

НАЦІОНАЛЬНЕ
КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО
УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНА
АКАДЕМІЯ НАУК
УКРАЇНИ

КОСМІЧНА НАУКА І ТЕХНОЛОГІЯ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Журнал засновано в лютому 1995 р. ♦ Виходить 6 разів за рік

КИЇВ

Том 6, № 5/6, 2000

KYIV

ЗМІСТ

П'ЯТЬ РОКІВ ЖУРНАЛУ «КОСМІЧНА НАУКА І ТЕХНОЛОГІЯ»

Солодовник Л. Л. Мас-спектрометричні дослідження верхньої атмосфери і молекулярного оточення космічних апаратів бортовими приладами СКТЬ ФТІНТ НАН України

Ефимов В. Б., Калмыков И. А., Краснов О. А., Курекін А. С., Цымбал В. Н., Комяк В. А., Яцевич С. Е. Применение радиолокации Земли из космоса в гидрометеорологии

Киров Б., Георгиева К., Данов Д., Банков Л., Василева А. Воздействие солнечной вспышки на ионосферы Венеры и Земли по данным спутников «Пионер-Венера» и «Dynamics Explorer-B»

CONTENTS

3 FIVE YEARS OF JOURNAL «SPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY»

8 *Solodovnik L. L.* Mass spectrometry of the upper atmosphere and molecular surrounding of spacecraft by on-board SRDB ILTPh&E instruments

16 *Efimov V. B., Kalmykov I. A., Krasnov O. A., Kurekin A. S., Tsybal V. N., V. A. Komyak, and Yatsevich S. Ye.* Radar remote sensing of the Earth from space in hydrometeorology

29 *Kirov B., Georgieva K., Danov D., Bankov L., Vassileva A.* Effect of solar flares on the ionospheres of Venus and the Earth from the Pioneer Venus and Dynamics Explorer-B data

<i>Баранец Н. В., Афонин В. В., Гладышев В. А., Соболев Я. П., Комраков Г. П.</i> Модификация ионосферной плазмы в ближнем ВЧ-поле дипольной антенны: активный эксперимент в космосе	35	<i>Baranets N. V., Afonin V. V., Gladyshev V. A., Sobolev Ya. P., Komrakov G. P.</i> Modification of ionospheric plasma in the near RF field of a dipole antenna: Active experiment in space
<i>Баранец Н. В., Ружин Ю. Я., Афонин В. В., Ораевский В. Н., Пулинец С. А., Докукин В. С., Михайлов Ю. М., Соболев Я. П., Жузгов Л. Н., Прутенский И. С.</i> Квазипоперечная к геомагнитному полю инжекция электронных пучков до данным спутника «Интеркосмос-25»: проект АПЭКС	49	<i>Baranets N. V., Ruzhin Yu. Ya., Afonin V. V., Oraevsky V. N., Pulinets S. A., Dokoukin V. S., Mikhailov Yu. M., Sobolev Ya. P., Zhuzgov L. N., Prutensky I. S.</i> Electron beam injection quasilateral to the geomagnetic field from the data of Intercosmos-25 satellite: APEX project
НАШИ АВТОРИ	63	OUR AUTHORS
АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК (тт. 1—6, 1995—2000 pp.)	66	AUTHOR INDEX (Volumes 1—6, 1995—2000)
ПОВНИЙ ЗМІСТ тт. 1—6 за 1995—2000 pp.	87	TABLE OF CONTENTS (Volumes 1—6, 1995—2000)
НОВИНИ КОСМІЧНИХ АГЕНТСТВ СВІТУ	105	NEWS FROM SPACE AGENCIES

П'ять років журналу «Космічна наука і технологія»

П'ять років тому, 26 грудня 1995 р., відбулася презентація науково-практичного журналу «Космічна наука і технологія» — спільного видання Національного космічного агентства України (НКАУ) і Національної академії наук (НАН) України. Журнал став логічним продовженням збірника «Космічні дослідження на Україні», який з 1973 р. видавався Академією наук України і Комісією космічних досліджень при Президії НАН України.

Ідея створення нового журналу з космічної тематики була запропонована академіком Я. С. Яцківим та підтримана академіком Б. Є. Патонем. В 1994 р. були проведені необхідні організаційні заходи щодо його заснування. Нижче наведено хронологію подій, пов'язаних зі становленням журналу «Космічна наука і технологія».

11 листопада 1994 р. Головна астрономічна обсерваторія (ГАО) НАН України розпочала за контрактом з НКАУ виконання науково-дослідної роботи «Редагування, видання та розповсюдження журналу «Космічна наука і технологія».

28 грудня 1994 р. Президія НАН України своєю Постановою (№ 307) погодилась з пропозицією НКАУ про спільне започаткування науково-практичного журналу «Космічна наука і технологія».

18 січня 1995 р. укладено Установчий договір між засновниками журналу: НКАУ, в особі Виконувача обов'язків Генерального директора А. В. Жалка-Титаренка та НАН України, в особі її Президента, академіка Б. Є. Патона, які, діючи на підставі своїх статутів, уклали угоду про те, що:

1. НКАУ та НАН України організують випуск журналу «Космічна наука і технологія».

2. НАН України виконує всі роботи зі збирання, редагування, підготовки до друку матеріалів, художнього й ілюстративного оформлення видання, бере на себе всі функції, пов'язані з поліграфічним випуском журналу.

3. НКАУ бере участь в підготовці до друку матеріалів та фінансує видання журналу «Космічна

наука і технологія» за фактичними затратами.

4. Термін дії цього договору — з дня підписання до 31 грудня 2000 року. Договір може бути пролонгований на новий строк за погодженням сторін.

2 лютого 1995 р. Міністерством інформації України видано Свідоцтво про реєстрацію (КВ № 1232) журналу «Космічна наука і технологія».

15 лютого 1995 р. відбулося перше засідання редакційної колегії журналу «Космічна наука і технологія», на якому, зокрема, були розподілені обов'язки членів редколегії та визначена наукова спрямованість журналу.

Було вирішено, що журнал «Космічна наука і технологія» друкуватиме оглядові та оригінальні статті з таких розділів космічної науки, техніки та технології:

1. Історичні, соціальні та організаційні аспекти проблеми дослідження космосу.

2. Космічні носії та апарати.

3. Системи керування космічними носіями та апаратами.

4. Космічний зв'язок та інформаційні системи.

5. Дослідження Землі з космосу.

6. Космічна фізика (навколоземний космічний простір).

7. Космічна астрономія та астрофізика.

8. Хімічні, фізичні та біологічні процеси в космосі.

9. Космічні конструкції, споруди та матеріали.

Крім того, нині в журналі публікуються новини космічних агентств світу, директивні матеріали (укази, постанови тощо) стосовно ракетно-космічної галузі, різні повідомлення, звіти, хроніка, персоналії, рекламні матеріали тощо.

Журнал «Космічна наука і технологія» розрахований на фахівців у галузі космічної науки і техніки, на тих, хто займається використанням космічних технологій в різних галузях народного господарства, а також на закордонних читачів, які бажають ознайомитися з досягненнями космічної галузі України.

Журнал «Космічна наука і технологія» включено до переліку наукових фахових видань, в яких можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт з фізико-математичних та технічних наук.

Основні статистичні дані за 1995—2000 рр:

- Всього випущено 6 томів (20 номерів) журналу, в тому числі два тематичних випуски: Інформаційні технології і системи для космічних досліджень (1998.—3, № 4), Пропозиції до проекту «Міжнародна космічна станція» (2000.—6, № 4).

- 9 додатків до журналу.
- В 19 номерах журналу опубліковано 279 статей понад 650 авторів із 101 установи України і зарубіжних країн.

В таблицях і діаграмах наведено статистику видань журналу «Космічна наука і технологія» за весь період його існування.

Спеціальний випуск журналу (т. 6, № 4) містить перелік наукових досліджень і технічних експериментів, запропонованих українськими вченими та інженерами (210 авторів) для реалізації в рамках проекту «Міжнародна космічна станція».

Зведені дані про розподіл статей по роках і наукових напрямках, опублікованих в журналі «Космічна наука і технологія»

Науковий напрям	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Всього
1	4	11	4	4	4	4	31
2	1	8	10	9	10	1	39
3	4	3	9	6	12	2	36
4	—	2	—	24	5	—	31
5	3	7	10	15	15	8	58
6	1	4	3	8	7	3	26
7	1	6	3	2	4	2	18
8	—	—	5	1	3	1	10
9	4	5	3	11	5	2	30
Всього:	18	46	47	80	65	23*)	279

*) 1. Не включені публікації випуску КНІТ № 4 за 2000 р., в якому вміщено перелік наукових досліджень і технічних експериментів, запропонованих українськими вченими та інженерами (210 авторів) для реалізації в рамках проекту «Міжнародна космічна станція».
2. Переважну частину останнього номера за 2000 р. (т. 6, № 5/6) займає бібліографічний покажчик статей, опублікованих в журналі «Космічна наука і технологія» в (1995—2000 рр.).

Розподіл статей журналу «Космічна наука і технологія» по установах і організаціях (1995—2000 рр.)

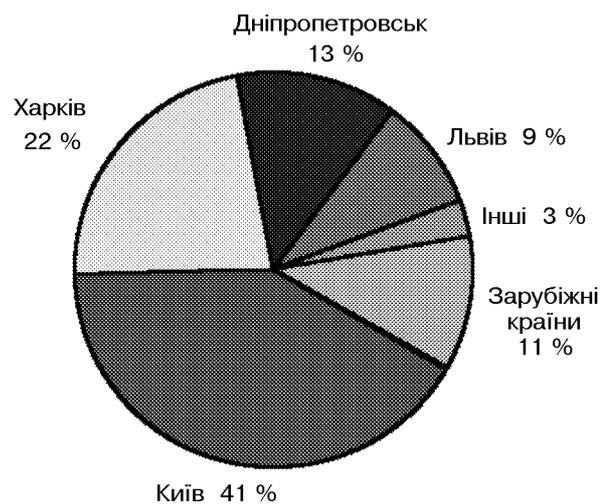
N п/п	п	Установа	Кількість статей
УСТАНОВИ УКРАЇНИ			
КИЇВ			
1	1	Головна астрономічна обсерваторія НАН України	25
2	2	Національний університет ім. Тараса Шевченка	23
3	3	Національне космічне агентство України	22
4	4	Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут»	21
5	5	Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України	13
6	6	Інститут космічних досліджень НАН і НАКА України	8
7	7	Академія Збройних сил України	5
8	8	Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України	4
9	9	Державний технічний університет будівництва і архітектури	3
10	10	Інститут Військово-повітряних сил України	3
11	11	Інститут геронтології АМН України	3
12	12	Держстандарт України	2
13	13	Інститут агрогеології і біотехнології УААН	2
14	14	Інститут геологічних наук НАН України	2
15	15	Інститут гідробіології НАН України	2
16	16	Інститут електродинаміки НАН України	2
17	17	Інститут мікробіології і вірусології НАН України	2
18	18	Рада національної безпеки України	2
19	19	Український транспортний університет	2

