата десорбция окисните слоеве от повърхността се изчистват, а липсата на кислород затруднява тяхното възстановяване.

Адсорбционните структури се разрушават и физическият контакт между материалите се нарушава. Това води до оголване на повърхностите и до силно нарастване на адхезионната им активност, резултат от което са интензивното износване и задиране в контакта [2--4].

Отсъствието на конвективен толообмен при високия вакуум е причина за силно нагриване в контактната зона, вследствие на което се ускорява деструкцията на смазочните слоеве и десорбцията на газове, намалява механичната якост, подпомага се развитието на пластичната деформация, водещо до задиране и зацепване в контакта.

Процесите при триене във вакуум зависят чувствително от структурата на материалите. При въглеродните стомани например адхезията във вакуум е 1,5—2 пъти по-голяма от тази на въздух [3]. Триенето при сплавите също има своите специфични особености. Тук износването се определя главно от концентрацията на легиращите елементи [3--5].



Фиг.1. Изменение на интензитета на износване при увеличаване степента на вакуума [3]

На фиг. 1 е показана зависимостта на износването от степента на вакуума [3]. Наблюдават се три области. Първата е характерна за т. нар. „слабо разреждане на средата“ (до 10 Pa), при която окисният слой върху контактните повърхности има голямо значение (I). При втората (до 1 Pa) започва интензивно разрушаване и трудно възстановяване на окисния слой (II). При третата област е характерна т. нар. „адаптация на триещата се двойка“, при която интензитетът на износване не се променя (III). Съществува спор относно началото на тази област поради влиянието на собственото газоотделяне и на състава на остатъчната газова атмосфера; на състоянието на триещите се повърхности, на технологичната предистория на материалите и др.

В космическата техника трибосистемите работят в широк температурен диапазон от -200°C до $+1000^{\circ}\text{C}$. Трибопроцесите, протичащи на „горещо“ са извънредно сложни. Те зависят от много фактори, действащи едновременно. При силно нагриване се променят якостните свойства на материалите, активизират се десорбцията и дифузията, които променят

състоянието на повърхностните слоеве. Коефициентът на триене f при някои материали намалява при нагряване. Например при триенето на графит по различни метали f монотонно намалява до 1000°C . Тази тенденция се проявява при златото, среброто, медта и при някои бориди и карбиди. При желязото, никела, тантала триенето рязко нараства при нагряване. За редица материали като PbO , MoS_2 , графит с желязо и др. [3] са характерни резки изменения на силата на триене при определени критични температури. Всички тези особености са свързани с протичането на повърхностни явления, зависещи от физико-химичните свойства на трибосистемата и средата, от състоянието на повърхостния слой и др. Нагряването често води до структурни изменения, които влияят върху кинетиката на триенето и износването. В телата със слоеста структура ван-дер-ваалсовите сили отслабват. Това облекчава самоориентирането на структурните блокове в третото тяло, стимулиращо самосмазването действие [1, 5, 6]. При високи температури смазвателните свойства на материалите зависят от „размекването“, от структурните изменения и от дифузията — явления, способстващи адхезията. Тези явления са толкова сложни, че високотемпературните смазки и до днес се създават по емпиричен път [5, 6].

Трибологичните явления при силно охладените тела много се различават от тези при нормални условия. Твърдостта и крехкостта нарастват. При металите възникват квантови ефекти, променящи съществено физико-механичните свойства, пряко свързани със структурата [3, 5—8]. Адхезията и тук играе съществена роля при отсъствие на окисление и нарастване на повърхостната енергия. Анизотропната структура се запазва, което обуславя възможността от самосмазване. Това е особено добре изразено при полимерите с оглед на някои космически приложения. Но при тях е нужна известна предпазливост, защото полимерите са особено чувствителни към температурния фактор [9, 10].

В космическата техника широко се използват титанови сплави, притежаващи добри якостни свойства при ниски температури. Интерес представляват никеловите и мангановите сплави. Медта при охлаждане не намалява своята пластичност.

Съществен проблем в космическата техника са смазочните материали, особено що се касае до широкия температурен диапазон и температурната цикличност. Затова възможностите за изследователско търсене тук са големи.

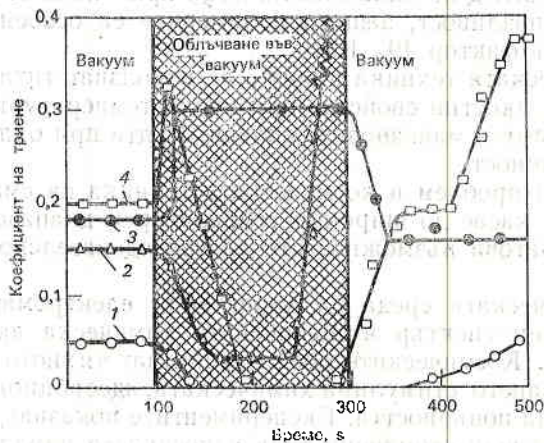
За космическата среда са характерни електромагнитните лъчения с широк енергичен спектър и повишената химическа активност на йонизираните газове. Космическите обекти изпитват тяхното комплексно въздействие. Облъчването стимулира химическата, адсорбционната и каталитичната активност на повърността. Експериментите показват, че при сухото триене на две облъчени стоманени тела износването намалява до 1,5 пъти [3]. При материалите с различни покрития облъчването с бързи електрони повишава износоустойчивостта 6 пъти. Електронната бомбардировка при металите предизвиква вторична електронна емисия, топлинно и рентгеново лъчение, различни дефекти.

Радиационните дефекти са най-големи при облъчване с неутрони, при което твърдостта, якостта и други свойства се променят [3, 4]. Експерименталните резултати [11, 12] показват влошаване на антифрикционните свойства при дози на облъчване 10^{18} неутрона на 1 cm^2 и подобряване при високи дози. Особено агресивно е действието на далечния ултравиолет. Много чувствителни към радиацията са полимерите [3]. Под действие на йо-

низиращи лъчения в тях възникват химически превръщания, изменения в структурата и във физико-химичните свойства. На повърхността се образува мрежа от нуклатини, нараства склонността им към сцепване [3, 6].

Значително е влиянието на газовата среда (аргон, натриеви пари и др.) в условията на радиация. Обща закономерност е повишаването на износостойчивостта с увеличаване коефициента на триене при илъгане.

Независимо от това, че третото тяло по своята природа е граничен обект, за него също са характерни екстремални състояния (свръхслабо триене, свръхниско контактно налягане, свръхвисока или свръхниска контактна проводимост) [1, 13—17]. Свръхслабото триене се наблюдава в условия на свръхвисок вакуум при интензивно облъчване на една от триещите се повърхности с поток ускорени частици (електрони, йони) с доза до 10^{12} erg/g, при които коефициентът на триене f намалява 100 пъти, достигайки стойности при течно триене [1, 13, 15]. Откриването и изследването на това не-обичайно явление наруши обикновените представи за триенето, че то главно зависи от свойствата на повърхностните слоеве на твърдите тела с дебелина от порядъка на неравностите, т. е. няколко μm . Оказва се, че триенето е много фин процес и при определени условия протича в граничен слой с дебелина няколко атомни диаметъра, или хилядни части от височината на микронеравностите. Вторият важен извод е, че ролята на адхезионното взаимодействие е решаваща, особено при големи натоварвания. На фиг. 2 е представено изменението на коефициента на триене f при облъчване на различни смазочни материали, използвани в техниката [1].



Фиг. 2. Зависимост на коефициента на триене от времето при работа във вакуум със и без облъчване при различни материали [1, 13]
1 — MoS₂; 2 — графит; 3 — ПТФЕ; 4 — полиетилен

Ефектът „газонепроницаема контактна хлабина“ означава непроницаемост на контактните хлабини с няколко порядъка по-големи от размерите на молекулите на протичащия газ, при условие че падът на налягането в краищата на контактната зона е по-голям от една критична стойност, характерна за всяко контактно съединение [16].

Спецификата на космическата среда със своето комплексно въздействие е уникална. Тя дава възможност за провеждане на редица нетрадиционни изследвания и за практическо използване на тънки физически ефекти. Чрез радиационни въздействия може да се повиши ефективността на твърдите смазки, да се разработят нови методи за управление на повърхностните свойства на определени материали.

Борбата срещу слепването на андрогенните уплътнители и срещу тяхното старесне в открития Космос доведе до създаването на нов клас материали — антифрикционни еластомери. Те се характеризират с малък коефициент на триене, голяма износоустойчивост, хидрофобни свойства и повишена съпротивляемост срещу въздействието на средата. Всичко това осигурява надеждна херметичност при космическите обекти.

Трибологичните явления в космическата техника са сложни и многообразни. Тяхното комплексно изследване и практическо усвояване изключва частно-научния подход и изисква обединяване усилията на триболози и специалисти в областта на космическите изследвания. Доказателство за това е повишеният научен интерес към проблемите на космическата трибология [17], широко дискутирани и на Петия конгрес по трибология, състоял се през юни 1989 г. в Хелзинки [18].

Л и т е р а т у р а

1. С и л и н, А. А. Триене в космическом вакууме. — Триене и износ, 1, 1989, № 1.
2. Триене, изнашивание и смазка. Справочник (под ред. И. В. Крагельского). Кн. 1. М., Машиностр., 1978, 338—374.
3. К а н а р ч у к, В. Е. Адаптация материалов к динамическим воздействиям. Киев, Наукова думка, 1986, 151—174.
4. Д р о з д о в, Ю. Н., В. Г. П а в л о в, В. П. П у ч к о в. Триене и износ в экстремальных условиях. Справочник. М., Машиностр., 1986, 51—61.
5. Б о у д е н, Ф. Н., Д. Т е й б о р. Триене и смазка твердых тел (пер. с англ.). М., Машиностр., 1986.
6. С и л и н, А. А. Триене и его роль в развитии науки. М., Наука, 1983.
7. К е м у р д ж и а н и др. Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны. М., Машиностр., 1976.
8. К р а г е л ь с к и й, И. В. и др. Триене и износ в вакууме. М., Машиностр., 1973, с. 215.
9. В и н о г р а д о в, В. Г. и др. О трении полимеров в сверхвысоком вакууме, при температурах до 10 К. — Докл. АН СССР, 1971.
10. Б е л ы й, В. А. и др. Триене и износ материалов на основе полимеров. Минск, Наука и техника, 1976.
11. К е л и, Б. Радиационное повреждение твердых тел. М., Атомиздат, 1979, с. 347.
12. Л ю б а р с к и й, И. М., Л. С. П а л а т и н к. Металлофизика трения. М., Металлург., 1976, 107—121.
13. С и л и н, А. А. и др. Эффект аномально низкого трения в вакууме при бомбардировке полиэтилена потоками быстрых атомов и молекул некоторых элементов. — Докл. АН СССР, 1969, № 6.
14. М а н о л о в, Н. Т. Концепция за развитието на трибологията в НРБ до 2000-ата година. С., Техника, 1978.
15. С и л и н, А. А. Триене и мы. М., Наука, 1987.
16. М а н о л о в, Н. Т. Пневмо-гидравлически метод в трибологията. Докт. дисертация. С., ВМЕИ „Ленин“, 1984.
17. Д ж о с т, П. Мировые достижения в области трибологии. — Триене и износ, 1980, № 1.
18. Космическа и вакуумна трибология. — В: Материали на Петия конгрес по трибология „ЕВРОТРИБО“, Хелзинки, 1989.

Some peculiarities of the tribological phenomena in space

*M. K. Kandeova, Y. M. Simeonova, N. T. Manolov,
V. M. Patov*

(S u m m a r y)

The present paper represents a brief analysis of works concerning the influence of some basic environmental factors determining the nature of the processes friction, wear and lubrication in space. The effect of vacuum, particles fluxes and radiation, high and very low temperatures is discussed, as well as the phenomenon of anomalously low friction in the process of solid state objects contacts under ultrahigh vacuum in the presence of particles radiation.

Трехкомпонентный пенетраторный акселерометр для исследования Марса

Г. Х. Мардиросян, В. М. Фрейд*

*Институт космических исследований БАН
* Институт физики Земли „О. Шмидт“ АН СССР*

Первый и пока единственный опыт исследования внутреннего строения планеты Марс сейсмологическими методами и средствами был сделан еще в 1976 г., когда космические станции „Викинг-1“ и „Викинг-2“ доставили на планету сейсмологическую аппаратуру [1, 7]. Это были трехкомпонентные короткопериодные сейсмоприемники с электродинамическими преобразователями, настроенные для регистрации скорости \dot{x} . Сейсмоприемники не были установлены непосредственно на марсианском грунте, а остались смонтированными в верхней части спускаемого аппарата. Сейсмоприемник „Викинга-2“ был успешно разарретирован и функционировал в продолжение 546-ти марсианских суток. Вибрации спускаемого аппарата, вследствие порывистого марсианского ветра, очень затруднили интерпретацию полученных данных и, в первую очередь, идентификацию марсотрясений.

При реализации сейсмологической части „Викингов“ был успешно преодолен ряд серьезных технических и технологических проблем. Но, как результат, сейсмограф „Викинга“ не очень продвинул вперед наши знания о недрах Марса — задача изучения внутреннего строения и тектонических сил этой планеты сейсмологическими методами и средствами еще ждет своего решения [2].

В [3, 8] рассмотрены основные предпосылки и соображения разработки аппаратурного комплекса для сейсмологических исследований Марса, основанных на развитии в последние годы как сейсмологического аппаратуростроения, так и космической техники и технологии. В итоге синтезирован предварительный вариант приемно-преобразовательной части этого комплекса, реализованный на основе трехкомпонентного пьезоэлектрического преобразователя [4] с общей сферической или двойной конической инертной массой. Получены конкретные значения основных технико-эксплуа-

тационных характеристик, предложены способы установки, ориентации, калибровки, циклограммы работы и т. д. Но, так как эта разработка предназначена для исследований посредством использования спускаемого аппарата и (или) марсохода, она вероятно может быть реализована в следующих проектах („Марс-96“ и т. д.) программы исследования Марса. В Проекте „Марс-94“ не предусмотрен спускаемый аппарат или марсоход [5]. Исследования будут проводиться на орбите ИСМ, а к поверхности будет выслан пенетратор, что является единственной возможностью для контактных исследований грунта и внутренности планеты. Использование только пенетратора значительно ограничивает возможности по отношению к объему, разнообразию, продолжительности и методике контактных исследований, но в принципе все же есть два преимущества сейсмологических исследований — генерирование сейсмических волн от его падения и гораздо лучший контакт с грунтом.

В данной работе изложены результаты предварительной разработки научных задач, основные конструктивные характеристики приемно-преобразовательного и электронного блока, а так же алгоритм исследований трехкомпонентного двухуровневого пенетраторного акселерометра (ТПА) для сейсмологических исследований Марса.

Научные задачи

Наиболее общие научные задачи, связанные с исследованием поверхности и внутреннего строения Марса, которые ставятся перед сейсмологическим экспериментом с помощью ТПА, могут быть сформулированы так:

1. Восстановление начальной скорости и геометрических и временных параметров траектории при ударе пенетратора о грунт и при его заглублинии. Из полученных данных определяется профиль в глубину некоторых инженерных параметров марсианского грунта, а также решаются чисто технические задачи, связанные с усовершенствованием конструкции пенетратора и методики его использования.

2. Регистрация вторичного сейсмического поля в близкой зоне, связанного с механическими нарушениями среды и релаксацией тепловых аномалий. Полученные данные служат для изучения свойств среды.

3. Регистрация микросейсм естественного происхождения, как результат ветра и других атмосферных процессов. На основе этих данных получают частотно-временные характеристики среды как часть общих характеристик поверхностного слоя марсианского грунта.

4. Регистрация близких марсотрясений вследствие внутрипланетных причин и тектонических сил или от падения более крупных метеоритов на поверхность. Изучение вероятных макросейсмических событий на Марсе дает ценные данные о динамике планеты, уточняет границы между корой и мантией, а также геологическую историю планеты и т. д.

Основные конструктивные характеристики ТПА

По технологическим и эксплуатационным критериям целесообразнее расположить ТПА в нижней (носовой) части пенетратора. Точная форма и размеры последнего еще не известны окончательно, но во всех случаях у него будет цилиндрическая носовая часть. На рис. 1 схематично показана вероятная геометрия пенетратора.

Предложенное расположение ТПА в носовой части обладает следующими преимуществами:

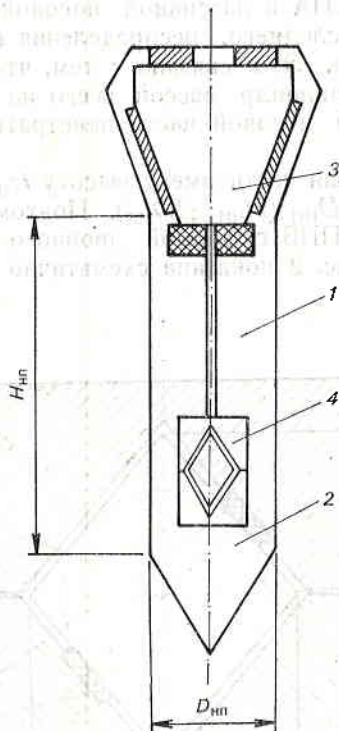


Рис.1. Вероятная геометрия пенетратора и расположение ТПА
1 — корпус, 2 — носовая часть, 3 — виброизолированный отсек, 4 — ТПА

1. Более точное воспроизведение параметров движения при ударе в начальный момент и при входе в марсианский грунт.

2. Обеспечение лучшего механического контакта с грунтом.

3. Вследствие того, что после внедрения в грунт ТПА будет работать на некоторой глубине под поверхностью, улучшаются эксплуатационные условия, из-за:

а) значительно более низкого уровня мешающего, микросейсмического шума, вызванного прямым действием порывистого марсианского ветра, а также ударами частиц, которые им переносятся;

б) меньшего температурного диапазона окружающей среды.

4. Не занимается полезная масса и объем penetrатора.

Последнее имеет исключительно важное значение, так как самая существенная часть ТПА — приемно-преобразовательный блок (ППБ), чувствительность K_x которого в прямой зависимости от величины его инертной массы M

$$(1) \quad K_x = \frac{Mr\ddot{x}}{C_0},$$

где M — величина инертной массы, r — пьезомодуль, характеризующий материал пьезоэлементов, C_0 — электрическая емкость пьезоэлементов, \ddot{x} — ускорение шасси ТПА, т. е. грунта.

Расположение ППБ ТПА в пассивной носовой части penetrатора не изменяет общей массы последнего, распределения ее по его объему и расположения центра тяжести. Это связано с тем, что внешняя конструкция ППБ представляет собой цилиндр массой всего на 1% меньше массы соответствующего пассивной носовой части penetrатора, в которой помещен ППБ.

Цилиндрическая носовая часть имеет высоту $H_{\text{НП}}$, которая в 3 и больше раз превышает диаметр $D_{\text{НП}}$ ($H_{\text{НП}} \geq 3D_{\text{НП}}$). Поэтому было целесообразно принять инертную массу ППБ с формой двойного конуса (два конуса с общим основанием). На рис. 2 показана схематично ППБ ТПА.

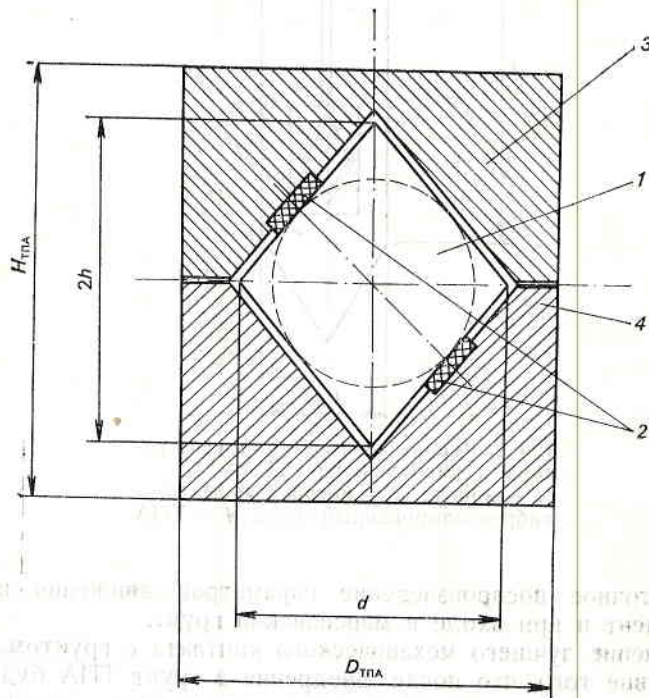


Рис. 2. Конструкция ППБ ТПА в схематическом виде

1 — инертная масса, 2 — пьезодатчики, 3 — верхняя часть шасси, 4 — нижняя часть шасси (корпуса) ТПА

Двойная коническая инертная масса имеет еще одно преимущество перед сферической, а именно — лучший коэффициент заполнения объема. Например для конкретной разработки, при которой $d=40$ мм и $2h=80$ мм, сфера (обозначенная пунктирной линией на рис. 2) имеет примерно в 1,4 раза меньший объем и соответственно во столько же раз меньшую массу, чем двойной конус. В случае $M=0,265$ кг, общая масса ППБ при $D_{\text{ТПА}}=60$ мм и $H_{\text{ТПА}}=100$ мм около 2,2 кг при общем объеме $V_{\Sigma}=282$ см³, а воздушный зазор имеет объем около 4 см³, т. е. меньше 1,5%. Это и определяет упомянутое выше ничтожное изменение общей пассивной массы пене-тратора, если в нее поместить ППБ ТПА. Конечно, можно уменьшить общую массу ППБ за счет облегчения корпусных деталей (верхняя и нижняя крыш-ки), но это не является необходимым.

К общей инертной массе прижаты три пары пьезодатчиков, предназначен-ных для регистрации ускорения по трем компонентам X , Y и Z в прямоуголь-ной координатной системе $OXYZ$. Выходы шести пьезодатчиков (на рис. 2 показаны только два) подключены к электронному блоку (ЭБ) ТПА. Использо-ваны пьезодатчики на основе керамики ЦТС-19. Первое звено ЭБ — элек-тронный усилитель (ЭУ), качества которого оказывают важное влияние на технико-эксплуатационные характеристики всего ТПА.

Постоянная времени τ входной цепи ЭУ

$$(2) \quad \tau = R_{\text{вх}} C_0,$$

где $R_{\text{вх}}$ — входное сопротивление ЭУ.

Из формул (1) и (2) очевидно влияние C_0 на K_x и τ . Здесь имеется в виду тот факт, что постоянная времени τ определяет нижнюю границу частот-ного диапазона, которую в данном случае считаем целесообразным принять за $F_{\text{ниж}}=0,5$ Гц. Предварительные результаты разработки ЭУ показывают, что он имеет сопротивление на входе $R_{\text{вх}} \geq 10$ Г Ω , при сопротивлении утеч-ки $R_y \geq 5$ М Ω .

Единственный способ увеличить K_x , сохраняя ту же τ и не увеличивая M , это использование пьезодатчиков, состоящих из набора n пьезоэлементов со сравнительно небольшими емкостями, соединенными параллельно. В кон-кретной разработке при $n=4$ и $C_0=50$ пФ, постоянная времени $\tau=R_{\text{вх}}nC_0$ не изменяется, коэффициент чувствительности K_x увеличивается примерно в 4 раза по сравнению с вариантом, где $n=1$ и $C_0=200$ пФ.

Другой важный параметр, влияющий на K_x на ППБ, это приведенные ко входу шумы $U_{\text{ш}}$ ЭУ [6], которые в данном случае — $U_{\text{ш}} \leq 0,5$ μ V.

Каждая компонента X , Y и Z имеет собственный ЭУ. А для работы в отдельных режимах (предлагаемый алгоритм работы дан в настоящей работе) целесообразно использование отдельных ЭУ для низкочувствитель-ного уровня с $K_{\text{ус}} < 5$ для режима I и для высокочувствительного уровня с $K_{\text{ус}} > 5 \cdot 10^3$ для режимов II и III.

Некоторыми другими основными технико-эксплуатационными характе-ристиками ЭУ ТПА являются: коэффициент нелинейных искажений $k_{\text{н.л.н}} < 1\%$, динамический диапазон $D > 65$ дБ и рабочий температурный диапазон от -65 до $+50$ °С.

Алгоритм работы

Алгоритм работы ТПА определяется и ограничивается в основном двумя факторами:

а) научной и служебной задачами, поставленными перед сейсмологическим экспериментом с помощью ТПА;

б) самой сущностью, возможностями и действиями пенетратора, а это конструктивные особенности, скорости при ударе и глубина входа в грунт, продолжительность активного действия, возможности его служебной системы, организация связи с орбитальным аппаратом и т. д.

В настоящее время разработан предварительный вариант алгоритма работы ТПА.

Предлагаются три режима работы:

I. Режим удара — регистрация соответственных ускорений по трем осям при ударе пенетратора о грунт (при $t=0$) и при его входе в глубину. Регистрация низкочувствительного уровня K'_{yc} , продолжительность регистрации $\tau'_p=1$ s, частота опроса $f'_n=300$ Hz на компоненту с разрядностью $R=12$ bit. Общий объем информации в этом случае — около 1,5 kByte.

II. Режим регистрации микросейсм — стационарный режим регистрации микроколебаний по трем осям. Включение — по заданной программе по времени, периодически с $T_p=60$ min и продолжительностью каждого дискретного интервала $\tau''_p=20$ s, т. е. общее время регистрации за сутки $\tau_2=8$ min. Частота опроса $f''_n=100$ Hz на компоненту, при этом общий объем информации при одном включении будет 12 kByte. Регистрация высокочувствительного уровня K''_{yc} .

III. Режим регистрации марсотрясений — стационарный режим регистрации макросейсмических событий на высокочувствительном уровне K'''_{yc} . Включение — по амплитудному признаку, когда амплитуда огибающей сигнала возрастает в 4 раза и больше ($A_c \geq 4A_\Phi$). Мы считаем, что в данном случае целесообразнее выключать прибор не по амплитудному признаку, а фиксировать продолжительность регистрации $\tau'''_p=3$ min. Частота опроса также $f'''_n=f''_n=100$ Hz, объем информации одного возможного марсотрясения — 100 kByte.

Отчет времени относителен — таймер начинает счет с момента удара пенетратора о марсианский грунт.

Заключение

Как в первой в своем роде разработке, притом по неуточненному окончательному техническому заданию, некоторые конкретные параметры ТПА бесспорно будут подлежать коррекции и уточнению. В этой статье даны результаты предварительной разработки ТПА, сделанной на базе наиболее вероятных конструктивно-эксплуатационных характеристик пенетратора. С одной стороны, вероятное изменение некоторых из этих характеристик и особенно габаритномассовых параметров, скорости падения на грунт, энергетических ресурсов, возможности и организации служебных систем, как и организации связи между пенетратором и орбитальной станцией и т. д., оказали бы соответствующее влияние на технико-эксплуатационные характеристики и алгоритм работы ТПА. С другой стороны, такие измене-

ния возможно будут необходимы и после эксперимента с лабораторным макетом ТПА в условиях, близких к реальным эксплуатационным условиям.

Анализ и обсуждение всех возможных вариантов не могут вместиться в рамки одной статьи, поэтому здесь упоминаются только наиболее характерные случаи:

1. Если цилиндричная носовая часть пенетратора имеет не круглое, а многоугольное сечение, имеющий цилиндрическую внешнюю форму ТПА без технологических проблем вмещается в нее.

2. В настоящей разработке общая масса ППБ ТПА около 2,2 кг, предусмотренная для пенетратора массой 22—25 кг. Если пенетратор имеет большие массу и габариты, возможно увеличить массу и габариты ППБ ТПА, соответственно инертную массу M , а также, если необходимо, увеличить K_x .

3. При необходимости K_x можно увеличить и посредством увеличения только M , без увеличения общей массы и габаритов ППБ ТПА. При том же $d=40$ мм, но при большей $2h$ инертная масса может достичь $M=0,350$ кг.

4. Начальная скорость v_0 ($t=0$), с которой пенетратор ударяется о марсианский грунт, является важным вопросом в нескольких аспектах, потому что от нее при данных грунтовых условиях зависят:

- а) глубина проникновения пенетратора;
- б) характеристики генерированных от удара сейсмических волн;
- в) ударное ускорение $g_{уд}$, которое будет воздействовать на пенетратор и, соответственно, смонтированная в него аппаратура.

Уточнение v_0 позволит вычислить все эти параметры, после чего надлежит уточнить:

— оптимальный коэффициент чувствительности K_x ППБ, коэффициент усилия $K_{ус}$ ЭУ, продолжительность регистрации τ_p , частоту опроса $f_{ц}$ и разрядность R для режима I;

— оптимальные K_x , $K_{ус}$, T_p , τ_p и $f_{ц}$ для режима II;

— необходимую устойчивость к ударным ускорениям как ППБ ТПА, так и ЭБ ТПА и другой служебной и научной аппаратуры, смонтированной в виброизоляционном отсеке пенетратора.

5. С целью экономии энергоресурсов возможно в отдельных режимах и сеансах не регистрировать все три компоненты X , Y и Z , а только две или одну из них. Специально для режима I из соображений резервирования, с целью повышения надежности, целесообразно регистрировать все три компоненты.

6. Предстоит теоретическое решение и экспериментальное подтверждение целесообразности того, чтобы ППБ имело отдельные пьезодатчики для двух уровней $K_{ус}$ и $K_{ус}'$, т. е. всего 12 пьезодатчиков. Этот вариант имеет преимущество по соображениям надежности. Схематически такой вариант показан на рис. 2, где пьезодатчик составной (двухуровневый).

7. Периоды включения T_p и продолжительность регистрации τ_p в режиме II находятся в прямой зависимости от продолжительности действия пенетратора. При короткоживущих пенетраторах (порядка нескольких суток) целесообразно уменьшить T_p и увеличить τ_p .

Л и т е р а т у р а

1. Г а л к и н, И. Внеземная сейсмология. Серия „Планета Земля и Вселенная“, АН СССР, М., Наука, 1988.
2. Б о л т, Б. В глубинах Земли. М., Мир, 1984, с. 100.
3. М а р д и р о с я н, Г., В. Ф р е м д. Исходные предпосылки и соображения разработки пьезоэлектрического преобразователя аппаратного комплекса для сейсмологических исследований на Марсе. — Бюлл. геофиз. сп., XI, 1989, № 2.
4. Ф р е м д, В. Трехкомпонентный пьезоэлектрический сейсмометр. Авт. свид. СССР № 1377799. — Бюлл. изобретений, 1988, № 8.
5. М а т е р и а л ы Международного совещания по Проекту „Марс-94“ ИКИ АН СССР, Москва, 14—17 февраля 1989.
6. Ф р е м д, В. Регистрационные возможности каналов с пьезосейсмометрами. — В: Инструментальное изучение сейсмических колебаний (Сейсмические приборы, вып. 16). М., Наука, 1984, 158—160.
7. A n d e r s o n, D. et al. Seismology on Mars. — J. of Geoph., 82, 1977, No 28, p. 4524.
8. M a r d i r o s s i a n, G., V. F r e m d, D. D e n e v a. Consideration and elaboration of the receiving-transducing part of an apparatus complex for seismological investigations on Mars. — In: XXI General Assembly of ESK, Sofia, 1988.

Three-component penetrator accelerometer for Mars exploration

G. H. Mardirosjan, V. M. Fremd

(S u m m a r y)

In the present work the basic science and operation problems concerning the seismologic experiment for the planet Mars' surface and inner structure exploration are discussed, using a two sensitivity level, three-component penetrator accelerometer (TCPA). The initial results from the development of the receiver-converter and electronic unit are given and some variants of the alternative approach for the basic design characteristics determination are discussed. An algorithm is proposed for the use of TCPA. In conclusion, the necessary modifications of the performance characteristics and the TCPA operation algorithms are discussed as a consequence of the eventual variations of the dimension-mass characteristics, the energetic resources, the organisation of the operation systems, etc. of the penetrator.

Спектрална отражателна способност на почвите, разпространени на ключов участък „Бокини“ (Полша)

И. С. Илиев, Е. К. Руменина*,
Н. Д. Пелова*

Институт по почвознание и агрокология „И. Пушкиров“, ССА
*Институт за космически изследвания, БАН

Спектралната отражателна способност (СОС) на почвите се обуславя от физико-химичните им свойства и дава възможност да се премине към количествена оценка на цвета на почвата, както и да се решават някои въпроси по тяхната диагностика и генезис. Редица автори [1—4] разделят две групи фактори, влияещи на спектралната отражателна способност на почвите: постоянни — състав и количество на хумуса, химичен състав и минерална част на почвата; временни фактори — съдържание на влага, степен на обработка на почвите и др. Постоянните фактори влияят върху разпределението на СОС на почвите по спектъра, а временните — на общата яркост.

В настоящата работа са представени резултатите от измерените спектрални коефициенти на отражение (СКО) на почвите, разпространени на ключов участък „Бокини“ (Полша), с цел диагностика на почвеното разнообразие, като се отчитат някои от постояннодействащите фактори. В изследвания район са разпространени пет групи почви: I група — силно хумусирани почви, в това число торфено-блатни, торфени и някои чимови почви; II група — по-слабо хумусирани почви, развити в по-дренирани участъци и обработваеми земи; III група — кафяви почви, развити върху билни части и заравнености със слаб наклон; IV група — почви, развити върху слабо изразени склонове; V група — пясъккливи почви, развити в райони със слабо и средно изразени склонове.