N п/п	n	Установа	Кількість статей
20	20	Авіаційний науково-технічний комплекс ім. О. К. Антонова	1
21	21	Астрономічна обсерваторія Київського національного університету	1
22	22	Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України	1
23	23	Інститут географії НАН України	1
24	24	Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України	1
25	25	Інститут держави і права ім. В. М. Корецького НАН України	1
26	26	Інститут кібернетики НАН України	1
27	27	Інститут математики НАН України	1
28	28	Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України	1
29	29	Інститут механіки НАН України	1
30	30	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України	1
31	31	Інститут проблем матеріалознавства НАН України	1
32	32	Інститут проблем міцності НАН України	1
33	33	Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України	1
34	34	Інститут фізики НАН України	1
35	35	Інститут фізики напівпровідників НАН України	1
36	36	Інститут ядерних досліджень НАН України	1
37	37	Міжгалузевий науково-дослідний інститут проблем механіки «Ритм»	1
38	38	Науково-технічний центр «Космоснімок»	1
39	39	Український науково-дослідний інститут травматології і ортопедії МЗ України	1
40	40	Центральний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України	1
ХАРКІВ			
41	1	Військовий університет	18
42	2	Астрономічна обсерваторія Харківського національного університету	10
43	3	Науково-дослідний інститут радіотехнічних вимірювань	10
44	4	Інститут радіофізики і електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України	9
45	5	АТ ХАРТРОН	8
46	6	Фізико-технічний інститут низьких температур (ФТІНТ) ім. Б. І. Веркіна НАН України	6
47	7	Центр радіофізичного зондування Землі НАН і НКА України	6
48	8	Державний технічний університет радіоелектроніки	5
49	9	ДНВО «Метрологія»	5
50	10	Державний політехнічний університет	4
51	11	Авіаційний інститут ім. М. Є. Жуковського	2
52	12	Науково-виробниче об'єднання «Хартрон-Альфа»	2
53	13	Національний університет ім. В. Н. Каразіна	2
54	14	Державний аерокосмічний університет	1
55	15	Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського УААН	1
56	16	СКТБ з криогенної техніки ФТІНТ НАН України	1
ДНІПРОПЕТРОВСЬК			
57	1	Інститут технічної механіки ім. С. П. Тимошенка НАН і НКА України	22
58	2	Державне конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля	19
59	3	Державний університет	10
60	4	Державне підприємство «Дніпрокосмос»	1
61	5	Дніпропетровський філіал інституту стратегічних досліджень НАН України	1
ЛЬВІВ			
62	1	Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури (НДІІ) НАН України	13
63	2	Фізико-механічний інститут (ФМІ) ім. Г. В. Карпенка НАН України	9
64	3	Львівський центр Інституту космічних досліджень НАН і НКА України	7
65	4	Державний університет «Львівська політехніка»	4
66	5	Інститут екології Карпат НАН України	2
67	6	Карпатське Відділення інституту геофізики НАН України	2
68	7	СКТБ ФМІ НАН України	1
УСТАНОВИ ІНШИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ			
69	1	Кримська астрофізична обсерваторія Мін. освіти і науки України, Наукове	3
70	2	Херсонський державний університет, Херсон	2
71	3	Інститут сільськогосподарської мікробіології УААН	1
72	4	Східноукраїнський державний університет, Луганськ	1
73	5	Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя	1
74	6	Ужгородський державний університет	1
75	7	Ужгородський філіал Львівського державного НДІІ	1

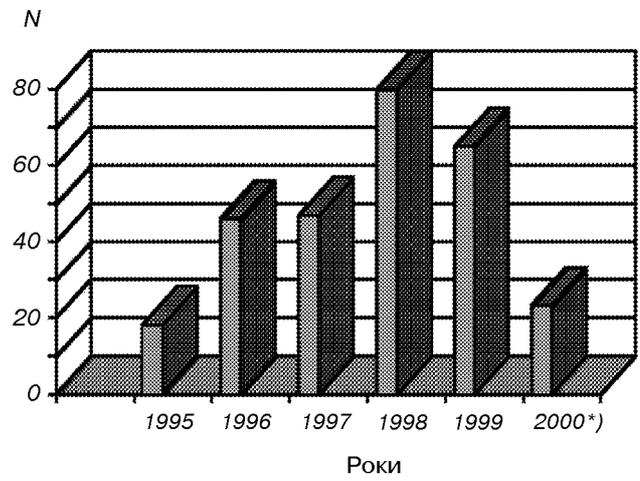
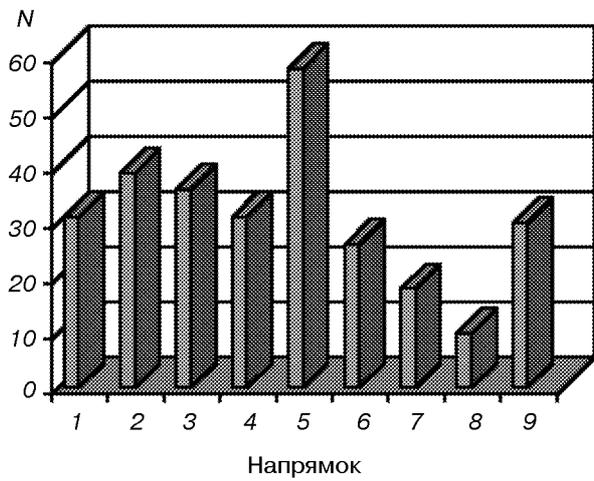
N п/п	n	Установа	Кількість статей
ЗАРУБІЖНІ УСТАНОВИ			
РОСІЯ			
76	1	Інститут космічних досліджень РАН, Москва	5
77	2	Інститут земного магнетизма РАН (ИЗМИРАН), Троицьк, Моск. область	3
78	3	Інститут оптики атмосфери СВ РАН, Томськ	3
79	4	Інститут геохімії і аналітичної хімії ім. В. І. Вернадського (ГЕОХИ), Москва	2
80	5	Інститут оптичного моніторингу СВ РАН, Томськ	2
81	6	Конструкторсько-технологічний інститут «Оптика» СВ РАН, Томськ	2
82	7	Російська космічна корпорація «Енергія» РКА, Корольов, Моск. область	2
83	8	ВНЦ державного оптичного інституту ім. С. І. Вавилова, С.-Петербург	1
84	9	Науково-дослідний інститут космічного приладобудування РКА, Москва	1
85	10	Науково-дослідний радіофізичний інститут, Нижній Новгород	1
86	11	НВО ім. С. А. Лавочкина, Хімки, Моск. область	1
87	12	Об'єднаний інститут фізики Землі РАН, Москва	1
ІНШІ ЗАРУБІЖНІ УСТАНОВИ			
88	1	Лос-Аламоська національна лабораторія, Лос-Аламос, США	6
89	2	Інститут космічної сенсорики Німецького аерокосмічного агентства, Берлін	2
90	3	Інститут телекомунікації Сільськогосподарсько-технічної академії, Бидгощ, Польща	2
91	4	Центр космічних досліджень Польської АН, Варшава	2
92	5	Астрономічна обсерваторія університету, Упсала, Швеція	1
93	6	Астрономічна обсерваторія університету, Хельсінкі, Фінляндія	1
94	7	Індійська організація космічних досліджень, Індія	1
95	8	Інститут космічних досліджень БАН, Болгарія	1
96	9	Національний центр космічних досліджень (CNES), Орлеан, Франція	1
97	10	Науковий центр інституту космічних досліджень, Іспра, Італія	1
98	11	Обсерваторія Туорла, Фінляндія	1
99	12	Технічний університет, Гльменау, Німеччина	1
100	13	Шелфідський університет, Шелфід, Великобританія	1
101	14	Центральна лабораторія сонячно-земних впливів БАН, Болгарія	1

Зведені дані про розподіл статей журналу «Космічна наука і технологія» (1995—2000 рр.)

Регіон	Кількість установ	Кількість посилянь	% посилянь
Установи України			
Київ	40	167	41
Харків	16	90	22
Дніпропетровськ	5	53	13
Львів	7	38	9
Інші регіони	7	10	2
Зарубіжні установи			
Росія	12	24	6
Інші установи	14	22	5



Географія розподілу статей журналу «Космічна наука і технологія»



Розподіл статей по роках і наукових напрямках.

Примітка. *) Не враховані дані спеціального випуску (т. 6, № 4) — збірника пропозицій 210 авторів до проекту «Міжнародна космічна станція».

УДК 621.384.8:541.12.011.4.082/084:621.039:534

**Мас-спектрометричні дослідження
верхньої атмосфери і молекулярного оточення
космічних апаратів бортовими приладами
СКТБ ФТІНТ НАН України**

Л. Л. Солодовнік

Спеціальне конструкторсько-технологічне бюро з криогенної техніки
Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна НАН України, Харків

Надійшла до редакції 29.03.99

Проведено огляд серії бортових мас-спектрометричних приладів для дослідження верхньої атмосфери Землі і Венери, молекулярного оточення космічних апаратів. Розглядаються фізичні особливості роботи бортових мас-спектрометрів, їхні основні аналітичні й технічні характеристики, хід і результати натурних експериментів. Вивчено дані зондування Д-області іоносфери на висотах менше 100 км з метеорологічних ракет МР-12, вимірювання хімічного складу підшмарного прошарку атмосфери Венери із спускних апаратів «Венера-9» і «Венера-10». Зроблено аналіз даних технологічних експериментів з визначення складу та динаміки молекулярного оточення ШСЗ серії «Космос».

Інтенсивний розвиток космічної техніки 1960—1970-х рр. відкрив перед науковцями нові горизонти для безпосередніх досліджень верхньої атмосфери Землі та інших планет, відкритого космічного простору і натурних технологічних експериментів. Ці можливості не вдавалося реалізувати без розвитку нового напрямку техніки — спеціального бортового приладобудування, яке повинно було задовольнити досить специфічні вимоги галузі: високу механічну стійкість, унікальні механічні характеристики, незначне енергоспоживання та жорсткі обмеження на масу та габарити [10]. Одним із напрямків спеціального приладобудування є мас-спектрометричні прилади. Саме мас-спектрометрія стала одним з найплідніших методів дослідження верхньої атмосфери Землі. Вже у перших експериментах наприкінці 1950-х років вдалося отримати цікаві результати з розподілу за висотою та добові варіації відносної та абсолютної іонної концентрації вище 100 км. За допомогою мас-спектрометрів (МС), розташованих на геофізичних ракетах, були відкриті суттєві деталі будови верхньої атмосфери:

наявність іонів металів та іонів кометного походження в області Е, наявність та роль іонів-зв'язок в області Д. Доки не було безпосередньо встановлено газовий склад верхньої атмосфери, неможливо було точно визначити її тиск та температуру, знайти рівень гравітаційного розподілу компонентів атмосфери, нижче якого атмосфера перемішана, а вище — має місце регулярний розподіл компонентів за висотою.

Залежно від наукової або практичної доцільності, типу носія і задачі конкретного експерименту вирішувалось питання типу і конструкції застосованого МС. Проте у світовій практиці домінуюче положення здобули радіочастотні динамічні МС, найчастіше квадрупольного або монопольного типу, що обумовлено оптимальним поєднанням високих аналітичних, масогабаритних та енергоспоживчих якостей.

Розроблений у 1969 р. у Спеціальному конструкторсько-технологічному бюро з криогенної техніки ФТІНТ НАН України радіочастотний монопольний мас-спектрометр РОМС [4] став основою серії бортових приладів для вивчення верхньої атмосфери

Землі і Венери, молекулярного оточення космічних апаратів, а також взаємозв'язку між процесами у термосфері та літосфері планет.

Монопольний МС [11], який можна вважати модифікацією квадрупольного МС, побудовано на основі частини квадрупольної електростатичної лінзи, яка живиться від генератора складного електричного струму (суперпозиція високочастотного і постійного компонентів у певному співвідношенні). Якщо паралельно до полеутворюючих електродів датчика інжектувати заряджену частку — іон, то під впливом складного електричного поля гіперболічної форми до зворотного кінця датчика дійдуть іони лише з певним відношенням маси до заряду, а змінюючи параметри електричного поля, можна по черзі створювати умови для проходження іонів різних елементів (це так званий діапазон

аналізованих масових чисел). Для застосування в умовах ракетно-космічної техніки була розроблена відповідна конструкція датчика, пристосована до значних механічних навантажень, і блок електроніки на напівпровідниковій основі [17]. Проте для функціонування МС необхідно забезпечити високий вакуум на рівні $10^{-4} \dots 10^{-7}$ тор. Цю проблему було вирішено шляхом застосування високопродуктивного криосорбційного насоса на рідкому азоті [15].

Монопольний радіочастотний МС РОМС-3 з криосорбційним насосом на рідкому азоті [3] було використано для серії геофізичних експериментів з вивчення верхньої атмосфери Землі, які були проведені разом з Центральною аерологічною обсерваторією гідрометцентру у 1972 р. Прилад мав відкрите джерело іонів з іонізацією електронним ударом, який було винесено за вакуумний об'єм таким чином, щоб набігаючий потік атмосфери, потрапляючи до зони іонізації, не мав контактів з елементами конструкції. РОМС-3 (див. рис. 1) складається з джерела іонів 1, розкриваючого пристрою 2, криосорбційного насоса 3, аналізатора 4, патрубків для заливання та випарювання рідкого азоту 9, які проходять крізь кришку люка 10 у герметичний приладовий контейнер, вторинного електронного помножувача 5 жалюзійного типу ВЕП-1Б. Іони, інжектовані в аналізатор, проходять через діафрагму Д.

Основні аналітичні та технічні характеристики РОМС-3 приведені в табл. 1. Однієї заправки рідким азотом достатньо для години роботи.

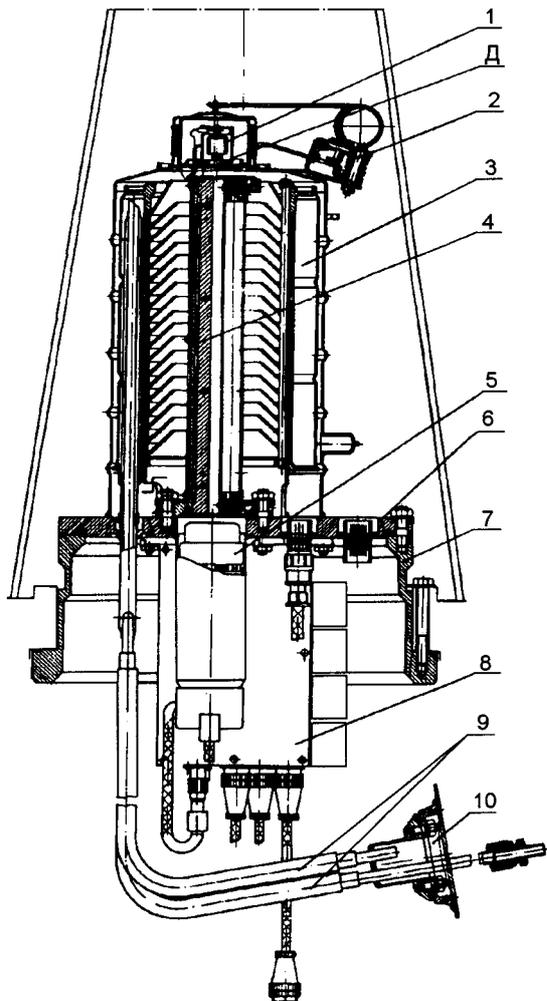


Рис. 1. Схематичне зображення датчика МС

Таблиця 1. Технічні характеристики МС для космічних досліджень розробки СКТБ з КТ ФТІНТ НАНУ

Параметри	РОМС-3	РОМС-5	РОМС-6	Р-8	Р-11
Об'єкт аналізу	Нейтрони	Нейтрони	Нейтрони та іони	Нейтрони	Нейтрони та іони
Діапазон аналізованих масових чисел, а.о.м.	1...60	10...55	1...50; 1...100	1...150	1...200
Швидкість розгортки спектру мас, а.о.м./с	1.4	1.0	1.5 і 15 3 і 30	2±0.5	0.4
Роздільна здатність на рівні 10 % амплітудного значення, ΔM/M	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Наявність засобів відкачування	Насос на рідкому азоті	Магніторозрядний насос	—	—	—
Маса, кг	12	9.5	6.6	1.5	8

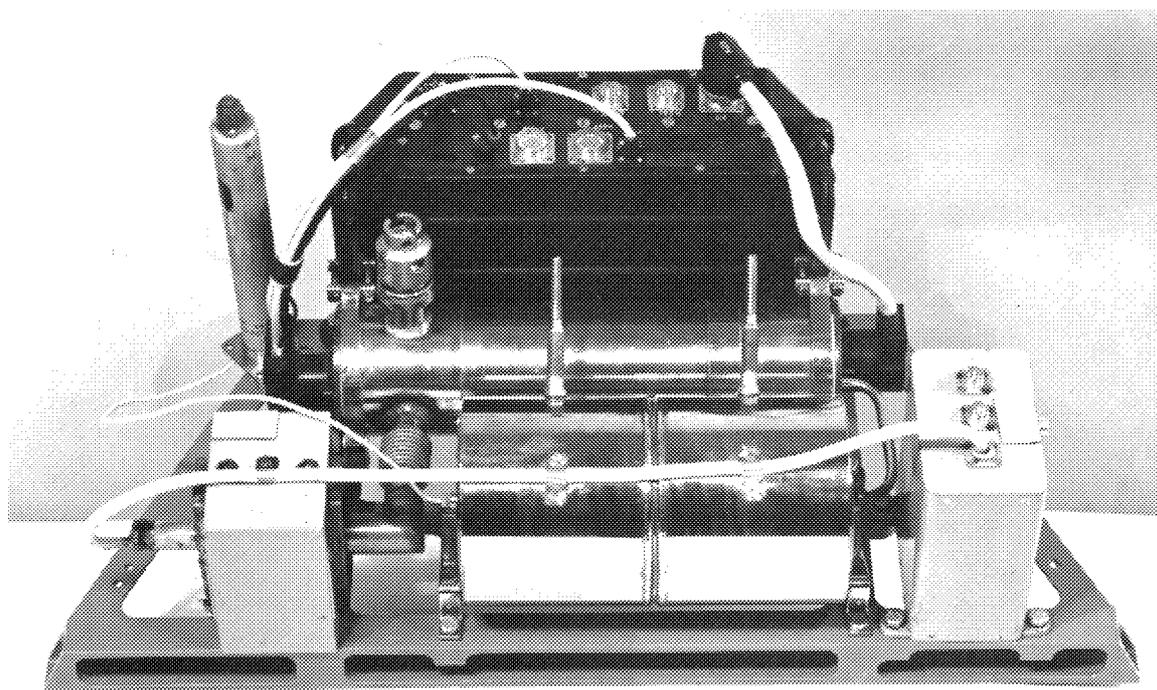


Рис. 2. Загальний вигляд мас-спектрометра POMC-5

Одночасно з інтенсивними безпосередніми вимірюваннями при вивченні верхньої атмосфери Землі проводилися дослідження планетних атмосфер, зокрема Венери. Непрямими методами атмосфера Венери вивчалась кілька десятиліть. Було встановлено існування в надхмарному прошарку атмосфери малих складових HCl, HF, CO та деяких інших компонентів. Газоаналізаторами, встановленими на автоматичних станціях «Венера-4», «Венера-5», «Венера-6», «Венера-8», було виявлено рівень основного компонента атмосфери — вуглекислого газу, виміряні порогові значення концентрацій кисню та азоту, зафіксовані вода та аміак у хмарному та підхмарному прошарку атмосфери. Для отримання даних про вертикальний профіль хімічного складу атмосфери Венери на апаратах «Венера-9» та «Венера-10» було встановлено більш інформативні МС-прилади POMC-5.

Загальний вигляд розробленого у ФТІНТ НАНУ мас-спектрометра POMC-5 показано на рис. 2. Аналітична частина МС складається з пристрою для відбору атмосферного газу, системи подачі газової суміші в джерело іонів, датчика МС, магніторозрядного насоса, блоку живлення датчика та обробки інформації та високовольтного джерела живлення вакуумного насоса. Всі складові частини приладу, за винятком пробовідбірника, було розміщено на монтажній плиті в герметичному відсіку

для наукової апаратури. Пробовідбірник було винесено за межі гермовідсіку і розміщено в зоні з найменшим впливом десорбційних процесів з поверхні апарата.

Пробовідбірник під час космічного перельоту станції до Венери було герметизовано скляним ковпачком, котрий руйнувався спеціальним пристроєм під час початку вимірювань. Для обмеження потоку газу до системи натікання було застосовано губчастий натікач. Система натікання забезпечує надходження до джерела іонів такої кількості газів, при якій залишається робочий вакуум в аналізаторі (тиск не більше $5 \cdot 10^{-5}$ тор) при зміні тиску на вході в пробовідбірник від 0.1 до 10.0 атм. Датчик МС POMC-5 має деякі суттєві особливості. Він складається з монополюного фільтра мас; вторинно-електронного помножувача і джерела іонів, складених на одному жорсткому каркасі і розташованих в тонкостінному герметичному корпусі. Джерело іонів має оригінальну конструкцію [2], підвищену світосилу та надійність. Застосований детектор — вторинно-електронний помножувач каналового типу — мав коефіцієнт підсилення 10^6 . За весь час польоту від Землі до Венери та під час спуску в атмосфері вакуум у зоні датчика МС підтримувався за допомогою магніторозрядного насоса зі швидкістю відкачування по азоту при тиску 10^{-4} тор не менше 4 л/с. На обох станціях МС було включено

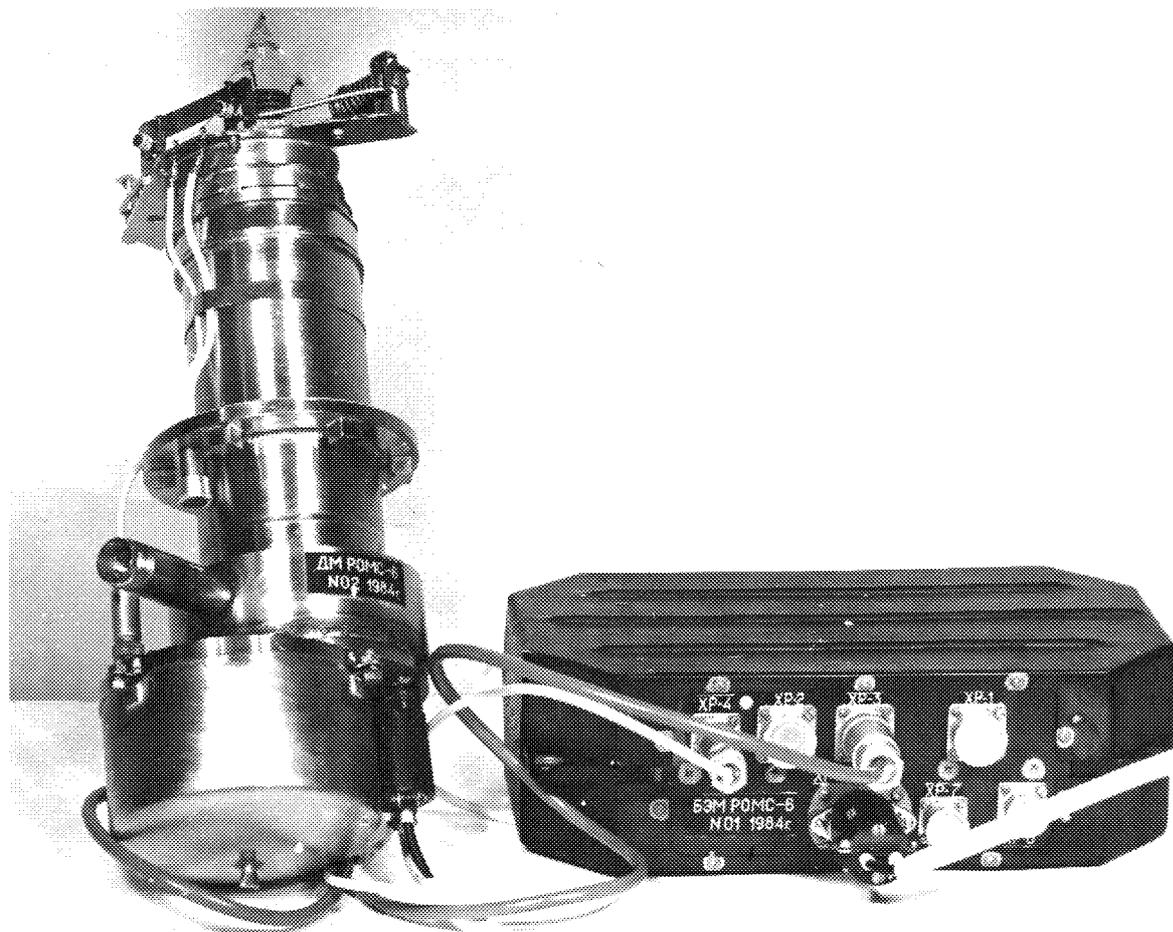


Рис. 3. Зовнішній вигляд мас-спектрометра РОМС-6

на висоті 63 км над поверхнею планети. За час роботи було одержано близько 60 мас-спектрів, а передані з борту станції контрольні параметри свідчили про нормальну роботу приладів. Одержані важливі дані про хімічний склад атмосфери Венери, зокрема визначено вміст азоту, верхню межу вмісту аміаку, а також простежено динаміку змін вмісту її компонентів з висотою [16]. Вперше було виявлено вміст з'єднань сірки у підмарному прошарку.