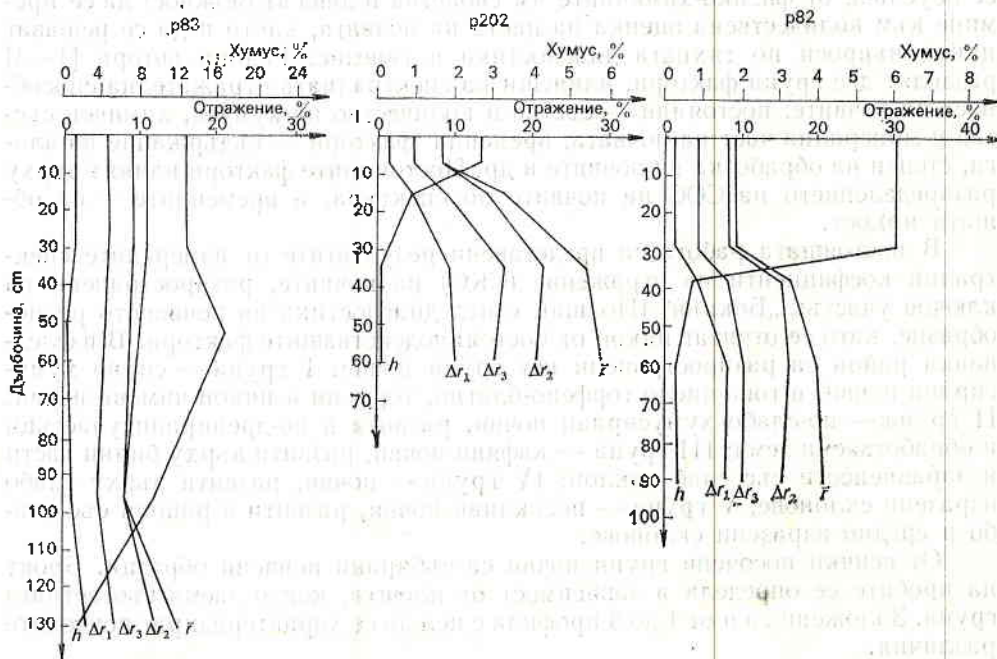
От всички посочени групи почви са събирани почвени образци. Броят на пробите се определя в зависимост от площта, която заема съответната група. Заложени са и от 1 до 3 профила с цел да се характеризират почвените различия.

Почвените образци във въздушно-сухо състояние при сравнително еднакъв размер на структурните агрегати са спектрометрирани със спектрометричната система „ИСОХ-020“ (с работен диапазон 400—800 nm) [5]. При интерпретацията на получените резултати са използвани следните показатели: характер на изменение на СОС в диапазона 400—800 nm; интегрален коефициент на отражение — \bar{r} ; разлики между СКО при две избрани дължини на вълната $\Delta r_1 = r_{643} - r_{425}$, $\Delta r_2 = r_{689} - r_{483}$, $\Delta r_3 = r_{802} - r_{425}$ и съдържание на хумуса в изследваните почвени образци (табл. 1).

Таблица 1

Група почви	\bar{r}	Δr_1	Δr_2	Δr_3
I	$5,84 \pm 0,71$	$0,76 \pm 0,15$	$3,03 \pm 0,55$	$5,70 \pm 1,50$
II	$9,33 \pm 0,79$	$1,68 \pm 0,41$	$5,36 \pm 0,81$	$9,10 \pm 1,25$
III	$14,08 \pm 0,99$	$3,95 \pm 0,55$	$7,76 \pm 0,80$	$11,98 \pm 0,98$
IV	$18,40 \pm 1,54$	$5,22 \pm 0,66$	$10,12 \pm 1,10$	$15,22 \pm 1,48$
V	$21,78 \pm 0,96$	$6,4 \pm 1,21$	$11,50 \pm 0,78$	$18,68 \pm 1,96$

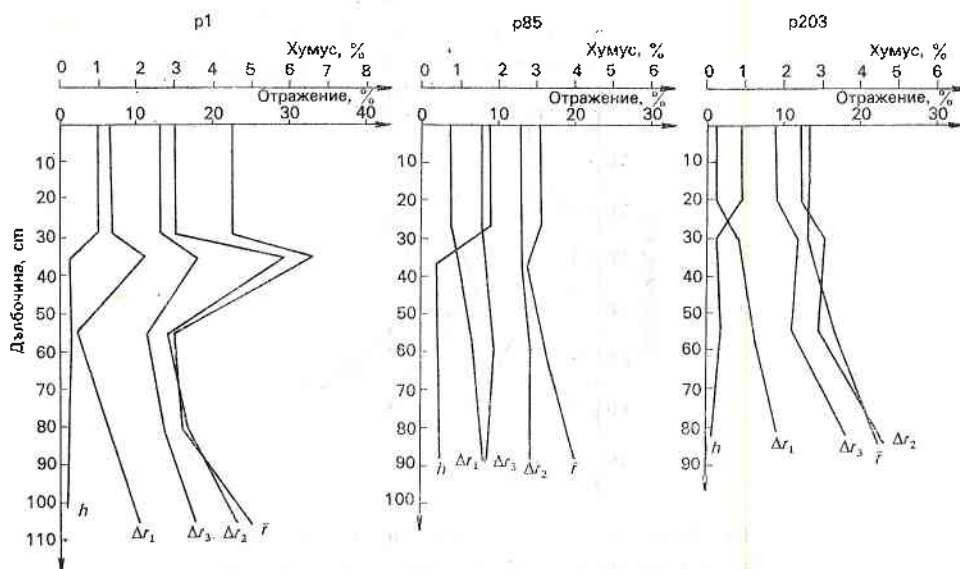
Група I включва почви със съдържание на хумус в повърхностния хоризонт, вариращо в границите от 5 до 25,45%. Това са преди всичко торфени, торфено-блатни и някои чимови почви със силно изразен процес на хидроморфизъм. Тези почви се характеризират с плавно повишаване на СКО в целия диапазон (400—800 nm) и имат ниски стойности на всички изследвани спектрални параметри (табл. 1).



Фиг.1. Изменение на съдържанието на хумус h и на показателите \bar{r} , Δr_1 , Δr_2 , Δr_3 в дълбочина по профила на почвите, отнесени към група II

Към група II се отнасят почви с по-ниско съдържание на хумус в повърхностния хоризонт в сравнение с първата група, вариращо в границите от 3 до 7%. Към тази група са отнесени чимовите и някои почви, развити в акумулативните понижения и в по-дренираните участъци от обработваемия фонд. Характеризират се с по-високи стойности на \bar{r} , Δr_1 , Δr_2 и Δr_3 в сравнение с група I (табл. 1). Група II е представена с три профила — 82, 83 и 202. Профил 83 характеризира чимовите почви с високо съдържание на хумус в повърхностния хоризонт и в дълбочина (фиг. 1). Интегралният коефициент на отражение \bar{r} се изменя плавно от 8,9 до 7,85% по дълбочина на профила до 100 см, след което се увеличава почти два пъти и достига 14% в хоризонт С. Съдържанието на хумус се понижава от 13,06 за повърхностния хоризонт до 1,58% на дълбочина 130 см. Профили 82 и 202 характеризират почви със слабо изразен торфенист процес. Както и профил 83, те имат нисък \bar{r} на повърхностния хоризонт от 8,4 до 9,2%. Съдържанието на хумус варира от 3 до 6%. По дълбочина на профила хумусът рязко намалява до 0,80—0,40%, а \bar{r} се увеличава повече от два пъти — 16—29%. Същото се отнася и за останалите показатели (фиг. 1).

Група III включва кафявите почви, които заемат сравнително най-голяма площ от изследваната територия. Съдържанието на хумус в събраните от повърхностните хоризонти почвени образци варира в границите от 0,25 до 1,60%, а останалите показатели \bar{r} , Δr_1 , Δr_2 и Δr_3 имат по-високи стойности от първите две групи (табл. 1). За характеризиране на тази група са заложени три профила — 1, 85 и 203, които имат сравнително ниско съ-



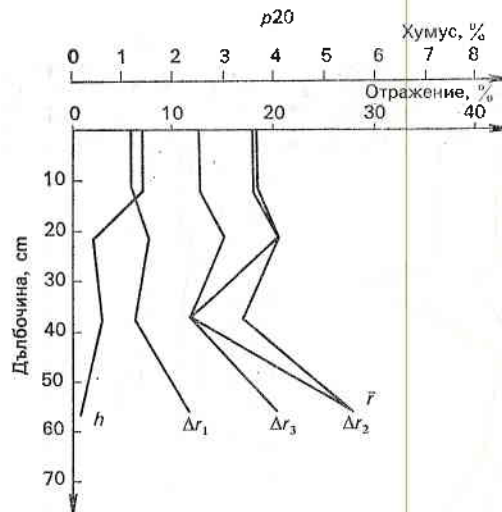
Фиг. 2. Изменение на съдържанието на хумус h и на показателите \bar{r} , Δr_1 , Δr_2 , Δr_3 в дълбочина по профила на почвите, отнесени към група III

държание на хумус в повърхностните хоризонти от 0,87 до 1,81%. По дълбочина профил 1 се отличава от останалите два (фиг. 2). На дълбочина 29—41 см съдържанието на хумус е ниско — 0,25%, а показателят \bar{r} е висок —

33,03%, което се свързва с присъствието на светлоцветени минерали в този хоризонт. На дълбочина 55—80 cm стойностите на изследваните спектрални параметри намаляват почти два пъти, като съдържанието на хумус остава почти едно и също (фиг. 2). Това вероятно е свързано с наличието на глееви петна и тъмни натеци от по-горните хоризонти. На дълбочина 80—100 cm стойностите на изследваните параметри отново се увеличават.

В профили 85 и 203 се наблюдава почти еднакъв ход на изменение на всички параметри, включително и на съдържанието на хумус. В профил 203 на дълбочина 68—100 cm се наблюдават съществени изменения на r , които са свързани не само с количеството хумус, но и с присъствието на голямо количество светлоцветени минерали.

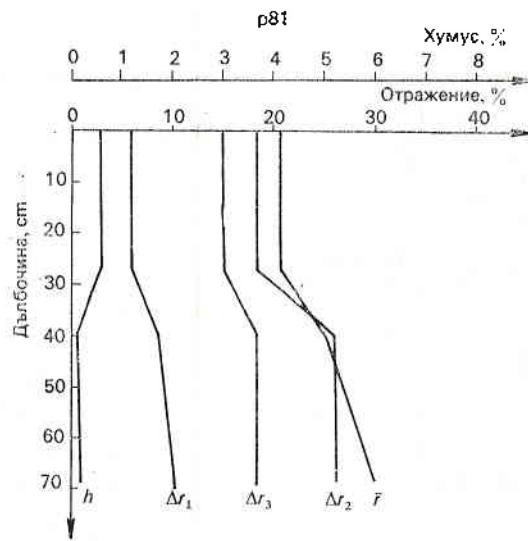
Към група IV са отнесени почви, заемащи слабо изразени склонове, с малка мощност на профила и с начален стадий на ерозия. Характеризират се с по-високи параметри от изброените групи и с по-ниско съдържание на хумус (табл. 1). Групата е представена от един профил — 20. Интегралният коефициент на отражение на повърхностния хоризонт е 17,8%, а на дълбочина 12—30 cm се увеличава на 20,14%, което е свързано с намаляване съдържанието на хумус от 1,42 до 0,46%. На дълбочина 30—45 cm се наблюдава намаляване на стойностите на r в сравнение с втория хоризонт, като съдържанието на хумус остава едно и също (фиг. 3). Това вероятно е свързано с наличието на тъмни натеци и с повишеното съдържание на различни форми на желязо в този хоризонт.



Фиг.3. Изменение на съдържанието на хумус h и на показателите r , Δr_1 , Δr_2 , Δr_3 в дълбочина по профила на почвите, отнесени към група IV

Към група V са отнесени почви със слабо и средно изразена степен на ерозия, с лек механичен състав и с разсветлен повърхностен хоризонт. Те са сравнително слабо разпространени в изследвания район (фиг. 5). Съдържанието на хумус в събраните от повърхностния хоризонт почвени образци

варира в границите от 0,78 до 1,28%, а стойностите на \bar{r} , Δr_1 , Δr_2 и Δr_3 са най-високи (табл. 1). Представа за тази група дава профил 81 (фиг. 4). Той се характеризира с нарастване на стойностите на \bar{r} с увеличаване на дълбочината от 20 до 30% и намаляване на съдържанието на хумус от 0,64 до 0,10%.



Фиг. 4. Изменение на съдържанието на хумус h и на показателите \bar{r} , Δr_1 , Δr_2 , Δr_3 в дълбочина по профила на почвите, отнесени към група V

Въз основа на посочените характеристики и параметри е съставена картосхема на териториалната диференциация на СОС на почвите, разпространени на ключов участък „Бокини“ (Полша) (фиг. 5).

Един от постояннодействащите фактори, които влияят върху СОС на почвите, е съдържанието на хумус [6]. В изследваните почвени образци съдържанието на хумус варира в границите от 0,08 до 25,46%, а интегралният коефициент на отражение — от 5,03 до 30,03%. Изчислен е линейният корелационен коефициент между съдържанието на хумус и \bar{r} . За всички почвени образци неговата стойност е 0,61. За почви с ниско съдържание на хумус (0,08—1,50%) коефициентът на корелация е 0,55. Върху СОС на тези почви съществено влияят различните форми на желязо, минералната част на почвата и др. Почви, съдържащи хумус от 1,50 до 7,45%, имат висок коефициент на корелация — 0,88. За такива почви е изведено уравнение на линейна регресия от вида

$$(1) \quad y = 16,15 - 1,34 x,$$

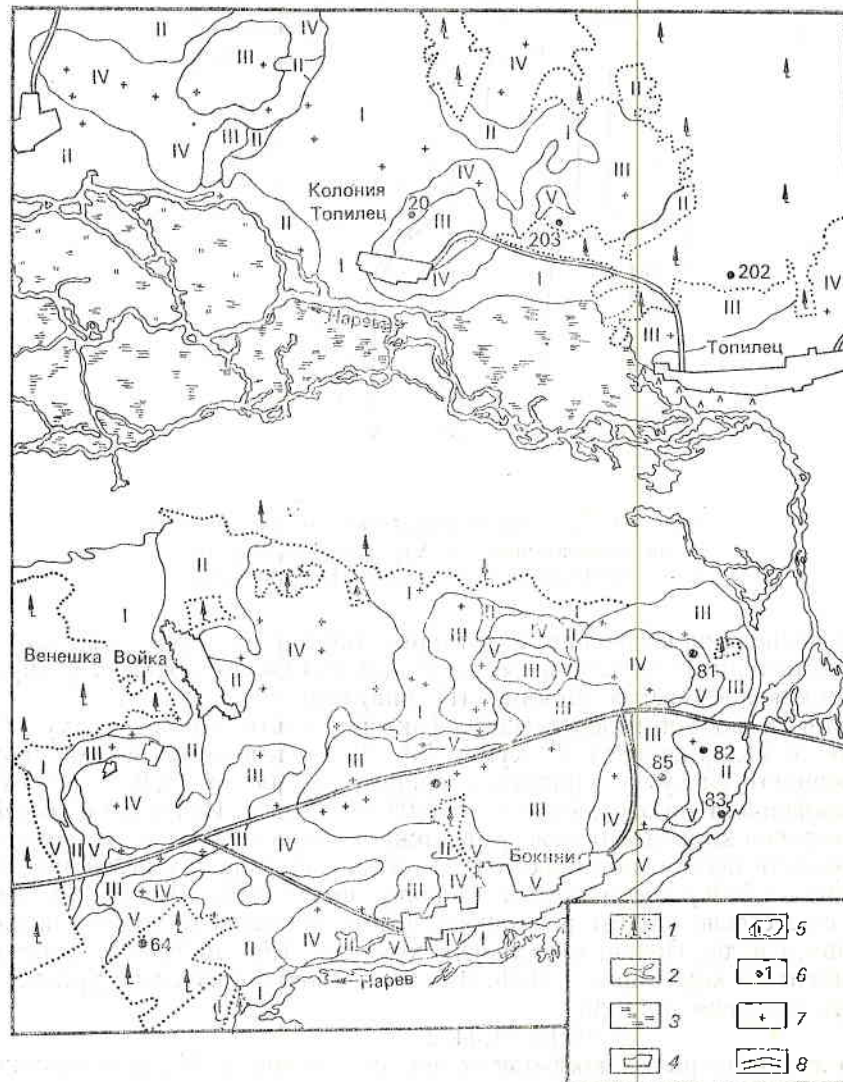
където x е интегрален коефициент на отражение в %, y — съдържание на хумус в %.