Функціональні можливості МС-приладів щодо реєстрації та аналізу парціального складу іонізованих часток було розширено при розробці експериментів з дослідження верхніх шарів атмосфери Землі на орбітальних станціях «Мир» разом з Інститутом прикладної геофізики РАН. Розроблений для цих експериментів МС РОМС-6 було призначено для дослідження нейтрального та іонного складу верхньої атмосфери Землі у діапазоні

тиску $10^{-5} \dots 10^{-8}$ тор. Основні технічні характеристики приладу РОМС-6 надані у табл. 1.

На рис. 3 показано зовнішній вигляд МС РОМС-6 з відкритим джерелом іонів. Прилад складається з двох функціонально пов'язаних частин: датчика та блоку електроніки, з'єднаних електричними кабелями, а також розкриваючого пристрою, який монтується на корпусі датчика. Для утримання приладу в робочому стані до експерименту датчик знаходиться у пасивному відкачаному стані і заповнений спеціальною газовою сумішшю при тиску 10^{-6} тор, який гарантовано зберігається протягом 9 місяців. Це дає можливість постійно тестувати параметри МС.

Принциповим моментом є те, що оригінальна конструкція джерела іонів з іонізацією електронним ударом [1] дозволяє використовувати його в режимі збирання позитивних часток-іонів із навколишнього простору.

Технологічно датчик РОМС-6 став більш досконалою модифікацією попередніх конструкцій. Відпрацьована технологія попередньої обробки включає старанне очищення деталей датчика, в т. ч. ультразвукове миття та відпалювання у середовищі водню та вакуумі. Зібраний датчик відкачується «безмасляним» насосом з криогенною азотною пасткою при температурі 200...220 °С (максимально допустима температура для помпозувача вторинних іонів каналового типу ВЕП-6) протягом 24 годин. Безпосередньо перед відпаюванням при тиску не вище за 10^7 тор проводилася активація гетера локальним нагріванням до 650 °С з одночасним відкачуванням. Для досягнення високих аналітичних параметрів було забезпечено високу точність виготовлення та юстування полеутворюючих електродів датчика (клас обробки — не нижче 12-го, розмір щілини між електродами аналізатора — не більше за 0.01 мм по всій довжині). Розкриваючий пристрій приладу був скляним і мав механічну систему приводу [5].

Принципово новий прилад, що може розміщуватися у відкритому космічному просторі на зовнішній поверхні космічного апарата, було розроблено та виготовлено для проведення експериментів у верхній атмосфері Землі та технологічних дослідів на штучних супутниках серії «Космос». Ці експерименти започаткували фундаментальні дослідження молекулярного оточення космічних апаратів [8].

При переміщенні у навколосезному та міжпланетному просторі фізичне тіло знаходиться у збуреному космічному вакуумі. Це збурення створюється особливим молекулярним оточенням космічного апарата, що виникає внаслідок змін властивостей середовища самим апаратом та різноманітних викидів із космічного апарата (за рахунок десорбції, сублімації, деструкції та ерозії матеріалів з негерметизованих поверхонь матеріалів, а також витікання газів та конденсату із гермовідсіків, продуктів функціонування двигунів). При цьому частина молекул і атомів цього оточення знаходиться в іонізованому стані, а частина твердофазних часток — у зарядженому. Характеристики молекулярного оточення залежать від конструкції та геометрії об'єкта, швидкості та умов, в яких він рухається, типу та технічних даних двигунів, номенклатури, якостей та кількості застосованих конструкційних матеріалів, особливостей функціонування об'єкта і т. і. Комплекс цих характеристик можна вважати своєрідною «дактилоскопічною» карткою космічного об'єкта. Збурення може бути настільки вагомим, що його доводиться враховувати навіть при аеродинамічних розрахунках траєкторії та періоду

обертання космічного апарата на перших витках навколо Землі. Проте основний вплив молекулярного оточення космічного об'єкта доводиться враховувати з огляду на ті негативні наслідки, які він має для самих конструкційних матеріалів космічного апарата, а також для контрольно-виміральної, радіотехнічної і оптичної техніки.

Таким чином, слід визнати, що забруднення елементів та обладнання космічних апаратів стало серйозною проблемою фізики та техніки космічних польотів, особливо коли мова йде про їхню тривалість у кілька десятків років.

Динамічна модель молекулярного оточення базується на припущенні, що весь процес є класичним переміщенням мас в особливо специфічних умовах. Переміщення газоподібної пари забруднень формується головним чином вільномолекулярними потоками від джерел на зовнішню поверхню космічного апарата. Вторинним механізмом переміщень є фотоіонізація молекул оточення з наступним відхиленням їх магнітними полями, зокрема магнітним полем Землі, та електростатичними полями космічного апарата (зокрема на його локальних зовнішніх діелектричних поверхнях).

Потоки забруднень складаються з таких компонентів: а) пряма сонячна фотоіонізація: $M + h\nu \rightarrow M^+ + e$, (M — атом чи молекула легкої сполуки; $h\nu$ — енергія фотона; б) термічна іонізація пари при роботі двигунів; в) непряма сонячна фотоіонізація $M + \Delta E \rightarrow M^*$, фотозбудження чи термічне збудження пари при роботі двигунів, а потім $M + h\nu \rightarrow M^+ + e$, де M^* — збуджений стан атома чи молекули; г) електростатичний механізм зарядження продуктів роботи двигунів з причини їхнього тертя зі стінками сопел.

Сили, які діють на тверді та рідкі компоненти забруднень, виникають внаслідок взаємодії з оточенням. Ними можна знехтувати у порівнянні з газодинамічними силами. Механізм осідання часток газу на поверхню залежить від його тиску та коефіцієнта акомодатії конкретного газу поверхнями космічного апарата. Осідання заряджених чи поляризованих часток молекулярного оточення на струмопровідні поверхні відрізняється від осідання на діелектричні поверхні через вплив електростатичних сил.

Взаємодія між захопленими частками та матеріалом поверхонь визначається хімічним зв'язком, а іноді навіть призводить до їхнього сплаву. При відсутності цього дуже сильного зв'язку є такі фізичні взаємодії, як дальні діючі сили Ван-дер-Ваальса та електростатичні сили (чи подвійний прошарок). Ці сили сприяють захопленню твердих часток і в'язкій течії на поверхні, призводячи до

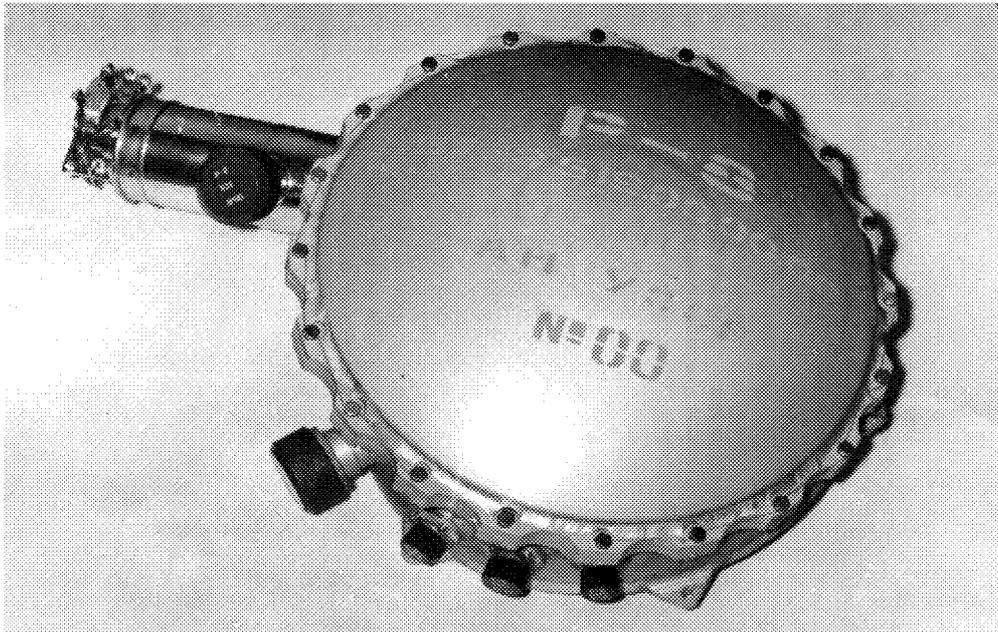


Рис. 4. Загальний вигляд МС Р-8

рівномірного розподілу по поверхні (двовимірний газ).

При цьому можна виділити три домінуючі фактори: прямі молекулярні потоки, зворотні потоки за рахунок зіткнень молекул від джерел забруднень з навколишньою атмосферою та між собою, а також потоки, спричинені перевідбиванням від сусідніх елементів конструкції об'єкта [7]. З приведених вище причин натурні експерименти на серійних супутниках Землі «Космос-1643» і «Космос-2007» мали велику теоретичну та практичну цінність.

Акцент було зроблено на вивчення газодинамічної структури течії у місцях встановлення на супутниках мас-спектрометрів Р-8 та наступний аналіз із інтерпретацією даних цих експериментів. МС Р-8 (рис. 4) мали поліпшені аналітичні характеристики (табл. 1). Конструктивно прилад виконано у вигляді моноблоку, з якого виглядає датчик із розкриваючим пристроєм, який не має частин, що відокремлюються у процесі роботи. Відповідно до умов експериментів МС розташовувалися на зовнішній поверхні супутників і були спрямовані перпендикулярно до вектора швидкості руху в бік Землі.

Ці експерименти проходили в різних геофізичних умовах: перший під час мінімуму сонячної та геомагнітної активності, а другий — в умовах максимуму. Супутники функціонували на висотах 200...300 км над поверхнею Землі, що характеризується таким станом верхньої атмосфери [13]: до

висоти приблизно 180 км зберігається основний компонент земної атмосфери — молекулярний азот. Вище превалує легший атомарний кисень, який виникає при дисоціації молекул кисню під дією УФ-випромінювання Сонця. На вищих орбітах атмосфера складається з найлегших газів: гелію та водню. Усі ці компоненти сильно залежать від температури екзосфери T_e : при мінімальній активності $T_e = 500$, а при максимальній — $T_e = 1900$. Вплив T_e на концентрацію гелію значно менший [13], ніж на концентрацію атомарного кисню та азоту (вдвічі та втричі відповідно). На це слід звернути увагу, бо співвідношення легких та важких компонентів визначає середню молекулярну вагу часток верхньої атмосфери на розглянутій висоті. Саме ці варіації корелюють з бортовими вимірюваннями, які було зроблено на нижчих витках, коли вже закінчилося інтенсивне знегаження конструкційних матеріалів зовнішнього покриття, і потік часток верхньої атмосфери на вхідний отвір датчика мас-спектрометра став домінуючим.

Як було зазначено вище, одним з головних джерел формування молекулярного оточення космічних апаратів є продукти ранньої десорбції поверхні, що в свою чергу залежить від матеріалу покриття. Найінтенсивніше проходить втрата маси з поверхні на перших витках орбіти ($\approx 10^{-5} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). Проте вже через 100 годин цей темп уповільнюється до $10^{-7} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ і може зрівнятися з тиском атмосфери Землі на висотах 200...300 км. На рис. 5 показана

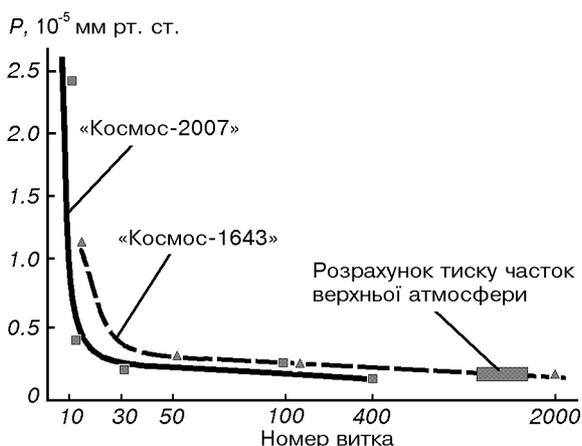


Рис. 5. Тиск у місці розміщення МС Р-8 на ШСЗ «Космос»

Таблиця 2. Усереднене значення масових чисел молекулярного оточення в зоні розташування МС Р-8 на ШСЗ

Засіб отримання інформації	«Космос-1643»		«Космос-2007»	
	Витки орбіти			
	17...50	50...2000	6...32	32...387
Значення масових чисел, а.о.м.				
Натурний експеримент	23...24	16	23...24	17
Чисельне моделювання	22...24.5	16...17	22...24.5	17...18

зміна тиску в місці розташування приладу на штучному супутнику Землі, виміряна під час двох експериментів, а також результати розрахунків тиску часток верхньої атмосфери на висоті 270 км. Аналіз мас-спектрограм, проведений за результатами двох експериментів [9], показав, що на перших витках (приблизно до 100) середнє значення масових чисел продуктів молекулярного оточення дорівнює 23...24 а. о. м. і зменшується до значення 16... 18 а. о. м. на пізніших витках (табл. 2). У тій же таблиці наведені результати чисельного моделювання газодинамічних параметрів у зоні вхідного отвору аналізатора мас-спектрометра з наступним усередненням молекулярного складу. Обидва експерименти підтвердили, що основним компонентом верхньої атмосфери Землі на висотах $H = 200... 300$ км навколоземних орбіт є атомарний кисень, який чітко проявився в мас-спектрограмах обох експериментів.

Аналіз динаміки течії в області розташування МС

свідчить, що головними джерелами масопереносу у цій зоні ШСЗ «Космос» є прямі та відбиті від циліндричної і конічної частин корпусу супутника потоки часток верхньої атмосфери, а також потоки часток ранньої десорбції з тих же елементів корпусу.

Описані експерименти, кожен з яких тривав декілька місяців, вперше проводились українськими дослідниками з використанням виготовлених в Україні приладів. Отримані дані збігаються з даними, отриманими американськими науковцями на аналогічних супутниках [6, 12].

Значний інтерес фахівців різних напрямів фундаментальних наук і практиків останнім часом викликає взаємодія процесів у літосфері та нижній термосфері (іоносфері) Землі, а саме — ефекти збурень іоносфери, пов'язані з сейсмічними явищами. Особлива увага звертається на іоносферні провісники землетрусів. Зараз вже обґрунтовано необхідність вивчення цих провісників та вказано на переваги космічних засобів при вимірюванні параметрів іоносфери, які можуть бути використані для побудови короткострокових прогнозів землетрусів в глобальній системі прогнозування сейсмічних явищ [14]. Одним з провісників є стан іонізованих часток верхньої атмосфери Землі. Міжнародний експеримент «Попередження», що готується у рамках державної космічної програми України, має зібрати відповідний статичний матеріал наукових даних, які дозволять відповісти на питання про можливість достовірного прогнозування сейсмічної активності цими методами. До складу комплексу наукової апаратури, що планується використати у ході довгострокового експерименту, входить мас-спектрометр Р-11. Цей прилад здатний аналізувати як нейтральний, так й іонізований компонент верхньої атмосфери Землі, він відповідає усім вимогам щодо роботи апаратури вимірювального комплексу в умовах відкритого космічного простору. Його основні параметри наведені у підсумковій порівняльній таблиці мас-спектрометрів розробки СКТБ ФТІНТ НАН України (табл. 1).

Наведені матеріали безумовно свідчать про значний науковий і технологічний доробок СКТБ ФТІНТ НАН України у галузі бортового мас-спектрометричного приладобудування, значний практичний досвід натурних експериментів, високий сучасний рівень обладнання.

Висловлюємо щирю подяку академіку В. В. Єрьоменку за підтримку та корисні дискусії.

1. А. с. 538629 СССР, МКІ² Н 01 J 3/04 Ионный источник / Н. Н. Багров, Л. Л. Солодовник, В. Х. Тесленко. — № 2115908 с приор. от 21.03.75 г., зарег. 13.08.76.

2. А. с. 695446 СССР, МКИ² Н 01 J 37/08 Ионный источник / Н. Н. Багров, В. Е. Гальченко, Л. Л. Солодовник. — № 2549535 с приор. от 02.12.77 г., зарег. 06.07.79 г.
3. Багров Н. Н., Веркин Б. И., Мартынкевич Г. М. и др. Однополюсный масс-спектрометр с криосорбционной откачкой для анализа состава верхней атмосферы Земли // Криогенная и вакуумная техника.—1973.—Вып. 3.—С. 45—49.
4. Багров Н. Н., Гусяков А. А., Фурманский А. Г. Радиочастотный одномерный масс-спектрометр // Приборы и техника эксперим.—1969.—№ 4.—С. 136—139.
5. Багров Н. Н., Пилипенко А. П., Ярмач А. Д. и др. Радиочастотный однополюсный масс-спектрометр РОМС-6. — Харьков, 1984.—14 с.—(Препринт / ФТИНТ АН УССР; № 37-84).
6. Барейс Л. И. Метод расчета параметров собственной внешней атмосферы орбитальной станции «Спейслэб» // Ракетн. техн. и космонавтика.—1980.—18, № 2.—С. 97—108.
7. Басс В. П. Наблюдения искусственных спутников Земли // Набл. искусственных спутников Земли 1986.—№ 24.—С. 158—179.
8. Басс В. П., Бразинский В. И., Пилипенко А. П. и др. Постановка и реализация натурального эксперимента по исследованию процессов массопереноса в окрестностях ИСЗ серии «Космос» // Механика жидкостей и газа: Сб. докл. междунар. школы-семинара ЦАГИ. 25.02.93 г.—01.03.93 г. — М., 1994.—Ч. 5.—С. 8.1—8.17.
9. Басс В. П., Солодовник Л. Л., Ярмач А. Д. Результаты натуральных экспериментов по исследованию параметров внешней атмосферы ИСЗ «Космос-1643» и «Космос-2007» // Тр. II-го Российско-Китайского симпозиума по космической науке и технике. Россия, Самара, 30 июня—4 июля 1992. — Самара, 1992.—С. 183—184.
10. Бондаренко С. И., Кислов А. М. Криогенная техника в космических исследованиях: разработки ФТИНТ НАН Украины // Космічна наука і технологія.—1995.—1, № 1.—С. 80—96.
11. Джейрам Р. Масс-спектрометрия: Теория и приложения. — М.: Мир, 1969.—252 с.
12. Кейзер Д. К., Чэтер У. Т., Чауэй К. К. и др. Спектрометр для определения состава верхней атмосферы // Аэрокосмическая техника.—1987.—№ 8.—С. 83—90.
13. Келдыш М. В., Маров М. Я. Космические исследования. — М.: Наука, 1981.—192 с.
14. Коцаренко М. Я., Корепанов В. С., Івченко В. М. Дослідження іоносферних провідників землетрусів (експеримент «Попередження») // Космічна наука і технологія.—1995.—1, № 1.—С. 96—100.
15. Пилипенко А. П., Багров Н. Н. Криосорбционный насос геофизического масс-спектрометра РОМС-3 // Криогенная и вакуумная техника.—1973.—Вып. 3.—С. 55—57.
16. Сурков Ю. А., Иванова В. Ф., Веркин Б. И. и др. Масс-спектрометрические исследования атмосферы Венеры на АМС «Венера-9» и «Венера-10» // Геохимия.—1978.—№ 4.—С. 506—513.
17. Тесленко В. Х., Багров Н. Н. Транзисторный генератор высокой частоты для однополюсного масс-спектрометра // Приборы и техника эксперим.—1973.—№ 1.—С. 135—136.

**MASS SPECTROMETRY OF THE UPPER
ATMOSPHERE AND MOLECULAR SURROUNDING
OF SPACECRAFT BY ON-BOARD SRDB ILTPh&E
INSTRUMENTS**

L. L. Solodovnik

A series of on-board mass spectrometers designed at the Special Research and Development Bureau of Institute for Low Temperature and Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine (SRDB ILTPh&E) for the research of the Earth's and Venus's upper atmospheres and of molecular environment of spacecraft is described. We consider some peculiarities in the operation of the on-board mass spectrometers, their basic analytical and technical characteristics, and some results of space experiments. The experiences on sounding the ionospheric D-region by meteorological MR-12 rocket at heights below 100 km and measuring the chemical composition of the layer under clouds in the Venusian atmosphere by the «Venera-9» and «Venera-10» modules landing is examined. The data obtained in the technological experiments on defining the composition and dynamics of the molecular environment of the «Cosmos» series satellites are analyzed.

УДК 551.501.81

Применение радиолокации Земли из космоса в гидрометеорологии

В. Б. Ефимов¹, И. А. Калмыков¹, О. А. Краснов¹,
А. С. Курекин¹, В. Н. Цымбал¹, В. А. Комяк², С. Е. Яцевич²

¹Центр радіофізичного зондування Землі НАН і НКА України, Харків

²Інститут радіофізики і електроніки НАН України, Харків

Надійшла до редакції 12.07.99

Подано узагальнений досвід роботи з визначення кількісних характеристик гідрометеорологічних явищ у системі атмосфера—океан—суша за радіолокаційними даними ШСЗ типу «Космос-1500», «Океан», «Січ-1».

Периодически регионы Земли подвергаются влиянию стихийных бедствий, таких как ураганы, наводнения, снежные заносы, сильные ливни, пыльные бури и др. Учитывая урон, наносимый различным отраслям народного хозяйства, а также возможные человеческие жертвы, необходима оперативная информация о состоянии атмосферы, рек, внутренних водоемов и морей для составления долгосрочных метеорологических прогнозов.

Оперативная информация о грозах, шквалах, зонах сильных осадков, снежных зарядов, пыльных бурь необходима для управления движением самолетов. Флоту различного назначения необходима информация о ветрах, штормах, морских течениях, вероятности встречи со льдом. Большое значение гидрологическая информация имеет для сельского хозяйства, где знание прогнозов позволяет уточнять сроки сева и уборки, целесообразность и период внесения удобрений, проведения мелиоративных работ [7].

Снежный покров оказывает существенное влияние на жизнедеятельность человека, поскольку его наличие определяет, прежде всего, энергетический и водный баланс поверхности Земли.