Установена е и линейна зависимост с коефициент на корелация 0,91 между съдържанието на хумус, определено по класическия метод, и същото, изчислено чрез уравнение (1). Връзката между тези два метода за определяне съдържанието на хумус в почвените образци се изразява чрез уравнението

$$(2) \quad y = 0,03 + 0,95 x,$$

където x е съдържание на хумус в %, измерено по класическия метод; y — съдържание на хумус в %, изчислено чрез уравнение (1).

Получените резултати от спектрометричните измервания на ключов участък „Бокини“ (Полша) показват, че всяка от изследваните групи почви има своеобразен характер на изменение на СОС в диапазона 400—800 нм, характерен както за повърхностния хоризонт, така и по дълбочина на про-



Фиг.5. Картохема на териториалната диференциация на СОС на почвите, разпространени на ключов участък „Бокини“ (Полша)
 1 — гора, 2 — река, 3 — заблатени участъци, 4 — населено място, 5 — граници на отделните групи почви, 6 — основен почвен профил, 7 — пунктове, от които са взети почвени образци от повърхностните хоризонти, 8 — шосе

фила. Предложените показатели могат да се използват като „еталони“ при дистанционното разпознаване на почвите, разпространени на ключов участък „Бокини“.

При използване на СОС за диагностика на почвите е необходимо да се снемат СКО не само на повърхностния хоризонт, но и по профила, като се следи изменението на вече посочените показатели.

Получената корелационна зависимост между съдържанието на хумус и интегралния коефициент на отражение се отнася само за почви с общо количество хумус, по-голямо от 1,5%.

Съставената картосхема на териториалната диференциация на СОС на почвите на ключов участък „Бокини“ може да се използва при дешифриране на информацията, получавана от дистанционните аеро- и космически измервания.

Л и т е р а т у р а

1. Обухов, Л. И., Д. С. Орлов. Спектральная отражательная способность главных типов почв и возможности использования диффузного отражения при почвенных исследованиях. — Почвоведение, 1964, № 2, 83—94.
2. Толчельников, Ю. С. Оптические свойства ландшафта. Л., Наука, 1974.
3. Карманов, И. И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств. М., Колос, 1974.
4. Федченко, П. П., К. Я. Кондратьев. Спектральная отражательная способность некоторых почв. Л., Гидрометеиздат, 1981.
5. Крумов, А. Х. Прибор для измерения спектральных отражательных характеристик. — В: Собрание комиссии № 6 ГССС, София, 1977.
6. Mishnev, D. N. Spectral Characteristics of Natural Formations. S., BAS, 1986.

Soils reflection capability distributed on key section "Bokini" (Poland)

I. S. Iliev, E. K. Rumenina, N. D. Pelova

(S u m m a r y)

The spectral reflection capability of the soils distributed on key section "Bokini" (Poland) have been investigated under laboratory conditions. Some general regularities of the spectral indices variations were analyzed of both their surface horizons and the genetic profile of each group of soils. A scheme-map of the territory differentiation spectral reflection capability of the soils distributed in the explored region was drawn on the basis of the obtained results. The linear correlation dependency (0,88) which was obtained between the soils humus content and the integral reflection coefficient allows to draw an equation of linear regression for the soils containing over 1,5% humus. A linear dependency is established with correlation coefficient 0,91 between the humus content in the soils measured by the classical method and calculated by the integral reflection coefficient.

Спектрометрични и биометрични изследвания на зимна пшеница по време на международния експеримент „Телегео-87“

Р. Х. Кънчева

Лаборатория за слънчево-земни въздействия, БАН

Разработването на перспективни научни методики за целите на народното стопанство с използване на данни от дистанционните изследвания е свързано с получаване на информация и определяне на характеристиките на интересуващите ни обекти върху земната повърхност. Тези разработки придобиват все по-голяма приложна насоченост, особено що се отнася до селското стопанство, чиито интереси изискват получаване на оперативна и периодична информация за състоянието на почвената и растителната покривка. Основна задача на изследванията тук е проследяване динамиката на развитие на растителността и на почвените процеси с помощта на комплекс от наземни, самолетни и космически средства, въз основа на което се разработват методи за анализ на състоянието и производителността на агротехническите геосистеми.

Спектрометричните методи благодарение на своята информативност се използват широко за целите на селскостопанския мониторинг [1—4]. Актуална насока в използването на спектрални данни съвместно с биогеофизични полеви проучвания е оценяването на текущото състояние на посевите с цел контрол на тяхното развитие и своевременно приемане на стопански решения. Главни въпроси, решавани в хода на тези изследвания, са:

— определяне на тези параметри на селскостопанските култури, които могат да бъдат оценени въз основа на спектрометрични данни, т. е. търсене на физично обусловени връзки между измерваните спектрални характеристики и биофизичните параметри на растителността;

— определяне на спектралните диапазони, даващи най-устойчива информация, пригодна за идентифициране и описание на важни селскостопански ситуации;

— изучаване на сезонната динамика на многоспектралните характеристики на селскостопанските култури, включително и в стресови ситуации;

— оценяване на ландшафтно-екологичната динамика на спектралните характеристики, свързана с почвено-климатичните и агротехническите условия за отглеждане на селскостопанските култури;

— разработване на методи за фитодиагностика, контролиране растежа и прогнозиране развитието и продуктивността на посевите.

При разглеждането на тези въпроси очевидно са необходими системни спектрометрични и биометрични изследвания на селскостопански култури в различни фенологични фази и условия на вегетация. Такива в ИКИ — БАН, се провеждат от редица години на територията както на България, така и на други страни в рамките на програмата ИНТЕРКОСМОС.

В статията са представени резултати от изследванията на посеви зимна пшеница по време на международния експеримент „Телегео-87“ на територията на Полша (полигон Нарев, ключов участък Бокини). Те са продължение на разработките у нас [5—7] и в чужбина [8—11], чиято важна задача е установяването на корелации между характеристиките на спектралната отражателна способност и параметрите на физиологичното състояние на посева.

Таблица 1.

Регресионни зависимости между спектралните показатели K_1 , K_2 и V и фитометричните параметри на зимна пшеница във фаза изкласяване

Фитометрични параметри	$f(X)$	A	B	r_{xy}	Δ_y
$X = V$					
S	$A \exp(BX)$	0,01	5,307	0,97	3,2
M_w	$A \exp(BX)$	0,224	3,36	0,91	7,2
M_d	$A \exp(BX)$	0,123	2,812	0,77	12,9
LAI	$A \exp(BX)$	0,069	3,931	0,94	8,4
N	$A \exp(BX)$	42,615	3,329	0,89	9,9
h	$A + BX$	-0,042	1,411	0,92	2,6
Nh	$A \exp(BX)$	14,038	4,82	0,93	10,4
$X = K_1$					
S	$A + BX$	-0,53	0,725	0,88	12,7
M_w	$A \exp(BX)$	0,433	1,156	0,87	9,4
M_d	$A \exp(BX)$	0,222	0,944	0,72	13,1
LAI	$A \exp(BX)$	0,15	1,348	0,9	11,0
N	$A \exp(BX)$	79,522	1,162	0,87	11,1
h	$A + BX$	0,216	0,496	0,91	3,0
Nh	$A \exp(BX)$	34,257	1,69	0,91	12,8
$X = K_2$					
S	$A + BX$	-0,098	0,093	0,97	3,5
M_w	$A \exp(BX)$	1,114	0,12	0,93	7,2
M_d	$A \exp(BX)$	0,466	0,102	0,8	11,8
LAI	$A \exp(BX)$	0,446	0,142	0,97	5,0
N	$A \exp(BX)$	207,55	0,12	0,91	8,2
h	$A + BX$	0,658	0,047	0,88	4,0
Nh	$A \exp(BX)$	144,23	0,169	0,93	10,0

Въз основа на наземни спектрометрични и биометрични измервания са изведени преки регресионни съотношения, описващи функционалните връзки между фитометричните параметри на зимната пшеница във фаза изкласяване и спектралните отражателни характеристики (табл. 1), както и вътрешните взаимовръзки между отделните биоструктурни параметри на посева (табл. 2).

Таблица 2

Корелационни зависимости между фитометричните параметри на зимна пшеница във фаза изкласяване

Фитометрични параметри	$f(X)$	A	B	r_{xy}	Δy	Δx
$X=S$						
M_w	A exp (BX)	1,285	1,248	0,96	6,3	7,2
M_d	A exp (BX)	0,529	1,055	0,81	11,9	16,6
LAI	A exp (BX)	0,538	1,449	0,98	3,8	4,1
N	A exp (BX)	242,2	1,226	0,93	7,5	9,9
h	A+BX	0,716	0,485	0,9	3,5	13,8
Nh	A exp (BX)	177,7	1,734	0,94	9,0	9,0
$X=Nh$						
M_w	A+BX	0,41	$4,3 \cdot 10^{-3}$	0,94	11,8	14,2
M_d	A+BX	0,171	$1,5 \cdot 10^{-3}$	0,89	14,8	19,9
LAI	A+BX	0,123	$2,2 \cdot 10^{-3}$	0,97	8,7	9,7
$X=LAI$						
M_w	A+BX	0,227	1,901	0,95	10,8	11,6
M_d	A+BX	0,127	0,655	0,87	16,1	19,1

Като характеристики на отражателната способност са използвани спектралните показатели K_1 , K_2 (зонални оптични контрасти) и V (вегетационен индекс), представляващи съответно отношението и нормирана разлика на коефициентите на отражение в най-информативните за растителността спектрални зони [6, 7, 11]: зелената — $0,55 \mu\text{m}$, червената — $0,67 \mu\text{m}$, и близката инфрачервена — $0,8 \mu\text{m}$, като $K_1=r(0,55)/r(0,67)$; $K_2=r(0,8)/r(0,67)$ и $V=[r(0,8)-r(0,67)]/[r(0,8)+r(0,67)]$. Измерването на спектралните коефициенти на отражение $r(\lambda)$ е извършвано в надир с разработения в ИКИ — БАН, полски спектрометър ИСОХ-020. Биометричните измервания — гъстота N (брой растения на 1 m^2), височина $h(\text{m})$, проективно покритие S , количество надземна биомаса (kg/m^2): свежо тегло M_w , абсолютно сухо тегло M_d , индекс на листовата площ LAI, са проведени с конвенционални полски методи. Емпиричната параметризация с използване на методите за регресионен анализ позволява с относително прости средства да се намерят най-устойчивите връзки между корелираните величини, характеризирани се с коефициента на корелация r_{xy} и определяни от вида $f(X)$ и коефициентите A и B на регресионното уравнение. Количественото съгласуване на измерваните и изчисляваните (възстановявани) по уравненията стойности на търсените фитометрични параметри е оценявано по относителната процентна грешка $\Delta x=(X_{\text{изм}}-X_{\text{изч}})/X_{\text{изм}}$.

Биоструктурните параметри на посева определят неговото състояние в даден момент и са диагностични показатели за развитието на културата в различните стадии на вегетационния цикъл. В същото време те са определящ фактор на спектралната отражателна способност [12—14] и измерваните радиационни характеристики на растителната покривка са функция на биометричните ѝ параметри. От тази зависимост се обуславя възможността за дистанционна фитодиагностика, т. е. за оценка на споменатите растителни параметри по данни от измерванията на спектралните отражателни характеристики. Изследванията целят получаването на количествен израз на съществуващите зависимости за различни селскостопански култури във

всички основни фенологични фази на тяхното развитие чрез емпирични съотношения, отчитайки и конкретните екологични условия (почвени и метеорологични характеристики, съществуваща агропрактика).

За практическата приложимост на изследванията, част от които са приведени в статията, се правят следните основни изводи.

1. Измерваните спектрални отразителни характеристики са резултат от съвместното влияние на различните фактори-фитопараметри, поради което установените еднофакторни зависимости са твърде полезни, позволяват да се оцени влиянието на всеки фитопараметър и предоставят възможност за непосредственото му определяне по съответните уравнения (табл. 1).

2. Получените регресионни уравнения (табл. 1) позволяват определянето на фитометричните параметри на посева по данни от спектрални измервания с удовлетворителна точност. Относителните отклонения Δx на възстановяваните по уравненията стойности на фитопараметрите от измерваните не превишават в най-лошия случай 13%, като такава грешка е характерна и за масовите наземни наблюдения на селскостопанските полета [15].

3. Чрез сравнение на така определен фитометричен параметър ϕ_{ki} в дадена фенофаза i с неговата средностатистична или оптимална стойност ϕ_{ki}^{opt} за същата фенофаза получаваме оценката $\theta_{\phi_{ki}} = \phi_{ki} / \phi_{ki}^{opt}$, характеризираща състоянието на посева по отношение на съответния фитопоказател на дадения етап от вегетационното развитие.

4. Тъй като агрофизичните параметри са тясно взаимосвързани през целия вегетационен цикъл, от голямо значение е изучаването на закономерностите на тяхното формиране в различните стадии на развитие на културата. Представените в табл. 2 резултати от такива изследвания позволяват определянето на един фитопараметър по известната стойност на друг, например най-лесно за непосредствено измерване при полевите наблюдения.

5. Получените съотношения между фитометричните параметри (табл. 2) могат да се използват също за сравнение и контрол на направената оценка на тези параметри по данни от спектрометричните измервания. Така например чрез измерената стойност на вегетационния индекс $V=0,779$ на пшеничния посев във фаза изкласяване определяме по уравненията от табл. 1 фитопараметрите: $S=0,68$; $M_w=3,069$; $M_d=1,099$; $LAI=1,475$; $Nh=599$. След това ги изчисляваме по табл. 2, изхождайки от намереното $S=0,68$; $M_w=3,002$; $M_d=1,084$; $LAI=1,441$; $Nh=577$.

От полевите биометрични измервания са получени: $S=0,65$; $M_w=3,06$; $M_d=0,973$; $LAI=1,375$; $Nh=541$.

По същия начин могат да бъдат определени фитометричните параметри на посева, като се използват измерените стойности на K_1 и K_2 , а също така средните оценки на фитопараметрите по трите спектрални показателя. Приведеният пример показва много добрата съпоставимост на резултатите от използването на изведените съотношения с действителните резултати от биометричните измервания.

6. Наличието на надеждна информация за различните фитопараметри в даден момент позволява да се прави средна многофакторна оценка на състоянието на посева, т. е. да разполагаме с набор от $\theta_{\phi_{ki}}$, което повишава достоверността на оценката.

7. Моделите, предназначени за прогнозиране на добива, съществено се опират на информация за биометричните параметри, отразяващи състоянието на посевите [16—18], което определя нуждата и полезността на провежданите изследвания за различни култури във всички основни фенологични фази с цел проследяване динамиката на биопоказателите през вегетационния период и установяване влиянието им върху продуктивността.

Литература

1. Кондратов, К. Я., П. П. Федченко. Дистанционное определение площадей с поврежденными посевами озимых культур. — Метеорология и гидрология, 1982, № 8, 102—108.
2. Henderson, K. E., G. D. Badhwar. An Initial Model for Estimating Soybean Development Stages from Spectral Data. — Remote Sensing of Environment, 14, 1984, No 1, 55-63.
3. Tucker, C. J., J. H. Elgin, J. E. McMurley. Temporal Spectral Measurements of Corn and Soybean Crops. — Photogram. Eng. and Remote Sensing, 45, 1979, No 5, 643-653.
4. Crist, E. R. Effects of Cultural and Environmental Factors on Corn and Soybean Spectral Development Patterns. — Remote Sensing of Environment, 14, 1984, No 1, 3-13.
5. Мишев, Д. Н., Р. Х. Кынчева. Определение относительной площади, занимаемой посевам, по данным спектрометрических измерений. — Исследование Земли из космоса, 1988, № 5, 71—75.
6. Kapcheva, R. The Use of Spectral Reflectance Characteristics for the Estimation of Winter Wheat Stage. — Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, 41, 1988, No 8, 69-71.
7. Kapcheva, R., M. Chervenyashka. Experimental Study of the Spectral Reflection Characteristics of Soils and Vegetation from Acrospace Experiment Gyunesh-84. — Remote Sensing Reviews, 3, 1988, 145-152.
8. Нилъсон, Т. А., Я. А. Антон, В. Б. Аплей, Ю. И. Кыдар, В. А. Росс, Ю. К. Росс. Об оценке степени созревания зерновых культур дистанционными оптическими методами. — Исследование Земли из космоса, 1982, № 1, 41—47.
9. Wiegand, C. L., A. J. Richardson, E. T. Canemassu. Leaf Area Index Estimates for Wheat from Landsat and Their Implications for Evapotranspiration and Yield Modeling. — Agronomy Journal, 71, 1979, 336-342.
10. Collins, W. Remote Sensing of Crop Type and Maturity. — Photogram. Eng. Remote Sensing, 44, 1978, 43-56.
11. Dusek, D. A., R. D. Jackson, J. T. Musick. Winter Wheat Vegetation Indices Calculated from Combinations of Seven Spectral Bands. — Remote Sensing of Environment, 18, 1985, 255-267.
12. Росс, Ю. К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Л., Гидрометеониздат, 1975, с. 343.
13. Вауер, М. Е. Spectral Input to Crop Identification and Condition Assessment. — Proceedings of IEEE, 73, 1985, No 6, 1071-1085.
14. Remote Multispectral Sensing in Agriculture. — Report of the Laboratory for Agricultural Remote Sensing, 4, 1970, Research Bulletin, No 873.
15. Выгодская, Н. Н., И. И. Горшков, А. С. Уханов. Сравнение рассчитанных по модели Гюдриана и измеренных спектральных коэффициентов энергетической яркости сельскохозяйственных посевов. — Исследование Земли из космоса, 1987, № 1, 93—101.
16. Георгиева, Я., Ц. Рачинска, В. Гоцова. Влияние на листата върху формирането на зърното при меката пшеница. — Физиология на растенията, 3, 1974, 475-493.
17. Станкова, П. Ролята на фотосинтезиращата площ след изкласяване за формиране на зърното при интензивни сортове зимна мека пшеница. — Физиология на растенията, 6, 1982, 580—587.
18. Лазаров, Н., И. Михов. Влияние на гъстотата на посева и торенето върху фотосинтетичната дейност и добива на зимния ечемик при поливни условия. — Физиология на растенията, 6, 1982, 600—603.

Winter wheat spectrometric and biometric investigations during the "Telegeo-87" international experiment

R. H. Kancheva

(S u m m a r y)

On the basis of experimental data the interrelations between the winter wheat spectral reflection characteristics and its biostructural parameters in the stage of ear formation have been investigated. The dependences obtained allow the determination of the crop phyto-parameters on the basis of the spectrometric measurements data. The correlations between the different biometric indices of the given phenological phase have been investigated. The obtained empirical correlations can be used as a basis for the crops state quantitative assessment.

Наземен комплекс за изследване светенето на високата атмосфера по програмата „Шипка“ за полета на втория български космонавт

*Г. Х. Мардиросян, Д. П. Инджева,
Ж. С. Жеков, Д. Х. Иванова, К. Д. Вълчев*

Институт за космически изследвания, БАН

През 1988 г. за първи път в близо 20-годишната история на изследването на светенето на високата атмосфера в България [1] бе организиран синхронен експеримент от наземна станция и от борда на космическа станция. Изследванията са по експеримента „Терма“ по проекта „Шипка“ [2] за полета на втория български космонавт.

Наземните изследвания на светенето на високата атмосфера са проведени от Шуменското плато от 9 до 17 юни 1988 г. Шуменското плато се намира в умсреноконтинентална климатична област с надморска височина $h=502$ m и координати: географски — $\varphi=43^{\circ}14'$, $\lambda=26^{\circ}87'$; и геомагнитни — $\varphi=12^{\circ}56'$, $\lambda=36^{\circ}11'$.

Това плато с площ около 180 km² е представително за платовидните терени на Североизточна България и притежава всички типични физико-климатични условия за тази територия. От друга страна, сравнителната отдалеченост от източниците на смущения и вредни влияния гарантира максимално висока чистота на експериментите. Изборът се обуславя и от факта, че над Шуменското плато минава една от орбитите на станцията „Мир“. Тъй като се имаше предвид синхронен експеримент, времето на провеждането на който е предварително точно определено, ясно е, че атмосферните условия и фазите на Луната бяха даденост. Всички нощи по време на измерванията бяха безоблачни, като част от тях съвпаднаха с периода на новолуние. Поради това може да се смята, че влиянието на яркостта на Луната върху относителните изменения на излъчването на нощното небе е минимално.

Специално за целта беше създаден апаратурен комплекс за изследване светенето на високата атмосфера. За база послужи Подвижната наземна станция за синхронни спътникови изследвания (ПНСССИ) [3], която е вариант на разработената в Института за космически изследвания — БАН, Подвижна лаборатория за комплексни геономически изследвания (ПЛКГИ) [4]. Повече данни за техникоексплоатационните възможности на тази под-

вижна станция могат да се намерят в [5]. Характерна за дадения случай е приемно-преобразователната и измерителната част на апаратурната окомплектовка на ПНСССИ. В тази част допълнително е включен основният възел, чрез който се извършват настоящите изследвания — фотометърът [6]. В същата литература са дадени основните му технико-експлоатационни характеристики.

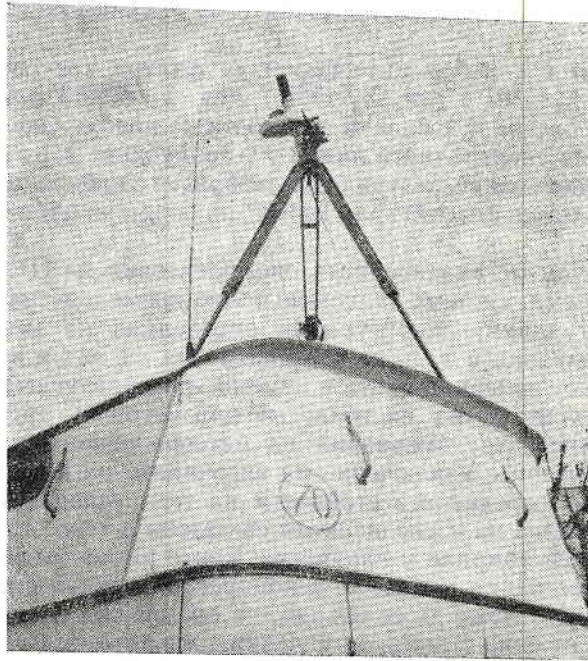
Фотометърът е с набор интерференчни филтри със спектрални ивици на пропускане $\lambda_1=391,4$ nm, $\lambda_2=557,7$ nm, $\lambda_3=589,3$ nm, $\lambda_4=630,0$ nm и $\lambda_5=656,3$ nm, избрани с близки стойности на пропускане ($13\% \leq \tau \leq 16\%$) и полуширини на спектралната линия на пропускане $1,1$ nm $\leq \Delta\lambda \leq 1,5$ nm. Изборът на именно такива филтри беше съобразен с набора филтри, влизащи в окомплектовката на фотометъра „Терма“ на борда на орбиталния комплекс „Мир“.

Другите групи от апаратурната окомплектовка на ПНСССИ: електрозахранваща система, система за единно точно време, система за събиране и регистрация на данни, апаратура за определяне на местоположението, служебна радиовръзка и т. н. са в стандартния си вид и конфигурация. С останалата част от измервателната и приемно-преобразователната апаратура (електронно-термометрична система, магнитометри и др.) се извършват синхронно съответните измервания на метеорологичните условия и геофизичните параметри с изключение на височината на йоносферния слой F. Екстремалните и среднените стойности на тези условия и параметри по време на провеждане на изследванията са дадени в табл. 1. Разбира се, тук са измерени и регистрирани и параметри, които нямат връзка с физическата същност на изследвания процес — в конкретния случай светенето на високата атмосфера. Но може да се твърди, че във всички случаи наличието на подобни данни, от една страна, за условията на провеждане на експеримента, а от друга — за условията, в които се експлоатира апаратурата, обогатяват възможностите за интерпретация. В първия случай става въпрос за съвместна обработка на фотометрични данни и метеорологични и геофизични параметри. Във втория случай се има предвид контролът на микроклиматичните условия, в които работи апаратурата. Тук е възможно към електронно-термометричната система да се включат и температурни датчици, монтирани в съответните критични в температурно отношение точки на фотометъра. Фотометърът може да бъде монтиран на статив извън подвижната станция върху покрива или на земята, както и в самата станция с изнесен през специален люк обектив. Изследванията са провеждани при постоянен зенитен ъгъл $Z_0=0^\circ$. Периодът на измерване $T_i=3,33$ s гарантира възможност за синхронизация при съвместна обработка на данните за слоя F, получени от йоносферните обсерватории [8]. В случая се имат предвид данните от вертикалното сондиране на йоносферата, провеждано в йоносферните обсерватории „Дианабад“ и „Мичурин“, където сондирането

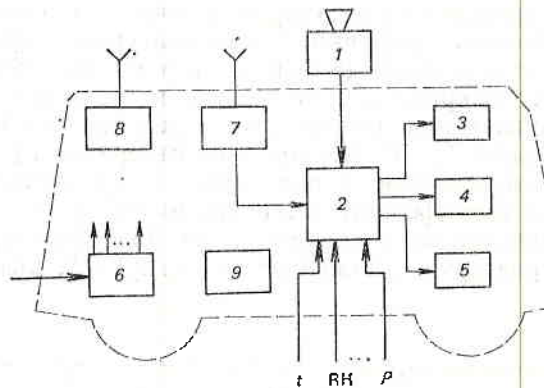
Таблица 1

Параметър	Дименсия	min	max	Средна стойност
Температура на въздуха (t)	°C	14,4	20,2	17,5
Атмосферно налягане (P)	hPa	982	988	986
Относителна влажност на въздуха (RH)	%			
Тотален интензитет на ЗМП	nT			
Височина на слоя F	km	250	300	280

се извършва през период от 15 min. Въз основа на тези данни са изчислени съответните височини на слоя F^2 по време и над мястото на провеждане на експериментите.



Фиг.1. Общ външен вид на ПНСССИ при провеждане на изследванията



Фиг.2. Блокова схема на апаратурната комплектация на ПНСССИ за изследване светенето на високата атмосфера
 1 — фотометър; 2 — обработващ блок; 3 — монитор; 4 — аналогов регистратор; 5 — цифрово печатащо устройство; 6 — вторична електрозахранваща система; 7 — система за единно точно време; 8 — служебна радиовръзка; 9 — апаратура за определяне на местоположението

На фиг. 1 е показан общият външен вид на ПНСССИ при провеждане на наземните изследвания, Конфигурацията на апаратурната окомплектовка на ПНСССИ за изследване на светенето на високата атмосфера е показана в схематичен вид на фиг. 2.

Относителната чувствителност на фотометъра с използваните интерференчни филтри, определена посредством еталонен източник радиолуминесцентен вид тип ЭЯ-1 на основата на ^{14}C , е $Q \leq 17 \text{ R}$.

Всички маркирания на абсолютното време при провежданите наземни изследвания са по местно време (LT). Тук трябва да се отбележи, че служебната УКВ радиовръзка на ПНСССИ позволява при необходимост телеметрично предаване на данните до стационарна обсерватория.

Синхронно с наземните изследвания на светенето на високата атмосфера трябваше да се проведат аналогични изследвания от околоземна орбита от втория български космонавт Александър Александров с апаратурата „Терма“ [2] от борда на пилотируемия комплекс „Мир“. Известно е, че тези изследвания не бяха проведени, поради което се разполага само с данни от наземните измервания. Сравнително краткотрайното изследване на светенето на високата атмосфера не дава основание след първоначалната обработка на данните да се правят чисто научни изводи. Но тези данни са достатъчни за формулиране на изводи и препоръки в технически, технологичен и методичен аспект, имащи за крайна цел повишаване качеството и ефективността на бъдещите изследвания с този апаратурен комплекс.

Опитът от проведените наземни изследвания и получените първи резултати дават възможност да се направят някои изводи и препоръки с цел както разширяване на областта на измерванията, така и повишаване на ефективността на наземните изследвания при синхронен аерокосмически експеримент:

1. Необходимо е да се осигури достатъчна повторяемост на проведения експеримент с цел натрупване на обем данни, получени от измервания от едно и също място, с една и съща апаратура и при едни и същи условия, което дава възможност за по-коректна интерпретация.

2. В технологичен и организационен аспект отново на практика се потвърди целесъобразността от провеждането на наземни синхронни космически изследвания изобщо, в това число и от изследванията на светенето на високата атмосфера, с помощта на мобилен посетел на апаратурния комплекс.

3. По отношение на научната обезпеченост на експериментите бе доказана много по-голямата ефективност от използването на многоцелеви мобилни изследователски комплекси, какъвто е ПНСССИ. Това гарантира заедно с основните измервания да се измерват и регистрират едновременно и редица други съпътстващи параметри, което рязко повишава интерпретаторските възможности и ефекта на научното изследване.

4. С цел постигане на още по-голяма технологична и научна ефективност е целесъобразно включването на микропроцесорна система за първична експресна обработка на получаваните данни в реално време и на мястото на изследванията. Това дава възможност за оперативно управление и избор на оптимални режими (конфигурация и технико-експлоатационни характеристики на апаратурата, циклограми на работа и т. н.) в зависимост от конкретните условия и от получаваните данни.

5. Наложително е разработването на специално устройство, позволяващо на фотометъра да се върти във вертикална и хоризонтална равнина с възможност за точно фиксиране. В този случай с помощта на апаратурата

за определяне на местоположението се извършва първоначално установяване на това устройство. По този начин се осигурява насочването на обектива на фотометъра към всяка точка от небосвода с необходимата точност, за да се извърши препоръчаното в [7] сканиране от зенита към хоризонта.

Л и т е р а т у р а

1. Г о г о ш е в, М., К. С е р а ф и м о в. Първи резултати от измерванията на светелото на нощното небе над България. — Изв. на Геофиз. инст., XVII, С., БАН, 1971.
2. Проект „Шипка“. Техническа и експлоатационна документация на експеримент „Герма“. ИКИ—БАН, София, 1988.
3. Научна програма „България — 1300-II“. ЦЛКИ—БАН, София, 1980.
4. М а р д и р о с я н, Г. Кандидатска дисертация. ЦЛКИ—БАН, София, 1984.
5. М и ш е в, Д., Г. М а р д и р о с я н, Д. И н д ж е в а. Подвижна наземна станция за синхронни спътникови измервания. — Списание на БАН, XXVII, 1982, № 3.
6. Ж е к о в, Ж. Фотометрична апаратура за изследване на отделни спектрални линии в близката инфрачервена област от оптичния спектър. Научна сесия ВНАУ. Шумен, 1980.
7. Ф и ш к о в а, Л. М. Ночное излучение средноширотной верхней атмосферы Земли. Тбилиси, 1983.
8. Ionospheric yearbook 1988. Geophysical institute, Sofia, 1989.

Ground-based complex for the high atmosphere illumination under the “Shipka” program for the flight of the second Bulgarian cosmonaut

*G. H. Mardirosjan, D. P. Indjeva, J. S. Jekov,
D. H. Ivanova, K. D. Vulchev*

(S u m m a r y)

In the present work, a ground-based equipment complex for the high atmosphere illumination study has been described, developed specially for the “Shipka” program for the flight of the second Bulgarian cosmonaut. The technical and operation characteristics of the basic facilities are given. Presented herewith are also the corresponding geophysical parameters, measured synchronously and characterizing the specific experimental conditions.

On the basis of the conducted investigations and the results obtained some conclusions are drawn, as well as recommendations for the optimization of the technological and scientific efficiency of the ground-based synchronous space research via the mobile equipment.

Резултати от комплексното използуване на дистанционни методи в Предбалкана между реките Искър и Вит

Л. Ст. Филипов, Л. Филипова,
А. С. Дечева, Ц. Е. Стоянов

*Предприятие за геофизични проучвания и геолошко картиране,
1505 София*

Проведеното проучване се основава главно на дешифровките, извършени на КС* от системата „Союз — Солют“ в М 1:660 000 и “ERTS” в М 1:1 000 000 и на височинните АФС** от Ан-30 в М 1:133 000. На две площи бяха използвани и едромашабни АФС в М 1:38 000.

Разглежданият район обхваща северните части на Предбалкана, между долините на реките Искър и Вит.

В една или друга степен данни относно геологията и тектониката на областта намираме в публикациите на Атанасов [1], Бончев [2—5], Бончев, Карагюлева [6], Карагюлева [7,8], Минчев, Пиронков [9], Николов [10], Пиронков [11], Чешитев [12], Яранов [13].

Най-старите формации, достигнати и установени чрез сондажи при селата Реселец, Драшан и Беглеж, са триасът и юрата.

От долната креда са представени валанжинът, хотривът, баремът, апът и албът, като най-широко разпространение имат седиментите на апта.

В западните и източните части на областта широко са развити мастрихтските варовици. Палеогенските седименти изпълват Луковитското синклинално понижение. Разкритията на миоцена са съсредоточени в околностите на Червен бряг, а кватернерът е развит по речните долини и билните заравнености в северните отдели на района.

Проучената площ обхваща северните части на Искърско-Витското понижение в обсега на Предбалкана. От Същинския Предбалкан са застъпени

* Космически снимки

** Аерофотоснимки

източните крайнини на Белоградчишкия антиклинорий, на чийто фон са развити Мраморенската и Реселешката антиклинала, Габаревската, Камепополската и Карлуковската синклинала.

От западните части на Тетевенския антиклинорий е представено северното бедро, което се маркира от Бешовишката, Батулската и западните отдели от Микренската антиклинала.

Най-външната част на Предбалкана, която маркира границата му с лежащата на север Мизийска плоча, е представена от една сравнително тясна структурна ивица, в която са включени Марковата и Ракитската антиклинала. Според нас тук се вмести и Беглежката антиклинала като най-източен завършек на тази ивица.