Интенсивность весеннего половодья во многом определяется скоростью таяния снега. Талые воды переполняют водоемы и болота, восполняют запасы грунтовых вод, увлажняют почву, создавая запасы влаги, величина которых имеет большое значение для будущего урожая. При этом, наряду с пользой от увеличения водных запасов, имеют место потери времени и материальных ресурсов, связанные с необходимостью расчистки от снега дренажных систем и с последствиями затопления вовлеченных в хозяйственную деятельность территорий.

В период нахождения Украины в составе СССР и в постсоветский период получила большое развитие сеть гидрометеорологических станций, постов, обсерваторий, на которых проводятся круглосуточные измерения по сложной программе. Однако и сейчас сеть станций недостаточна для описания полной картины гидрометеорологических условий в регионах.

В последнее время широкое распространение получили дистанционные методы зондирования атмосферы Земли и ее поверхности с привлечением радиолокаторов бокового обзора (РБО). Особый интерес в составлении гидрологических и метеорологических прогнозов представляет радиолокацион-

ная информация, получаемая в 3-см диапазоне радиоволн с метеорологических спутников типа «Сич-1», «Океан» [1]. Методы обработки данных радиолокационного зондирования основаны на установленных закономерностях рассеяния радиоволн объектами природной среды Земли [9], при этом используются количественные оценки характеристик рассеянных радиосигналов и интерактивный анализ радиолокационных изображений с привлечением сопутствующей информации.

В спектре задач, решаемых спутниковыми РБО для целей гидрометеорологии, можно выделить следующие.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЯ ПРИВОДНОГО ВЕТРА

При взаимодействии ветра с водной поверхностью происходит передача энергии атмосферы океану.

Энергия ветра является одним из главных факторов, порождающих основные системы течений океана. Определив абсолютные значения скоростей и направлений приводных ветров, вызванных различными метеообразованиями (от самых слабых до наиболее опасных — тропических циклонов), можно оценить их энергетику, влияние на структуру деятельного слоя океана и многое другое.

Необходимо подчеркнуть, что методика определения параметров поля приводного ветра по космической радиолокационной информации прошла всестороннюю апробацию в учреждениях Госкомгидромета и Управления гидрографии ВМФ бывшего СССР, на основании которой были выпущены нормативно-производственные методические указания [4].

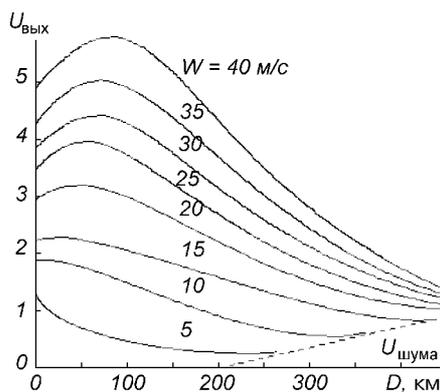


Рис. 1. Зависимости уровней сигналов в полосе обзора РБО «Сич-1» для различных состояний морской поверхности

Определение параметров поля приводного ветра над морской поверхностью по радиолокационным данным базируется на зависимости уровня рассеянного сигнала от скорости ветра и ориентации его вектора относительно направления зондирования. Высокая чувствительность спектральной плотности морской ряби, рассеивающей радиоволны сантиметрового диапазона, а следовательно, интенсивности рассеянного сигнала к изменениям вектора скорости приводного ветра, позволяет наблюдать даже слабые его вариации, что значительно облегчает установление направления ветра.

Для предварительной оценки состояния поля приводного ветра производится оперативный анализ космических радиоизображений, направленный на быстрое исследование структуры поля волнения, обнаружение различных неоднородностей и идентификацию их непосредственно по радиоизображению на экране дисплея или твердой копии. При визуальном анализе выделяются зоны повышенной яркости, обусловленные увеличением спектральной плотности ряби под воздействием приводного ветра и зоны понижения яркости, определяются их форма и направление. По структуре этих зон устанавливается тип атмосферного образования вызвавшего приводный ветер (атмосферный фронт, циклон, мезомасштабные конвективные ячейки и др.).

При исследовании тонкой структуры космических радиолокационных изображений морской поверхности в полосе обзора до 500 км часто можно определить направление приводного ветра с помощью различных косвенных признаков — трассиров. Направление ветра оценивается по косвенным признакам и структурным особенностям в пространственном распределении яркости на радиолокационном изображении. Такими признаками являются: радиолокационные тени за возвышенными участками побережья и за островами, связанные с экранированием части набегающего воздушного потока; характер и организация отдельных ячеек в поле пространственно упорядоченной мезомасштабной конвекции; периодические структуры, вызванные орографическими подветренными волнами; протяженные полосчатые структуры, вытянутые параллельно направлению вектора приводного ветра, ориентация зон схождения ветровых потоков и многое другое.

Для определения характера атмосферного образования и направления ветра целесообразно привлекать оптическую информацию (если это возможно), получаемую на ИСЗ «Сич-1» синхронно с радиолокационной, а также данные контактных наземных измерений.

При оперативном анализе радиолокационных

изображений (РЛИ) основным этапом является оценка интенсивности рассеянных сигналов, которая производится сопоставлением по яркости участков рабочего поля радиоизображения с градационными уровнями радиолокационной калибровки. По найденным значениям уровней рассеянных сигналов и направлениям ветра при помощи расчетных зависимостей (на рис. 1 представлены расчетные

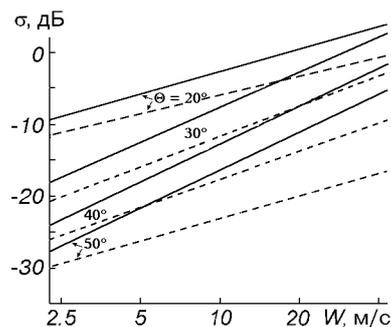


Рис. 2. Обобщенные зависимости удельной ЭПР σ° морской поверхности от скорости приводного ветра W для $\lambda = 3$ см для вертикальной поляризации при облучении поверхности навстречу ветру (сплошные линии) и ортогонально к нему (штриховые линии) для различных углов падения Θ

зависимости уровней сигналов в полосе обзора РБО «Сич-1» при различных состояниях морской поверхности; зависимости построены для наиболее часто используемого режима работы РБО) определяется модуль скорости приводного ветра. Следует подчеркнуть, что данные рис. 1 получены для случая направления зондирования поверхности навстречу ветру, поэтому для получения данных при произвольном направлении зондирования необходимо учесть азимутальную зависимость интенсивности рассеянных сигналов от направлений приводного ветра [4].

Для получения более точных оценок параметров приводного ветра используются обобщенные зависимости удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) поверхности океана σ° от скорости приводного ветра $|W|$ для различных углов падения Θ (рис. 2). Эти зависимости получены путем расчетов на базе модели избирательного рассеяния радиоволн взволнованной морской поверхностью [14] и коррекции результатов расчетов по данным многолетних экспериментов [3], проведенных с борта вертолета и самолета-лаборатории.

На рис. 3, а приведено радиолокационное изображение поверхности Тихого океана возле южного

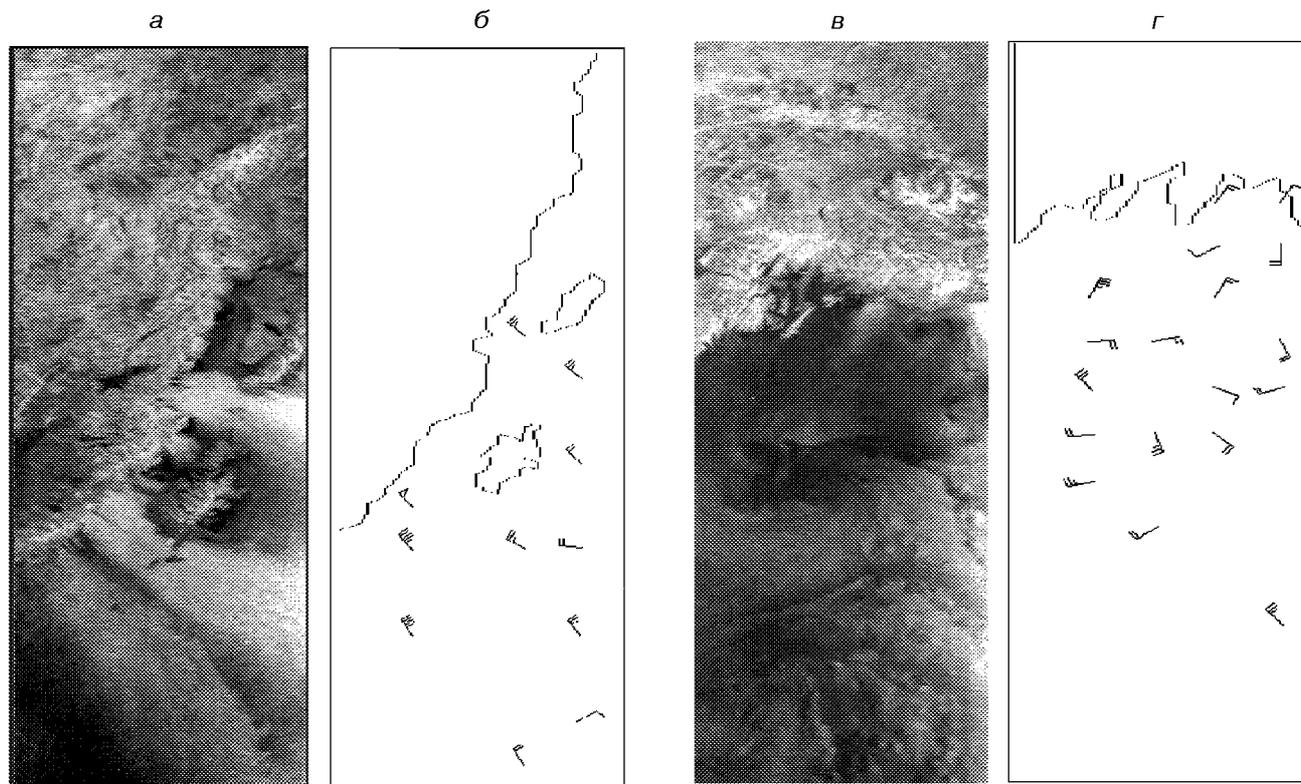


Рис. 3. Радиолокационное изображение участка Тихого океана (залив Аляска), полученное РБО ИСЗ «Сич-1» 10.01.96 г. (а) и 12.01.96 г. (б), и соответствующие карты поля приводного ветра, полученные в результате обработки радиолокационной информации (в, г)

побережья Аляски, полученное РБО ИСЗ «Сич-1» 10.01.96 г. На радиолокационном изображении отчетливо проявляются «отпечатки» мощных потоков приводного ветра: двух потоков южнее о-ва Кадьяк и одного — севернее. Генеральное направление ветровых потоков у морской поверхности по радиоизображению определяется однозначно — с СЗ на ЮВ, об этом свидетельствуют как ориентация самих потоков воздушных масс, так и ориентация зон затенения у побережья и островов. При обработке изображения такого типа пространственное усреднение радиолокационных данных, необходимое для повышения точности определения σ° поверхности, может быть выполнено по достаточно большим участкам около $50 \times 50 \text{ км}^2$.

На рис. 3, б представлена карта приводного ветра, построенная при обработке изображения 3, а на ЭВМ. Видно, что скорость ветра в потоках достигает 20 м/с. Особую ценность радиолокационных данных составляет возможность точного определения положения границ ветровых потоков, т. е. зон наиболее опасных для мореплавания (ветер здесь резко изменяется на небольших расстояниях порядка 1—2 км), которое невозможно провести при помощи других средств дистанционного зондирования и контактных измерений.