Между описаните структури е добре оформено Луковитското синклинално понижение, изпълнено с палеогенски седименти. То е усложнено от няколко гънкови структури, от които по-характерни са Лазарстаневската и Орленската антиклинала, Дерманската и Катунешката синклинала.

Това комплексно проучване се основава на структурно-геоложкото дешифриране на КС и АФС, обобщаването на наличните геоложки и геофизични материали и провеждането на необходимия обем полеви работи. Първоначално са дешифрирани космическите снимки от спътници от системата „Союз — Солют“ и „ERTS“, на които бяха набелязани някои регионални нарушения и част от локалните структури.

Основната работа се проведе главно върху височинни АФС. На тях са фиксирани отделни литоложки комплекси, разломни нарушения, гънкови и локални кръгови структури. След този етап са проведени полеви целенасочени наблюдения за проверка на резултатите от дешифрирането.

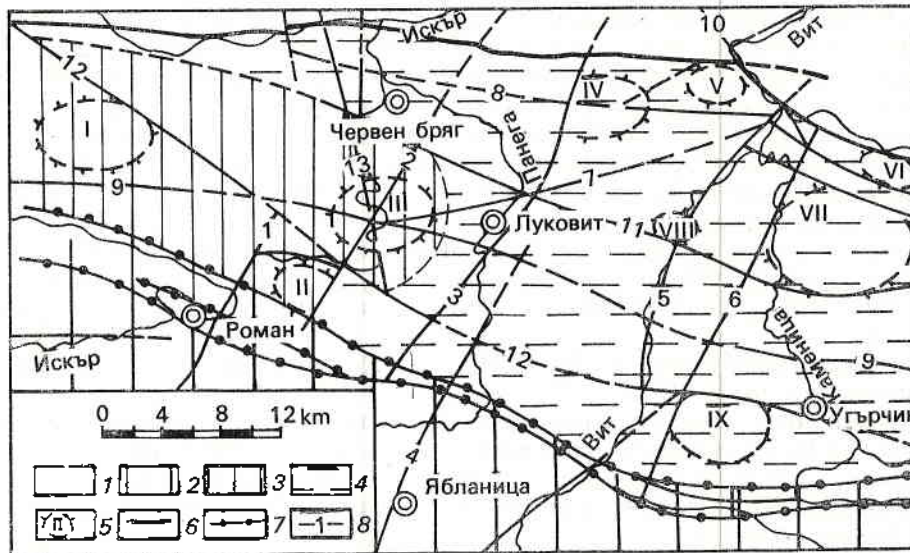
Накрая окончателно са съпоставени и интерпретирани получените резултати от дешифрирането и геолого-геофизичните данни, които почти напълно съвпадат. Въз основа на извършеното дешифриране на КС и АФС бяха получени някои нови данни за геологията и тектониката на изследвания район (фиг. 1).

Дешифровъчни признаци за литолого-стратиграфската подялба на скалните комплекси са фототопът на изображението, характерът на релефа, рисунката на ерозионното разчленение и плътността на растителната покривка. Тези характеристики са свързани с физичните свойства на скалите и положението им в профила, условията на залягане и общата физикогеографска обстановка. Разграничиха се от останалите формации глинесто-песъчливите и мергелните седименти на долната креда, плътните дебелопластови здрави варовици на мастрихта, палеогенските и неогенските седименти, които са изградени от пясъци, глини и мергели, долиннотерасният комплекс с кватернерна възраст, развит по поречията на реките и лъоса, и лъосовидните глини в северните части на района.

Гънковите структури се дешифрираха както по елементите на нагънатите пластове на кредата и палеогена, така и по рисунката на ерозионното разчленение и на други специфични признаци. Това даде възможност да се установят на КС и АФС местоположението и размерите на отделните антиклинали и синклинали, тяхната ориентировка и степента на разломяването от система тектонски нарушения.

Трябва да се отбележи, че на КС и АФС не всички гънкови структури се отличават ясно. Една част от тях са много добре изявиени — Карлуковска синклинала, Маркова и Бешовишка антиклинала, а други частично — дешифрираха се само отделни участъци от Червенобрежка синклинала и от Мраморенска антиклинала.

Важен признак, с помощта на който стана възможно да се отдели линеаментната мрежа в този район, е закономерното линейно разположение на отрицателните форми на релефа и резките понижения на склоновете, проследяващи се по прави или слабо огънати линии, които най-добре се виждат на КС и АФС. В много случаи линеаментите се дешифрират по характера на отделни участъци от речните долини. Понякога те са проявени на КС и АФС като прави ивици, по-тъмни или по-светли в сравнение с околния ги фототон, обусловени от резките локални изменения в хидрогеоложките и почвените условия, а във връзка с това и с характера на растителността в зоната на нарушението.



Фиг.1. Тектонска схема на части от Мизийската плоча и Предбалкана между долините на реките Искър и Вит по КС и АФС

1 — Мизийска плоча; 2 — Тетсвенски антиклинорий; 3 — Белоградчишки антиклинорий; 4 — преходна зона между Мизийската плоча и Предбалкана; 5 — локални кръгови структури (I — Дражанска, II — Карлуковска, III — Луковитска, IV — Ракитска, V — Садовецка, VI — Бегджка, VII — Бежановска, VIII — Ъгленска, IX — Лазарстаневска); 6 — Северопредбалкански разлом; 7 — Брестнишки разломен спон; 8 — главни линеаменти (1 — Малкоискърски, 2 — Провъртенишки, 3 — Петревенски, 4 — Ябланишки, 5 — Витски, 6 — Бежановски, 7 — Луковитски, 8 — Червенобрежки, 9 — Каменополско-Дермански, 10 — Садовецки, 11 — Драгански, 12 — Дражанско-Угърчински, 13 — Реселешки)

Анализът на линеаментите, които могат да се приемат като разломи, показва, че те се групират в пет системи (фиг. 1): Твърдишка (30—40°) — Малкоискърски, Провъртенишки, Петревенски, Ябланишки, Витски и Бежановски линеамент; Ябланишка (70°) — Луковитски линеамент; Балканидна (90—100°) — Северопредбалкански и Брестнишки разломен спон, Червенобрежки и Каменополско-Дермански линеамент; Берковска (120—130°) — Садовецки, Драгански, Дражанско-Угърчински линеамент; Меридионална (10—15°) — Реселешки линеамент.

Наред с тези по-големи линеаменти на височинните и едромасщабните АФС се наблюдават линеаменти от по-висок порядък.

Основни в района са линеаментите от Балканидната и Твърдишката система.

В процеса на дешифрирането на КС и АФС са отделени всички локални обекти с кръгова и изометрична рисунка. Преди всичко се обърна внимание на характера на фотоизображението на хидрографската мрежа като главен признак за изява на структурите. На АФС участъците, които изпитват възходящи неотектонски движения, се отличават с по-голяма гъстота и разчленение на доловете и с увеличение на вреза във връзка с изменение базиса на ерозията. Местата, претърпели незначително издигане, са със слабо връзани долове, с полегати водоразделни била, докато по-активно издигащите се участъци се дешифрират по стръмните склонове. Като най-добри индикатори за набелязване на локални структури послужиха кръговата и елипсовидната рисунка в плана на речната мрежа, колесообразните извивки на реките, които „обтичат“ локалните структури, радиалното разчленение на доловата и овражната мрежа и центробежната им ориентираност. Когато локалните структури са изградени на повърхността от устойчивите седименти на горната креда, отговарят на положителни форми на релефа и най-често представляват неголски полегати възвишения (Садовецка, Ракитска, Бежановска локална структура).

След съпоставяне на резултатите от дешифрирането на локалните структури с геолого-геофизичните материали се установява пространствена корелация между дешифрираните обекти и особеностите на геофизичните полета.

При дешифрирането на КС и АФС са набелязани девет локални кръгови структури (фиг. 1):

Драшанска локална структура. Фиксира се в северозападните части на района по КС и АФС на фона на северното бедро на Мраморенската антиклинала. Сводовата част на структурата е изградена от меките глинесто-песъчливи скали на долната креда, което обуславя пониженията на релефа в темнените ѝ части.

Карлуковска локална структура. Установена е при дешифрирането на КС, височинни и едромашабни АФС на югозапад от Карлуково. По характер на фотоизображението тя представлява кръгова, изтеглена в посока изток—запад структура. На юг се ограничава от линеамент с посока 100° .

Луковитска локална структура. Установена за първи път, тя се дешифрира ясно както на КС, така и на височинните и на едромашабните АФС западно от Луковит. Структурата има елипсовидна форма, изтеглена в посока изток—запад и ориентировка на оста 90° . На снимките много добре са очертани западната и източната периклинала на структурата, като наклоните на пластовете, изградени от мастрихтски варовици, варират от 8 до 20° . Луковитската локална структура е тектонски нарушена от Реселешкия, Луковитския, Камепополско-Дерманския и Провъртенишкия линеамент, които усложняват строежа ѝ.

Ракитска локална структура. Фиксира се източно от с. Радомирци и има непълно елипсовидна форма, отсечена от запад от Петревенския линеамент. Дължината ѝ е около 6 km, а ширината към 4,5 km и е леко изтеглена в посока изток—запад. Проявена е на фона на западния край на Ракитската антиклинала.

Описваната локална структура не е очертана на КС, но е ясно изявена на височинните АФС като позитивна морфоструктурна единица, отличаваща се с характерно фотоизображение и добре изразен петнист фототон. Структурата е нарушена от няколко системи линеаменти, но от значение за ней-

ното оформяне и развитие са Петревенският, отсякъл западната ѝ част, и Червенобрежният, който я ограничава от юг.

Садовецка локална структура. Намира се непосредствено южно от с. Садовец и западно от долината на р. Вит и има кръгова, почти изометрична форма с дължина 4 km и ширина около 3,5 km. Отбелязана е при нашите проучвания на фона на източния край на Ракитската антиклинала и е оформена изцяло в карбонатните седименти на мастрихта. Установява се както на КС, така и на АФС, като конфигурацията на хидрографската мрежа е неясно радиално оформена. Целостта на описаната структура е нарушена от система линеаменти, от които преобладаващи се тези с посока северозток—югозапад. От север е ограничена от Северопредбалканския, а от юг-югозапад от Червенобрежния разлом.

Беглежка локална структура. На КС се дешифрира като кръгова аномалия, очертана по лъчистото разположение на доловата мрежа, а на височинните АФС освен това личи и силно разчлененият релеф. Структурата е разположена на юг-югоизток от с. Беглеж и обхваща площ около 5 km². Притежава изометрично елипсовидна конфигурация. От север и от юг е ограничена от линеаменти.

Бежановска локална структура. Оконтурена е както на КС, така и на височинните АФС между селата Драгана, Бежаново и Катунец по радиалното разположение на доловата мрежа. Тя е с изометрично-елипсовидна конфигурация, с посока на оста 100°. Целостта ѝ е нарушена от гъста мрежа от разломи и е ограничена от тектонски нарушения, които обуславят нейния хорстовиден характер.

Ъгленска локална структура. Структурата е разположена при с. Ъглен от двете страни на долината на р. Вит. Има елипсовидна форма с дължина около 4,5 km и ширина 2,5 km. Изтеглена е в посока северозапад—югоизток (около 130—140°) и е оформена във варовиците на мастрихта. Не се установява по КС, но ясно се очертава на АФС като позитивна морфоструктурна единица. Конфигурацията на хидрографската мрежа е радиална.

Лазарстаневска локална структура. Установена е между Лазар Станево и Угърчин. Има елипсовидна конфигурация — дължина около 6,5 km и най-голяма ширина 4 km. Проявена е на фона на Лазарстаневската антиклинала и леко е изтеглена в посока запад—изток. Дешифрира се както на КС, така и на височинните АФС. Има ясно изразен релеф, силно ерозионно разчленение, своеобразно радиална ориентировка и дендритовидна рисунка на хидрографската мрежа. Особено ясно изразен е ивичестият тъмносив дочерен фототон по приточно-доловата мрежа, дължащ се на сгъстената растителна покривка. От северозток тя е ограничена от Дерманския, а от запад-северозапад — от Бежановския линеамент.

Описаните локални структури са оформени в горнокредния структурен план. Най-често те се ограничават на фона на някои от по-големите гънкови антиклинални структури, като подчертават техния сложен тектонски строеж. Особено това се отнася за Ракитската антиклинала, която е усложнена от две локални структури.

Някои от разглежданите структури, като Драшанската, Ракитската, Садовската и Беглежката, при извършените сеизмични проучвания са потвърдени по отразяващ хоризонт на триаса. По него са оконтурени също така източната периклинала на Луковитската и западната периклинала на Беглежката локална структура.

Многообразието на проявилите се тектонски процеси може би е резултат на взаимодействия, породили се в периклиналните части на Белоград-

чишкия и на Тетевенския антиклинорий, които са били подложени и на въздействието на напречното Искърско-Витско понижение.

Този район е интересен и по отношение търсенето на нефтоносни проявления — Велев и др. [14], Калинко и др [15], Филипов и др. [16, 17]. На запад от него е установено Чиренското газокондензатно находище, на север, в непосредствена близост се намират Горно- и Долно-Дъбнишките нефтоносни структури, а на изток — Деветашкото газово месторождение. Освен това е установено газопроявление в долната юра от Беглежката структура.

Описаните данни ни дават основание да смятаме, че не е изключено в областта да съществуват локални структури, които да са благоприятни за акумулация на нефт и газ. В това направление интерес представляват установените от нас Луковитска, Бежановска, Ракитска, Садовецка и Тъгленска локална структура.

Л и т е р а т у р а

1. Атанасов, А. Закономерности в строежа и нефтогазоносността на Северна България. I част. — Сп. Бълг. геол. д-во, 34, 1973, № 3, 247—271.
2. Бончев, Е. Върху един пояс на отседно разломяване, разположен косо на Балканите. — Изв. Геол. инст. БАН, 6, 1958, 1—11.
3. Бончев, Е. Проблеми на българската геотектоника. С., Техника, 1971, 55—65, 114—139.
4. Бончев, Е. Северната граница на Предбалкана. — В: Тектоника на Предбалкана. С., БАН, 1971, 57—59.
5. Бончев, Е. Гънково-блокова ивица Владимирова—Ракита. — В: Тектоника на Предбалкана. С., БАН, 1971, 68—72.
6. Бончев, Е., Ю. Карагюлева. Въпроси на тектониката на Предбалкана. — Изв. Геол. инст. БАН, 10, 1962, 119—156.
7. Карагюлева, Ю. Зони на напречно понижаване и разкъсване в Предбалкана. — Труд. върху геол. на България, сср. страт. и тект., 3, 1961, 275—290.
8. Карагюлева, Ю. Северна ивица на Предбалкана — Среден дял Луковитско—Търновски. — В: Тектоника на Предбалкана. С., БАН, 1971, 72—77.
9. Минчев, Д., П. Пиронков. Върху тектониката на Предбалкана в поречието на Искъра. — Год. Соф. унив., Биол.-Геол. Геогр. фак., 54, 2, Геология, 1961, 347—364.
10. Николов, Т. Върху геоложкия строеж и нефтогазоносната перспективност на Северна България. — Изв. Геол. инст. БАН, 9, 1961, 305—335.
11. Пиронков, П. Структури в Мраморенско-Камснополската част на Белоградчишкия антиклинорий. — В: Тектоника на Предбалкана. С., БАН, 1971, 192—197.
12. Чешитев, Г. Луковитско синклинално понижение. — В: Тектонски строеж на България. С., Техника, 1971, с. 330.
13. Яранов, Д. Тектоника на България. С., Техника, 1960, 117—124.
14. Велев, В., Л. Додекова, С. Вълчева. Тектоника на Централна Северна България и поречието на р. Искър и р. Вит с оглед търсенето на нефт и газ. — Сп. Бълг. геол. д-во, 24, 1963, № 3, 263—274.
15. Калинко, Н. К. (ред). Геология и нефтегазоносность Северной Болгарии. М., Недра, 1976, с. 233.
16. Филипов, Л., Л. Микова, А. Дечева, Ц. Стоянов. Нови сведения за тектониката на части от Предбалкана и Мизийската плоча, между долините на р. Вит и р. Росица, по данни от космически и аерофотоснимки. — Год. КГ, 23, 1980, 157—164.
17. Филипов, Л., [Л. Филипова], А. Дечева, Ц. Стоянов. Прилагане на дистанционни методи при търсене на локални кръгови структури в южната част на Централна Северна България. — Год. КГ, 24, 1983, 87—94.
18. Кац, Я. Г., А. Г. Рябухин, Д. М. Трофимов. Космические методы в геологии. М., МГУ, 1976, с. 247.