Несколько иная ветровая атмосферная ситуация представлена на радиолокационном изображении этого же района (рис. 3, в), полученном 12.01.96 г. Атмосферные процессы в этом районе характеризуются интенсивной мезомасштабной конвекцией, более устойчивой в южной части. В северной части изображения океанской поверхности (на периферии поля мезомасштабной конвекции) наблюдаются процессы развития атмосферной неустойчивости — генерация целого ряда мезомасштабных вихрей. В этих условиях направление приводного ветра резко изменяется на относительно небольших расстояниях. В поле мезомасштабных конвективных ячеек изменение направления ветра происходит столь часто, что это практически невозможно отобразить в карте поля приводного ветра. Для этого случая можно оценить направление генерального перемещения воздушной массы (для стабильного поля мезомасштабной конвекции), а также диапазон изменения скорости приводного ветра. В нижней части снимка изменение скорости приводного ветра составляет 10—15 м/с. Направление и скорость приводного ветра для остальной части изображения приведены на рис. 3, г.

Анализ большого количества радиолокационных изображений взволнованной морской поверхности позволяет сделать заключение о возможности наблюдения зарождения и развития самых различных

атмосферных процессов, в том числе и наиболее динамичных и грозных — тропических и внетропических циклонов. Действительно, РБО позволяют контролировать развитие атмосферных вихрей как в самом начале их зарождения (при скоростях приводного ветра 5—10 м/с), так и в развитом состоянии, когда скорость ветра в тропических циклонах достигает 50 м/с и более [13].

ДИАГНОСТИКА МОРСКИХ ЛЬДОВ КОСМИЧЕСКИМИ РБО

Обширные площади полярных морей, океанов, а также внутренних водоемов могут быть покрыты слоем льда различной толщины. Нарастание, дрейф и разрушение ледяного покрова связаны с динамическими и термодинамическими процессами в атмосфере и океане. В свою очередь, лед оказывает существенное влияние на тепловой баланс Земли, что должно учитываться при глобальных и региональных метеорологических и гидрологических прогнозах, климатических исследованиях и т. д. [5].

В отличие от морской поверхности, представляющей собой однородную в диэлектрическом смысле среду, характеристики рассеяния которой определяются только состоянием (статистическими свойствами) поверхности, лед представляет собой чрезвычайно сложную систему. Диэлектрические свойства льда определяются условиями образования, температурой, соленостью, возрастом (толщиной) и заметно изменяются во времени. Многообразие физических свойств и трудности, возникающие при решении задач рассеяния радиоволн ледяными покровами, не позволяют создать единую модель, адекватно описывающую процессы рассеяния, поэтому основу методов интерпретации результатов зондирования льдов составляют обобщенные экспериментальные данные.

На рис. 4 приведены результаты измерений $\sigma^\circ(\Theta)$ морских льдов различного возраста в осенне-зимний период года, построенные на основе банка данных радиолокационных отражений, созданном в ИРЭ НАНУ и ЦРЗЗ НАНУ и НККАУ. Представленные зависимости охватывают основные виды дрейфующих льдов в Арктическом бассейне в соответствии с международной классификацией морских ледовых карт [8].

Обобщенная экспериментальная зависимость удельной ЭПР от возраста льда представлена на рис. 5. Приведенная зависимость в общем виде характеризует изменение УЭПР с возрастом морского льда и составляет основу методов интерпре-

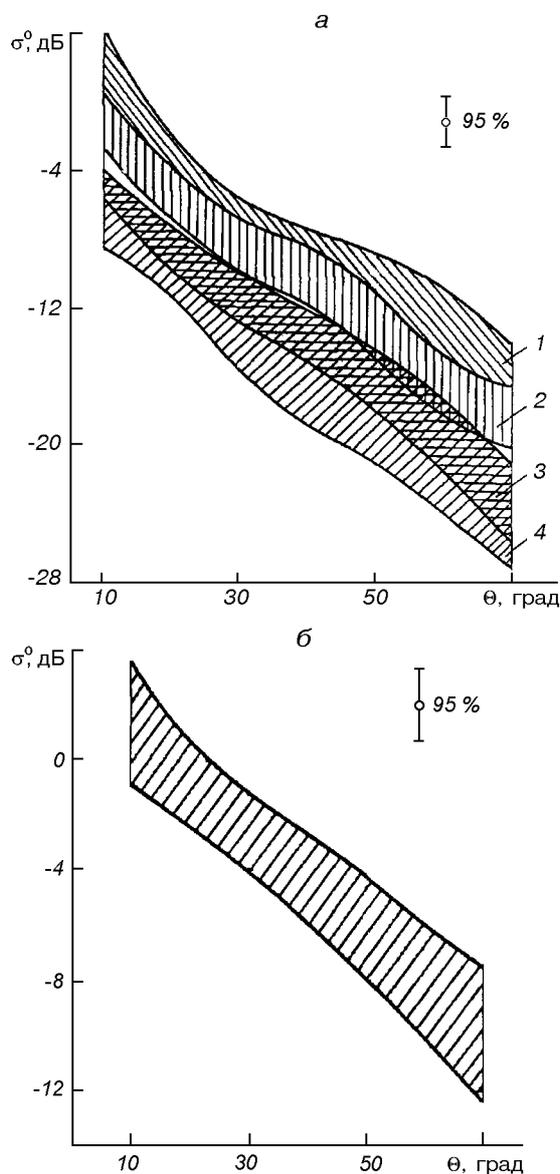


Рис. 4. Угловая зависимость удельной ЭПР: *a* — для льдов осеннего и зимнего происхождения (1 — нилас, 2 — молодой лед, 3 — тонкий однолетний лед, 4 — толстый однолетний лед); *б* — для многолетних льдов

тации космической радиолокационной ледовой информации [2].

Наряду с этим, при интерпретации данных РЛ-зондирования широко применяются методы качественного анализа РЛИ, основанные на сравнении получаемых радиоизображений с эталонными, характерными для конкретного типа ледяного покрова [10].

Следует отметить, что обобщенные данные (рис. 5), как и приведенные в [10] дешифровочные

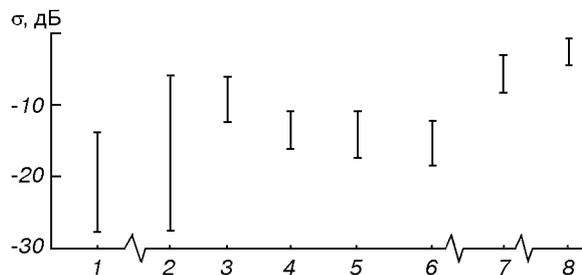


Рис. 5. Обобщенная зависимость удельной ЭПР морского льда от возраста (толщины) для $\theta \approx 40^\circ$: 1 — море, скорость ветра 0—10 м/с, 2 — нилас ($h < 10$ см), 3 — молодой лед ($h = 10-30$ см), 4 — тонкий однолетний лед ($h = 30-70$ см), 5 — средний однолетний лед ($h = 70-120$ см), 6 — толстый однолетний лед ($h > 120$ см), 7 — многолетний лед ($h > 200$ см), 8 — шельфовые ледники

признаки, не охватывают всего многообразия ситуаций, возникающих при наблюдениях в натуральных условиях, поэтому при интерпретации радиолокационных изображений необходимо привлекать дополнительную информацию (данные о гидрометеорологическом режиме в районе наблюдений, сопутствующую метеорологическую информацию и т. д.) [2, 10].

Значительный научный и практический интерес представляют исследования пространственного распределения толщины морского льда в зимний период года. Как показано выше, связь УЭПР морского льда с его возрастом (толщиной) может быть использована для решения этих задач радиолокационной аппаратурой космического базирования. На рис. 6 приведен монтаж РЛИ Аляски и прилегающих районов Северного Ледовитого океана. РЛИ охватывает обширный район ледяного покрова различного возраста. На РЛИ возможно выделение участков с морскими льдами, отличающихся яркостью, а следовательно, и УЭПР. Основываясь на обобщенных связях УЭПР морского льда с его возрастом и принимая во внимание особенности гидрометеорологического режима в рассматриваемом районе, можно выделить зоны распространения многолетнего льда, однолетнего припая, зоны торосистого однолетнего припая, заприпайной полыньи.

Регулярные наблюдения ледовой обстановки позволяют определять скорости дрейфа различных участков ледяных полей и образований. Эта информация может быть использована для непрерывного построения карт течений и дрейфа льдов, что является важным для изучения полярных районов.

Результаты РЛ-съемки космическими РБО могут быть использованы и для наблюдения процессов

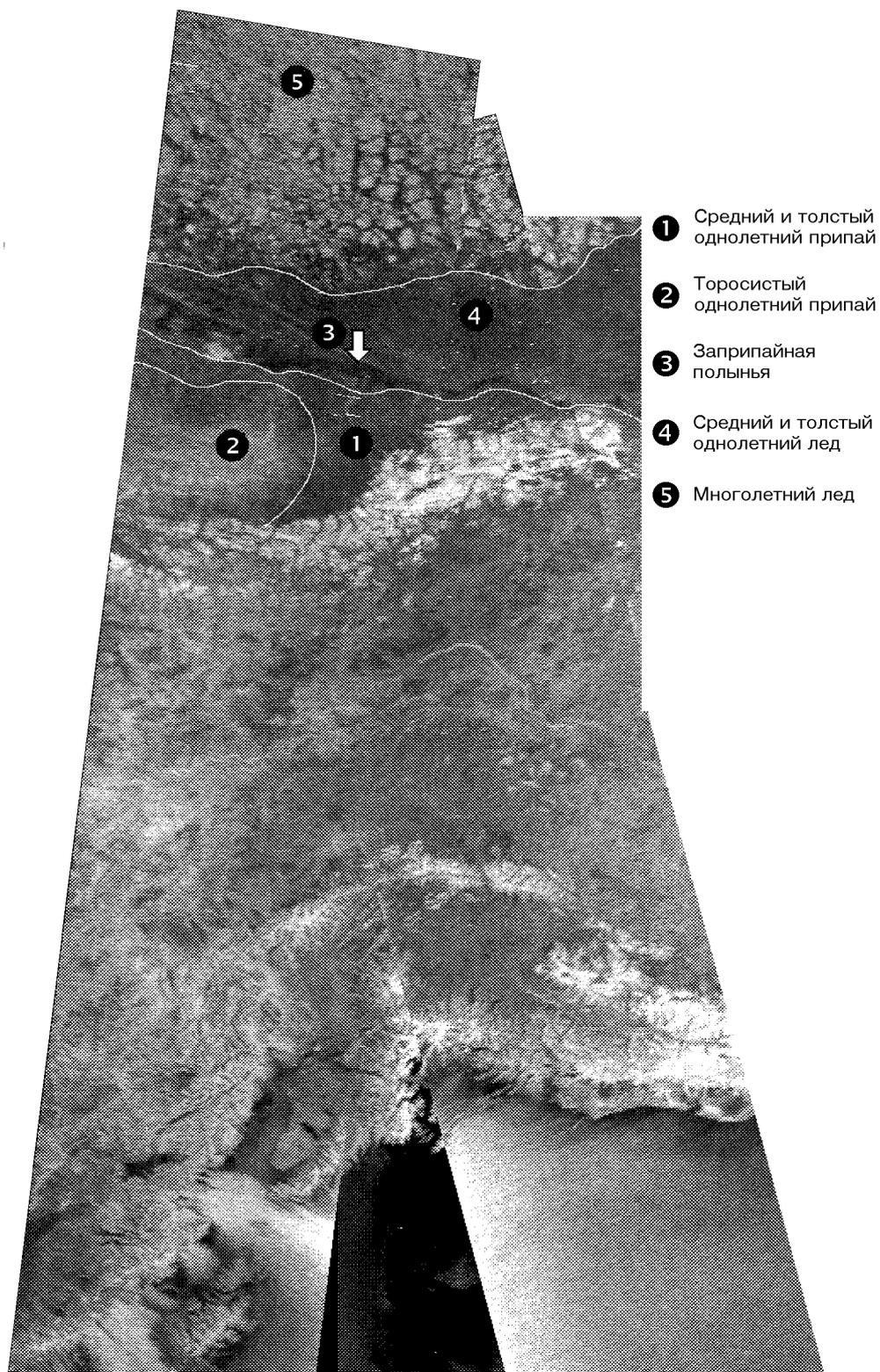


Рис. 6. Монтаж РЛИ Аляски ИСЗ «Сич-1»