Results of all-round use of long-distance
methods in the Forebalkan between rivers
Iskar and Vit

L. S. Filipov, [L. Filipova], A. S. Decheva, Ts. E. Stojanov

(S u m m a r y)

A study has been carried out in the Forebalkan between the rivers Iskar and Vit based on the structural-geologic decyphering of CI from the "Sojuz-Salyut" and "ERTS" system and the altitudinal APhI from an An-30 aircraft.

On the basis of the decyphering, comparison and interpretation of the obtained results with the present geological and geophysical data new data were obtained for the geological structure of that region of Bulgaria.

The lineaments analysis shows that grouping into five systems can be made, i. e.: Tvarditsa (30-40°), Jablanitsa (70°), the Balkan area (90°-100°), Berkovitsa (120-130°), Meridional area (10-15°). The obtained lineaments can be accepted as tectonic breakages from different order. For that region the lineaments from the Balkan and Tvarditsa systems are basic.

Nine local structures are mapped out mainly in the upper Cretaceous period structural plan in the areas of Drashansko, Karlukovo, Lukovit, Rakitovo, Sadovets, Beglesh, Bezanovtsi, Uglen, Lazar Stanevo. Usually they are outlined on the background of the larger folds of the anticlinal structures.

The variety of the tectonic processes might be a result of the interactions in the Belogradchik and Teteven anticlinoria periclinal areas subjected to the impact of the cross-bedding Iskar-Vit fall.

The proximity of the gas-condensing areas near Chiren and Develeshko and the oil fields near Gorna Dubnitsa and Dolna Dubnitsa gives grounds to assume that some of the local circular structures are favourable for the accumulation of oil and gas. In that respect, the local circular structures of Lukovit, Rakitovo, Sadovets, Bezanovo and Uglen might prove to be of interest.

Система за визуализация на телеметрична информация от космически експерименти

Е. Т. Цветков

Институт за космически изследвания, БАН

В статията е представена система за визуализация на телеметрични данни от космически експерименти, която е реализирана в ИКИ—БАН. Системата включва следните технически средства: мини-електронно изчислителна машина (МЕИМ), паралелен адаптер, запамятаващо устройство на магнитна лента с плътност на записа 800 byte/in и цветен графичен дисплей (ЦГД) — собствена разработка.

Разработен е комплекс от програми за визуализация на телеметричната информация, която постъпва в ИКИ—БАН, в различни формати. Програмите са направени интерактивни — в процеса на визуализация експериментаторът може да се намесва като:

- избира и променя необходимите телеметрични канали за визуализация;
- избира режим за визуализация;
- избира вида на изображението с възможност за разместване и свиване на отделните графики по ординатата;
- избира оцифроване на показанията върху конзолата или извеждане върху твърд носител.

Предвид необходимостта от голяма скорост за извеждане на данните, съчетана с управлението на нестандартно периферно устройство (ЦГД), програмите са написани на асемблерния език на МЕИМ и се разполагат в паметта във вид на абсолютни модули. Всички програми използват 7 буфера от по 256 byte, в който се подготвя информация за подаване към ЦГД.

Разработени са следните програми:

- програма за визуализация на телеметричната информация след етапа на предварителна обработка — с формирани приборни сеанси;
- програма за визуализация на телеметричната информация, получавана от система за предаване на данни по пряк телефонен канал

(тук се включват възможности за презапис на информацията и подготовката ѝ във формат, съгласуван със следващите етапи на обработка);

- програма за визуализация на телеметричната информация преди етапа на предварителната обработка (тук в МЕИМ се извършват елементи на предварителната обработка — възстановяване на кадровата структура, проверка на достоверността и пр.).

Приборните сеанси имат следния формат. Телеметричните показания за различните сеанси са разположени в отделни файлове, първият запис от всеки файл е справочна зона, а следващите записи са информационна зона. Записите са с променлива дължина. В справочната зона се включва информация за броя кадри в информационната зона, номера на сеанса, кода на обекта, времето на начало и край на сеанса, режима на работа на запомнящото устройство. Следват номерата на телеметричните канали, включени в приборния сеанс. В информационната зона телеметричните показания са кодирани двоично. Телеметричните показания за различните кадри се разделят от маркер на кадъра, в който се указва, дали след него ще има наземно, бордово време или направо ще следват телеметричните показания за отделните канали.

Данните, получавани по телефонен канал, имат описаното по-горе съдържание, но са записани в блокове във връзка с изискванията на системата за предаване на данни. Преди всеки логически запис се добавят служебни байтове за характера на записа в блока и дължината на записа или частта от записа в блока.

Данните от опсративни магнитни ленти, които постъпват за обработка, могат независимо от предварителната обработка да бъдат директно визуализирани чрез цветния графичен дисплей. Данните имат следния формат: първият запис е информационна зона, а следващите — информационни блокове. В справочната зона се съдържа информация за кода на обекта, режима на работа на запомнящото устройство, номера на сеанса, дискретността на датчика за бордово време. Следват информационните блокове — последователност от показанията на отделните телеметрични канали.

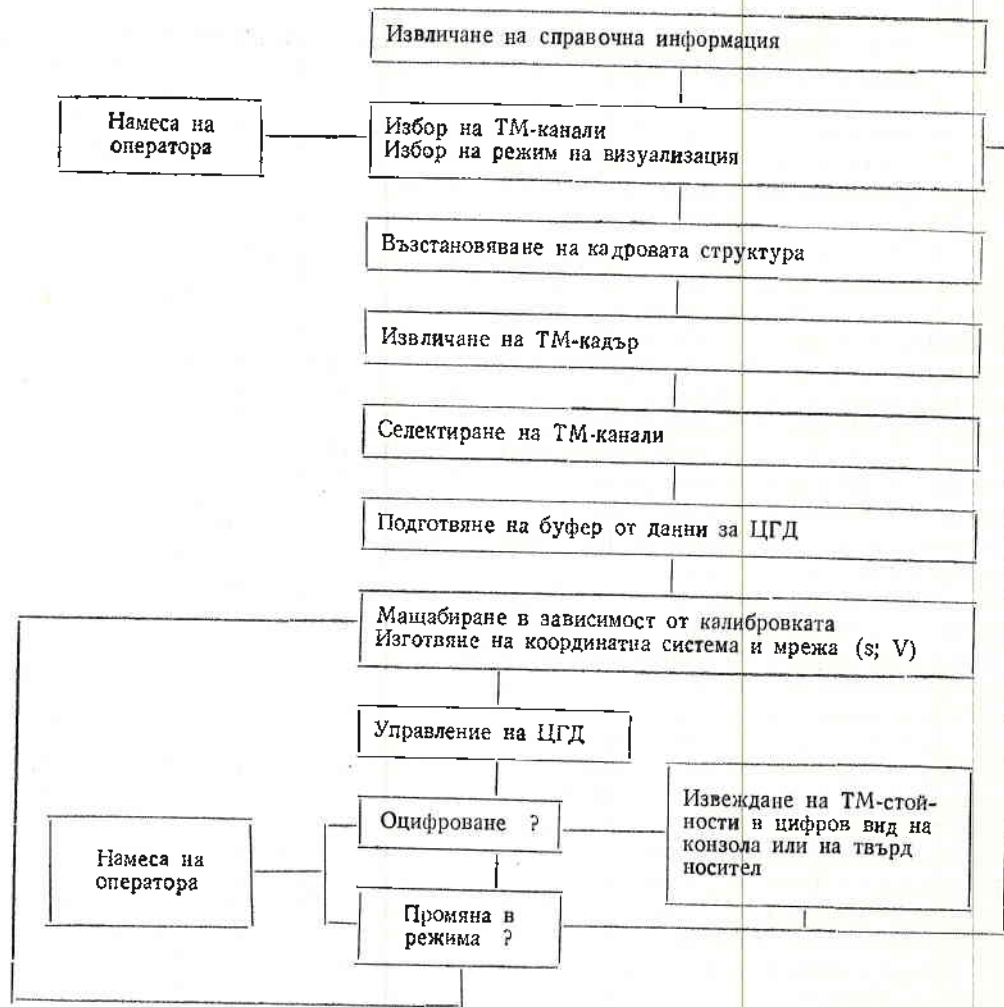
Върху един екран на ЦГД могат да се изобразят с различен цвят от една до седем графики. На всяка от тях се представя последователността от телеметричните показания на даден телеметричен канал или на няколко (до 8) телеметрични канала, по които се измерва една и съща величина (за паралелни канали).

Потребителят може да получи оцифрованите телеметрични стойности върху конзолата или на печатащото устройство. За по-голяма нагледност видът на изображението може да бъде променен — различните графики могат да бъдат показвани или върху обща координатна система, или върху различни координатни системи, разместени и свити по ординатата.

Програмите са направени самообясняващи се — върху конзолата, когато е необходимо, се появяват надписи, които показват на потребителя възможностите му за намеса в процеса на визуализация.

Най-общо програмите за визуализация на телеметричната (ТМ) информация са описани в блоковата схема, показана на фиг. 1.

Представената система дава на потребителя на телеметрична информация възможност за бърз и удобен достъп до данните. Това удобство е от съществено значение, от една страна, в етапа на оценка на работоспособността на приборите, от друга страна, при пълната обработка дава възможност за оценка на информацията и съответна избирателност и оперативна намеса в процеса на обработка.



Фиг. 1

Едно перспективно развитие на представената система е чрез използването вместо на МЕИМ на персонален компютър със съответни периферни устройства, което би дало възможност за изграждане на автоматизирано работно място за физика експериментатор или за приборостроителя.

Telemetric data visualization system from space experiment

E. T. Tsuetkov

(S u m m a r y)

Telemetric data visualization is a stage in space experiments data processing that estimates the apparatus efficiency and the information in connection with the operative influence in further data processing.

In the present work, a telemetric data visualization system built up on the basis of contemporary technical devices — color graphics display — is described. The technical and program devices and the potentialities of the system in regards to the experimentator are considered.

Ефективен импулсно-резонансен токозахранващ източник с широка област на приложение

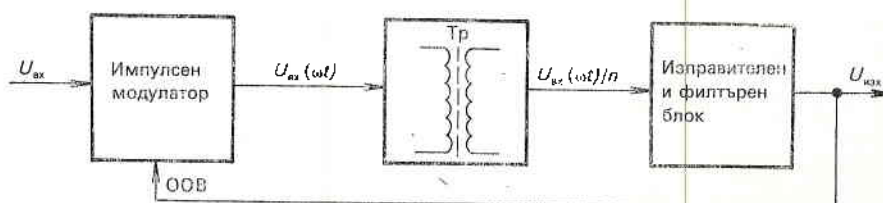
А. Г. Генчев

Централна лаборатория за специализирани датчици
и системи, БАН

В съвременната техника импулсните токозахранващи устройства заемат все по-широка сфера, измествайки класическата линейна токозахранваща техника само в тесен кръг специфични приложения. Създаването се голямо разнообразие от базови схеми на импулсната токозахранваща техника най-общо се разделя в две големи групи:

— Устройства с импулсно преобразуване на електрическата енергия в преобразувателния модул. Такива са добре известните понижавачи, повишавачи и инвертиращи преобразуватели, изолирани еднотактни и двутактни преобразуватели и др. [2, 3].

— Импулсни токозахранващи устройства със синусоидна форма на напрежението или тока в преобразувателния модул. През последните години бе разработена теорията и практическото приложение на разнообразни типове резонансни и квазирезонансни преобразуватели [4, 5 и 6].



Фиг.1. Обобщена блокова схема на известните импулсни регулатори на напрежение

Обобщената блокова схема на известните импулсни регулатори на напрежение е показана на фиг. 1.

Входното нестабилизирано постоянно напрежение, подадено към токозахранващото устройство, се преобразува от импулсен модулатор в импулсно напрежение $U_{вх}(\omega t)$, което след трансформиране (или запасяване на енергия при неизолирани регулатори) се изправя и филтрира от изходен блок, като резултира в постоянно и стабилизирано изходно напрежение за определен изходен диапазон на натовареност. В зависимост от типа на токозахранващото устройство въведената обратна връзка може да въздейства върху коефициента на запълване на работното импулсно напрежение или върху работната му честота. Разбира се, при честотно-импулсна модулация съществува едновременна промяна и на двата параметъра, като приведенният коефициент на запълване остава определящ.

Правоъгълното напрежение $U_{вх}(\omega t)$ се представя с израза

$$U_{вх}(\omega t) = U_{вх} \gamma + \frac{2U_{вх}}{\pi} \sum_{n=1}^{n=\infty} \sin(\gamma\pi) \cos(n\omega_0 t),$$

където γ е коефициентът на запълване на правоъгълните импулси и представлява отношение между времето на включено състояние на импулсния ключ на модулатора и периода на повторение на импулсите; n е номерът на хармоничното напрежение.

От горния израз се вижда лошото използване на енергийния спектър, характерно за двете основни групи импулсни токозахранващи устройства. Така импулсните устройства със синусоидно прехвърляне на енергия използват само първи хармоник на правоъгълното напрежение

$$U_{вх}(\omega_1) = \frac{2U_{вх}}{\pi} \sin \pi\gamma \cos \omega_1 t,$$

като максималната амплитуда на първи хармоник е при коефициент на запълване $\gamma = 0,5$;

$$U_{вх}^{\max}(\omega_1) = \frac{2U_{вх}}{\pi} \sin \pi\gamma = 0,63U_{вх}.$$

Максималната мощност на импулсния модулатор се определя от захранващото напрежение и допустимия ток на превключване I_0^{\max} , която при коефициент на запълване $\gamma = 0,5$ е

$$P_{ген}^{\max} = U_{вх} I_0^{\max} / 2,$$

а максималната амплитуда на входния ток, отнесена за първи хармоник, е

$$I^{\max}(\omega_1) = \frac{2I_0^{\max}}{\pi} \sin \pi\gamma = 0,63I_0^{\max},$$

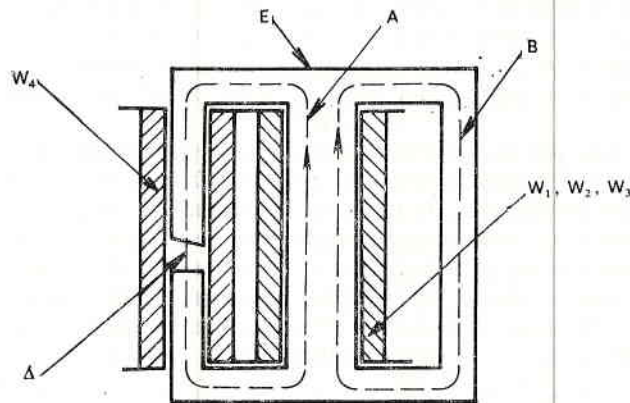
следователно максималната мощност, която е възможно да бъде предадена към товара, е

$$P_{г}^{\max} = \frac{U_{вх}^{\max}(\omega_1) I^{\max}(\omega_1)}{2} = 0,405 P_{ген}^{\max}.$$

Или, казано с други думи, при синусоидно преобразуване се използва само част (40,5%) от мощностния ресурс на импулсния модулатор в най-благоприятния случай.

От друга страна, токозахранващите устройства с импулсно преобразуване на електрическата енергия се ограничават само с използването на постоянната съставна на импулсната поредица. Процесът на филтриране в из-

тежава две магнитни вериги А и В с различно магнитно съпротивление поради липсата на въздушна междина за верига В и наличието на въздушен процеп Δ за магнитна верига А. На средното ядро са поставени намотки W_1 , W_2 и W_3 , а на крайната част, обхваната от магнитна верига А, е поставена намотка W_4 .



Фиг.3. Схема на преобразователния трансформатор

Напрежението, получено от намотка W_3 , носи същия характер, както изходното напрежение на модулятора поради характера на магнитна верига В. След изправяне и филтриране от ИФБ1 на първи изход се получава постоянно напрежение, зависещо от коефициента на запълване на импулсното напрежение по закона за регулиране на стандартния прав преобразувател.

Процесите в магнитна верига А обаче носят друг характер. Магнитното съпротивление, въведено от въздушния процеп, заедно с приложения паралелен кондензатор C_2 в изходна намотка W_4 привеждат схемата на този клон от трансформатора до последователен LC кръг, където натовареността на втори изход представлява товарно съпротивление R_T , паралелно на изходния кондензатор C_2 (респективно C_2 , тъй като C_1 има само развързваща функция). Изходното напрежение на намотка W_4 е синусоидно

$$U_{W_4} = \frac{2U_{вх}}{\pi n_1} \sin \pi \gamma \cos \omega_1 t,$$

където $n_1 = W_4/W_2$ е преводното отношение на трансформатора за магнитна верига А. След изправяне и филтриране от блок ИФБ2 се получава постоянно изходно напрежение, равно на ефективната стойност на променливото напрежение (ако не отчитаме загубите при изправяне и филтриране)

$$U_{изх. 2} \cong \frac{2U_{вх}}{\pi \sqrt{2} n_1} \sin \pi \gamma.$$

Усилвателят на грешка УГ1 взема информация за стойността на постоянното на първи изход посредством сравняване с напрежението на ИОН, като въздейства върху коефициента на запълване съгласно със закона на регулиране. Другият усилвател на грешка УГ2 следи второто изходно напрежение и въздейства върху честотата на задаващия генератор, като я повишава при намаляване на натовареността и обратно. Трябва да се допълни, че изходното напрежение на втори изход зависи не само от често-

тата, а и от натовареността му или, което е същото, от качествения фактор на LC кръга, съставен от кондензатор C_2 и индуктивността на намотка W_4 на трансформатора. Крайният израз за изходното напрежение е

$$U_{\text{изх. 2}} = \frac{2U_{\text{вх}} Q \sin \pi \gamma}{\pi \sqrt{2} n_1}.$$

Естествено веднага възниква въпросът за влиянието на двата независими канала един на друг. Може да се каже, че доколкото честотата на преобразуване не е определяща за закона на регулиране на първи изход, то нейното изменение в известни граници няма да промени параметрите на този канал.

При втория резонансен канал положението е различно. От една страна, при промяна на натовареността на този канал честотата на преобразуване се променя от основната до няколко пъти по-висока, от друга, възбуждането на принудени колебания зависи и от определения коефициент на запълване от закона на регулиране на първи изход. При това положение може ли да бъде определено и гарантирано стабилно напрежение на втори изход и при какви условия? Отговорът е положителен при следните условия:

— Коефициентът на трансформация за магнитна верига В трябва да бъде винаги по-малък от този за магнитна верига А, или $\frac{W_3}{W_1} < \frac{W_4}{W_2}$, за да бъде изпълнено неравенството:

$$\frac{U_{\text{вх}} \gamma}{n_0} < \frac{2U_{\text{вх}} \sin \pi \gamma}{\pi \sqrt{2} n_1},$$

взето за равни изходни напрежения $U_{\text{изх. 1}}$ и $U_{\text{изх. 2}}$.

— Коефициентът на запълване γ да бъде ограничен до максимална стойност 0,5 при използване на първи хармоник и до максимална стойност 0,19 при използване на трети хармоник в резонансната верига на втори изходен канал.

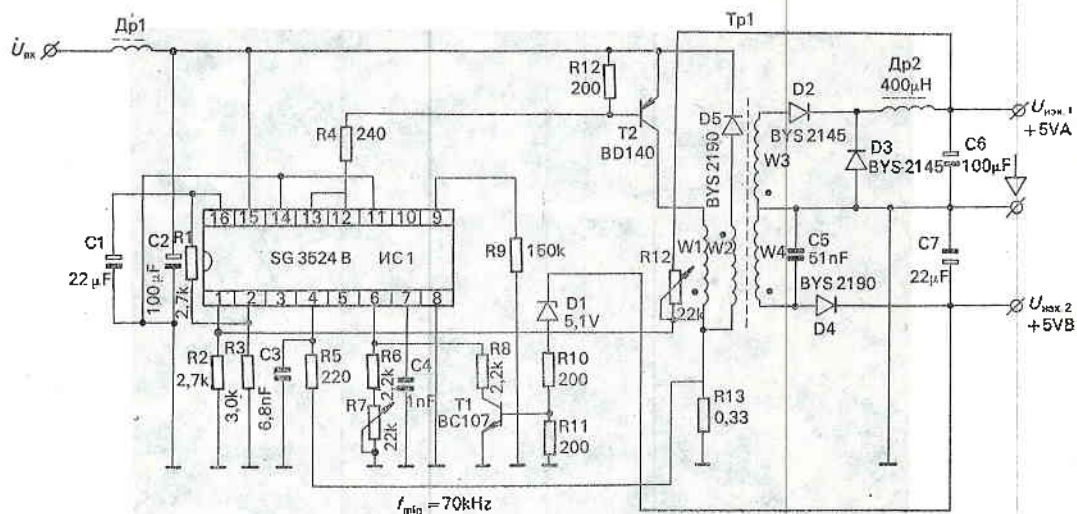
Препоръчително е съотношението на коефициента на трансформация n_1 към коефициента n_0 да бъде със стойност 2 до 3 при равни изходни напрежения.

Въз основа на направените разглеждания бе създаден действащ макет на преобразувател от този вид, чиято принципна схема е показана на фиг. 4. Използван бе контролер за импулсни токозахранващи устройства тип SG 3524 в стандартното му приложение за обезпечаване на управлението и стабилизацията по първия канал на преобразувателя. Този канал е с конфигурация на прав преобразувател и съдържа в изходната си част диоди D2 и D3, дросел Др2 и филтров кондензатор С6.

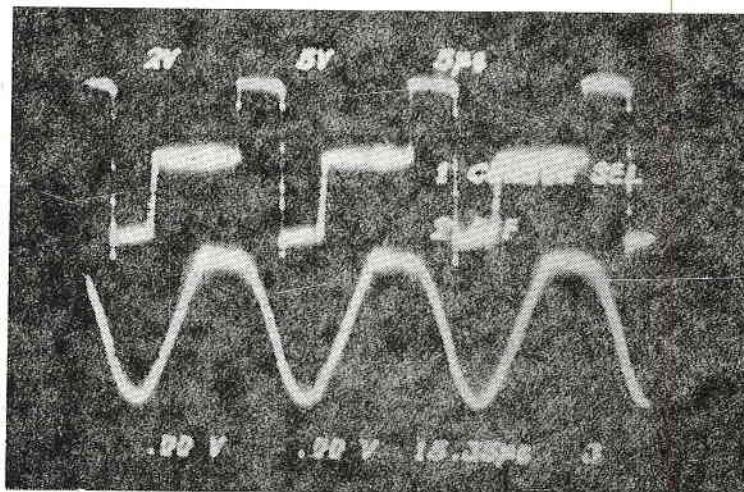
Вторият канал е квазирезонансен и осигурява второ изходно напрежение. Той съдържа резонансен кондензатор С5, който заедно с индуктивността на намотка W4 образува трептящ кръг с честота, равна на честотата на импулсния контролер, определена с резистори R6 и R7 и кондензатор С4. Въвведената обратна връзка с диод D1 и транзистор T1 обезпечава повишаване на честотата на преобразуване и по двата канала с цел регулиране на изходното напрежение на втори канал чрез изместването на честотата на принудените колебания, създавани от импулсния модулатор спрямо собствената честота на колебания във втори канал на преобразуване.

Експерименталната реализация потвърди очакваните резултати от направените разглеждания и инженерния разчет. На фиг. 5 са илюстрирани формата на колекторното напрежение на транзистор T2 (горе) и формата на

синусоидното напрежение на кондензатор C5^{*}(долу). На фиг. 6 са показани формата на колекторния ток на транзистор T2 (горе) и формата на тока през диод D4 (долу). Кривите са заснети при следните условия: товарен ток на първи изход — 500 mA; товарен ток на втори изход — 50 mA; входно нестабилизирано напрежение — 30 V.



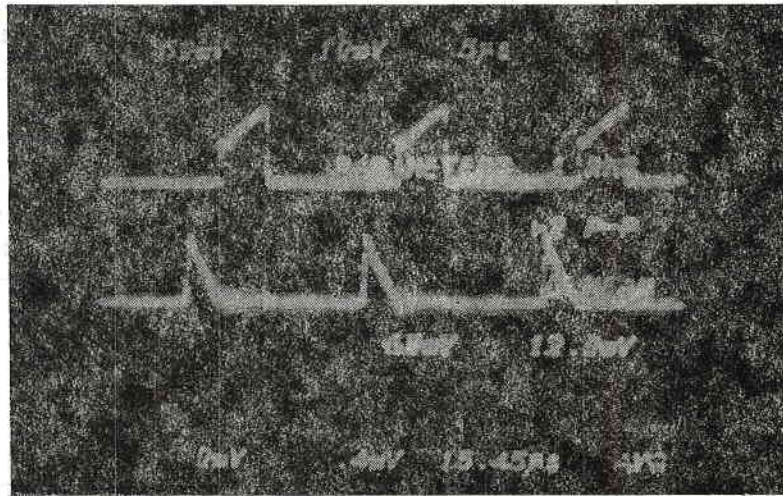
Фиг.4. Принципна електрическа схема на преобразувателя



Фиг.5. Форма на колекторното напрежение на транзистор T2 и форма на синусоидното напрежение на кондензатор C5

Направени бяха измервания за установяване на степента на взаимно влияние на двата канала. Измерванията за влиянието на натовареността на първи канал върху изходните характеристики на втори са показани в

табл. 1, а обратното влияние е показано на табл. 2. Ясно се вижда незначителното влияние на резонансия канал върху характеристиките на основния импулсен канал. Обратното за съжаление не е същото. Вижда се (табл. 1), че при намаляване на консумацията по основния канал под 10% от номиналната ѝ стойност се губи стабилизация по втория канал, особено ако той



Фиг.6. Форма на колекторния ток на транзистор T2 и форма на тока през диода D4

Таблица 1

Влияние на натовареността на първи канал върху изходните характеристики на втори канал ($I_{изх. 2}$, V) при $U_{вх}=30$ V

$I_{изх. 2}$, mA	$I_{изх. 1}$, mA							
	25	50	100	200	300	400	500	1000
0	5,182	5,216	5,245	5,242	5,244	5,248	5,249	5,239
10	4,267	5,168	5,230	5,232	5,235	5,235	5,238	5,236
25	2,79	4,487	5,193	5,196	5,198	5,200	5,203	5,208
50	1,560	2,574	5,027	5,071	5,051	5,055	5,058	5,087

е натоварен максимално. Това съответства на направените разглеждания и се дължи на понижаването на работния коефициент на зареждане по първи канал, а оттам и възможната изходна мощност по втори канал. Така експериментално бе потвърдено, че вторият квазирезонансен канал по степен на максимална натовареност може да бъде само неколкостранно помаломощен от основния канал. Този факт съответства на съществуващото състояние на общоприложимата радиоелектронна апаратура-потребител, където аналоговата част винаги консумира по-малко от цифровата електроника.

В заключение може да се каже, че направените разглеждания представят създаването на ефективен импулсно-резонансен токозахранващ модул

Таблица 2

Влияние на натовареността на втория канал върху изходните характеристики на първи канал ($U_{\text{изх. 1}}, V$) при $U_{\text{вх}}=30 V$

$I_{\text{изх. 1}},$ mA	$I_{\text{изх. 2}},$ mA				
	0	10	25	50	късо съединение
25	5,147	5,137	5,136	5,136	5,134
50	5,121	5,120	5,116	5,117	5,115
100	5,095	5,091	5,088	5,087	5,088
500	5,079	5,077	5,076	5,076	5,076
1000	5,068	5,063	5,065	5,065	5,066

в обобщен вид. Могат да бъдат направени подобни разглеждания и за всякакъв тип импулсни преобразуватели като конкретна основа за първи канал на импулсно-резонансни преобразуватели. Интерес представлява изследването на този нов тип комбинирани преобразуватели в статичен и в динамичен режим съобразно конкретна приетата топология.

Литература

1. Генчев, А. Преобразувател на мощност. Авт. свидетелство № 6257/21. XII. 1988.
2. Fressman, A. Switching and Linear Power Supply. Hydn Book Co., 1977.
3. Switched Mode Power Supply. MBL, 1980.
4. Jovanovic, M. M., W. A. Tabisz, F. C. Lee. Zero-Voltage-Switching Technique in High-Frequency Off-Line Converters. — IEEE—PESC, 1988, 23-32.
5. Temkin, D., U. Carlsson, G. Dakermanji. Development of a Multiple Output Resonant Converter for Space Applications. — IEEE—PESC, 1988, 235-242.
6. Liu, K., R. Oruganti, F. C. Lee. Quasi-Resonant Converters — Topologies and Characteristics. — IEEE Trans. Power Electronics, 1987, 167-181.

An effective pulse-resonance power source with wide field of application

A. G. Genchev

(Summary)

The presence of two main groups of electric power users in the field of the contemporary radioelectronics is discussed. The problems of the analog digital electronics electric feed from modern power sources are examined. Subsequently the degree of the pulse modulator and the pulse voltage energy spectrum usage for the low classes of pulse and resonant power sources is discussed. For the purpose of the simultaneous use of the first harmonic energy and the constant pulse series constituent, a pulse-resonance power source is offered with two independent stabilized output voltages. The structure and function of the transformer representing an integrated magnetic component has been discussed, as well as the functions and the interdependence of the two transformer output channels. Practical realization of the developed transformer prototype is presented, as well as the results of the two channels interdependence measurements. The operation of the scheme and the prototype are illustrated by photos of the oscillograms of the operating currents and voltages. In conclusion, recommendations are given for the development of that type of complex transformers.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The Aerospace Research in Bulgaria series publishes original articles in the theoretical or applied fields of the space and aviation science and practice.

Submission:

The articles should be submitted in duplicate in Bulgarian, Russian or English language. The Bulgarian authors should also supply a Bulgarian version for verification of the translation.

● Manuscripts (including the tables and references) should not exceed 15 standard pages (30 lines per page, 60 strokes per line) typed on white non-transparent paper in standard office format (210×295).

● Each article should be accompanied with a summary (up to 30 lines) in Bulgarian, also in duplicate.

Conditions:

The articles should not be published, neither submitted for publication elsewhere.

All manuscripts are subject to editorial review.

Arrangement:

● **Title page.** The first page of each article should indicate the title, the authors' names and the Institute where the work was conducted.

● **Tables and illustrations.** Tables and captions to illustrations should be submitted on separate sheets. The proper place of each figure in the text should be indicated in the left margin of the corresponding page. All illustrations (photos, graphs and diagrams) should be referred to as "figures" and given in abbreviation "Fig." The author's name, the number of the figure with indication of its proper orientation (top, bottom) should be slightly marked on the back on each figure. All illustrations should be submitted in duplicate too.

● **References.** They should be indicated in the text by giving the corresponding number in parentheses. The references should be typed on a separate sheet, arranged chronologically by numbers figuring in the text. The name of the first author should be given with inversion. The title of the article is followed by that of the journal (collection), volume, year of publication, issue number and the pages cited. The titles of the monographs should be followed by the city, publisher, year of publication and the cited page. Example:

1. Bulard, E., I. Cooper. The determination of the masses necessary to produce a given gravitational field. — Proc. Royal Soc. London, 194, 1948, 332-347.

2. Yanovskaya, T., L. Porokhova. Inverse Geophysical Problems. Leningrad, Leningr. Univ. Publ., 1983.

Further details: Units of measurement should be used only according to SI.

● Authors have to accomplish one proof-reading within a specified by the publishers term. Only type-setting errors are subject to correction.

Address. The authors may submit articles in person or send them to the following address:

Editorial Board of
Aerospace Research in Bulgaria,
Institute for Space Research,
Bulgarian Academy of Sciences,
6 Moscovska Str., Sofia 1000 Bulgaria

УКАЗАНИЯ ЗА АВТОРИТЕ

В тематичната поредица „Аерокосмически изследвания в България“ се печатат оригинални научни статии от областта на космическата и авиационната наука и практика.

Условия: Статийте трябва да бъдат представени в 2 скземпляра на български, руски или английски език. Българските автори трябва да представят и превод на статията.

● Обемът на статията (включително таблиците и литературата) не трябва да превишава 15 стандартни машинописни страници (30 реда на страница, 60 удара на ред) с формат 210×295.

● Всяка статия трябва да бъде придружена от резюме (до 1 стандартна страница) на български език — 2 бр.

● Материали, приети за печат или публикувани в други издания, не се приемат.

Подреждане:

● На първата страница на всяка статия трябва да бъдат написани заглавието, имената на авторите и адресът на местоработата.

● **Т а б л и ц и и и л ю с т р а ц и и.** Таблиците и текстът към илюстрациите трябва да се представят на отделни страници. Мястото им в текста да се посочи в полето на съответната страница. На гърба на илюстрациите (фотоси, чертежи, графики и др.) с молив да се напишат заглавието на статията, имената на авторите, номерът на фигурата и да се укаже ориентацията.

● **Л и т е р а т у р а.** Цитираната литература се представя на отделен лист по номерация, появяваща се хронологично в текста. Името на първия автор се дава с инверсия. Следват заглавието на статията, заглавието на списанието (сборника), том, година, книжка, страница, а при монографиите — град, издателство, година, страница.

Пример:

1. Кръстанов, Л., К. Серафимов. — Списание на БАН, XX, 1974, № 2, с. 29.
2. Несторов, Г. Физика на виската йоносфера, С., БАН, 1969, с. 63.

Други изисквания:

Мерните единици задължително да бъдат по СИ.

● Авторите преглеждат една коректура в определения срок. Допускат се само поправки на грешки, направени при набора.

Адрес. Авторите могат да представят лично материалите си или да ги изпратят на адрес:

София 1000

ул. „Московска“ № 6

Институт за космически изследвания — БАН

Редакционна колегия на „Аерокосмически изследвания в България“