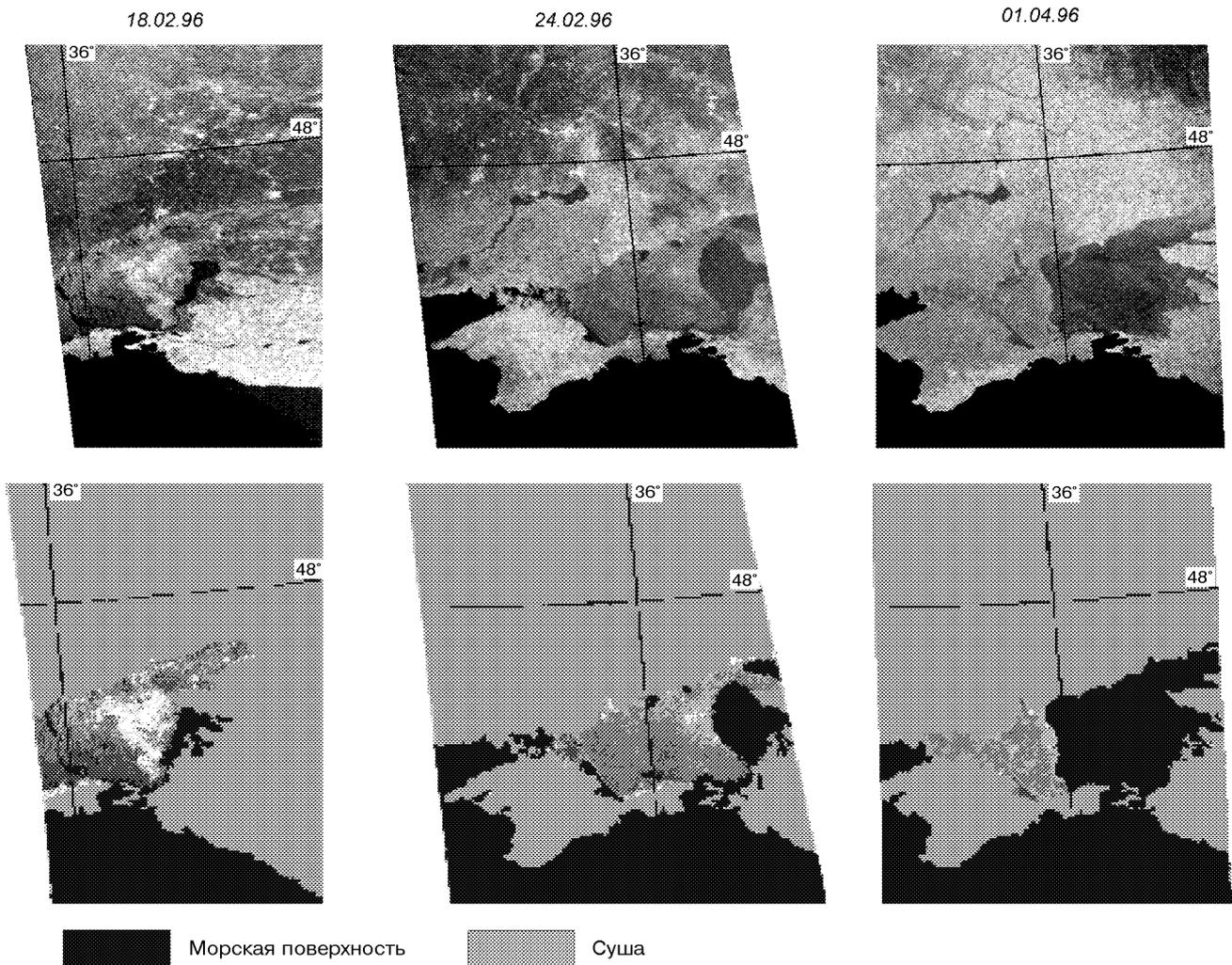


Рис. 7. Динамика ледяного покрова в Азовском море

льдообразования в бассейнах Черного и Азовского морей. На рис. 7 представлены РЛ-изображения акватории Азовского моря, полученные РБО ИСЗ «Січ-1». Там же приведены результаты тематической обработки, позволяющие проследить динамику изменения ледовой обстановки. Подобная информация представляет несомненный интерес при осуществлении навигации в бассейне Азовского моря.

НАБЛЮДЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СУШИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ГОДА

Для снежного покрова характерна высокая пространственная изменчивость физических свойств, обусловленная макро-, мезо- и микромасштабными

процессами в атмосфере, рельефом, растительным покровом и т. п. В пределах одного климатического района аккумуляция снега происходит определенным, характерным для данных ландшафтных условий, образом. При этом растительный покров, определяющий в основном пространственную изменчивость снежного покрова, оказывается под воздействием этой изменчивости. Хорошо известно влияние разных типов лесов на аккумуляцию снега.

Толщина снежного покрова является одной из основных характеристик, поскольку существует связь между толщиной снега и его свойствами, в частности с тепловым режимом, и как следствие, с его способностью изолировать поверхность Земли от внешних воздействий. Хотя температурные градиенты и обусловленный ими метаморфизм снежного покрова ярче выражены при небольшой глуби-

не снега, снежный покров одинаковой толщины, находящийся на разных стадиях метаморфизма, может иметь различный температурный режим при сходных погодных условиях.

Снег может обладать разными физическими свойствами в зависимости от формы кристаллов. По мере уплотнения снежного покрова изменяется его толщина и теплопроводность, т. е. необходимо учитывать его свойства за весь период существования. При этом особенно важны периоды в начале формирования снежного покрова, во время снеготаяния, и особенно в период с резкими температурными перепадами.

Основной вклад в величину удельной ЭПР заснеженной земной поверхности могут давать следующие механизмы рассеяния: рассеяние на шероховатой границе раздела «воздух—снег», рассеяние на объемных (внутренних) неоднородностях снега, рассеяние на шероховатой границе раздела «снег—почва» [15].

В зависимости от толщины и структуры снежного покрова, температуры и влажности почвы и снега, непосредственного воздействия солнечной радиации и других факторов, относительный вклад перечисленных механизмов рассеяния может быть различным. Одним из основных параметров, определяющим характер рассеяния радиоволн снежным покровом, является глубина проникновения радиоволн (толщина скин-слоя) l_3 [12]:

$$l_3 = \frac{\lambda \sqrt{\varepsilon'}}{2\pi \varepsilon''} \quad (\varepsilon'' \ll \varepsilon'),$$

где λ — длина зондирующей радиоволны.

В СВЧ-диапазоне для сухого снега при отрицательных температурах, как следует из [12], действительная часть ε' практически не зависит от температуры и частоты и является функцией плотности снега ρ_c , изменяясь от $\varepsilon' \approx 1.2$ при $\rho_c = 0.1 \text{ г/см}^3$ до $\varepsilon' \approx 2.8$ при $\rho_c = 0.8 \text{ г/см}^3$. Плотность ρ_c , в свою очередь, определяется условиями выпадения снега (скорость ветра, температура и т. д.) и изменениями гидрометеоусловий в течение всего периода с момента образования снежного покрова до момента наблюдений. Затухание радиоволн при их распространении в снеге (при отсутствии свободной влаги) определяется тангенсом угла потерь $\text{tg} \delta = \varepsilon''/\varepsilon'$, величина которого на частоте 10 ГГц изменяется от $5 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ при изменении температуры от -5°C до -30°C .

Таким образом, для сухого снега толщина скин-слоя может достигать нескольких метров. В предположении, что объемные неоднородности снежной массы (элементарные рассеиватели) распределены равномерно по глубине, величина УЭПР, связанная

непосредственно с объемным рассеянием, прямо пропорциональна толщине снежного покрова (сухого и однородного по глубине). Рассеянием на границе «воздух—снег» можно пренебречь по крайней мере по двум причинам: во-первых, из-за малого «контраста» (скачка ε') на границе «воздух—снег», во-вторых — из-за сравнительной «гладкости» поверхности снега в сантиметровом диапазоне радиоволн. Что же касается рассеяния на границе «снег—почва», то вклад этого механизма при отрицательных температурах также является значительно ослабленным из-за близости значений ε снега и промерзшей почвы.

По мере повышения температуры и увеличения влажности m_v снега (появления свободной воды) поглощение в снеге значительно увеличивается (при $\rho_c \approx 0.25 \text{ г/см}^3$ и $m_v \approx 2\%$ на частоте 10 ГГц ε'' увеличивается на три порядка и достигает значения 0.1). При этом l_3 уменьшается до нескольких сантиметров, так что рассеяние радиоволн поверхностью почвы полностью экранируется даже достаточно тонким снежным покровом.

При переходе от отрицательных температур к положительным, а тем более во время интенсивного таяния, наблюдается снижение уровня рассеянного сигнала из-за появления больших площадей влажного снега с практически гладкой поверхностью, а тем более участков воды. Зависимость σ° от толщины снежного покрова при этом полностью нивелируется, так как из-за малой величины δ весь процесс рассеяния происходит в тонком приповерхностном слое толщиной не более 1 см (для $\lambda = 3 \text{ см}$).

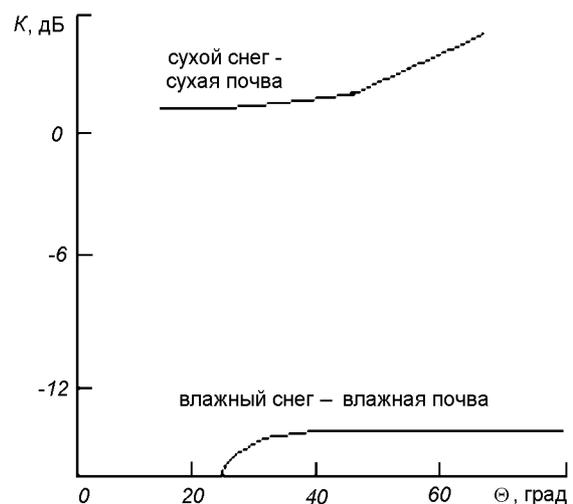


Рис. 8. Значения контрастов сухой снег — сухая почва и влажный снег — влажная почва ($m_v = 30\%$ от угла падения Θ)

В работе [6] показано, что отношение удельных ЭПР сухого снега и почвы положительно, слабо зависит от угла падения и не превышает в диапазоне углов 20° — 70° величины $K_{\max} \approx 5$ дБ, что видно из рис. 8. В то же время отношение УЭПР влажного снега относительно почвы с объемным влагосодержанием около 30 % отрицательно и достигает 14 дБ.

В качестве примера на рис. 9, а приведено радиолокационное изображение ИСЗ «Сич-1», отображающее характерную ситуацию на востоке Украины в феврале 1996 г. Начавшаяся оттепель привела к таянию снега на юге Украины. На изображении четко просматривается граница распространения снежного покрова. Южнее ее наблю-

дается положительный контраст, связанный с рассеянием от влажной шероховатой поверхности почвогрунтов. Севернее изображение имеет малую интенсивность, что вызвано ослаблением отраженного сигнала в слое мокрого снега с влагосодержанием более 60 см. Зона такого снега распространяется до линии городов Луцк—Киев—Кременчуг.

В северной части Украины погодные условия другие. Здесь температура воздуха не превышает 0°C и влагосодержание снежного покрова не более 40 см. Определяющим механизмом рассеяния в этой зоне является объемное рассеяние в снеге. В результате интенсивность в этой части изображения выше, чем в зоне со снегом, содержащим большое количество влаги.

а

б

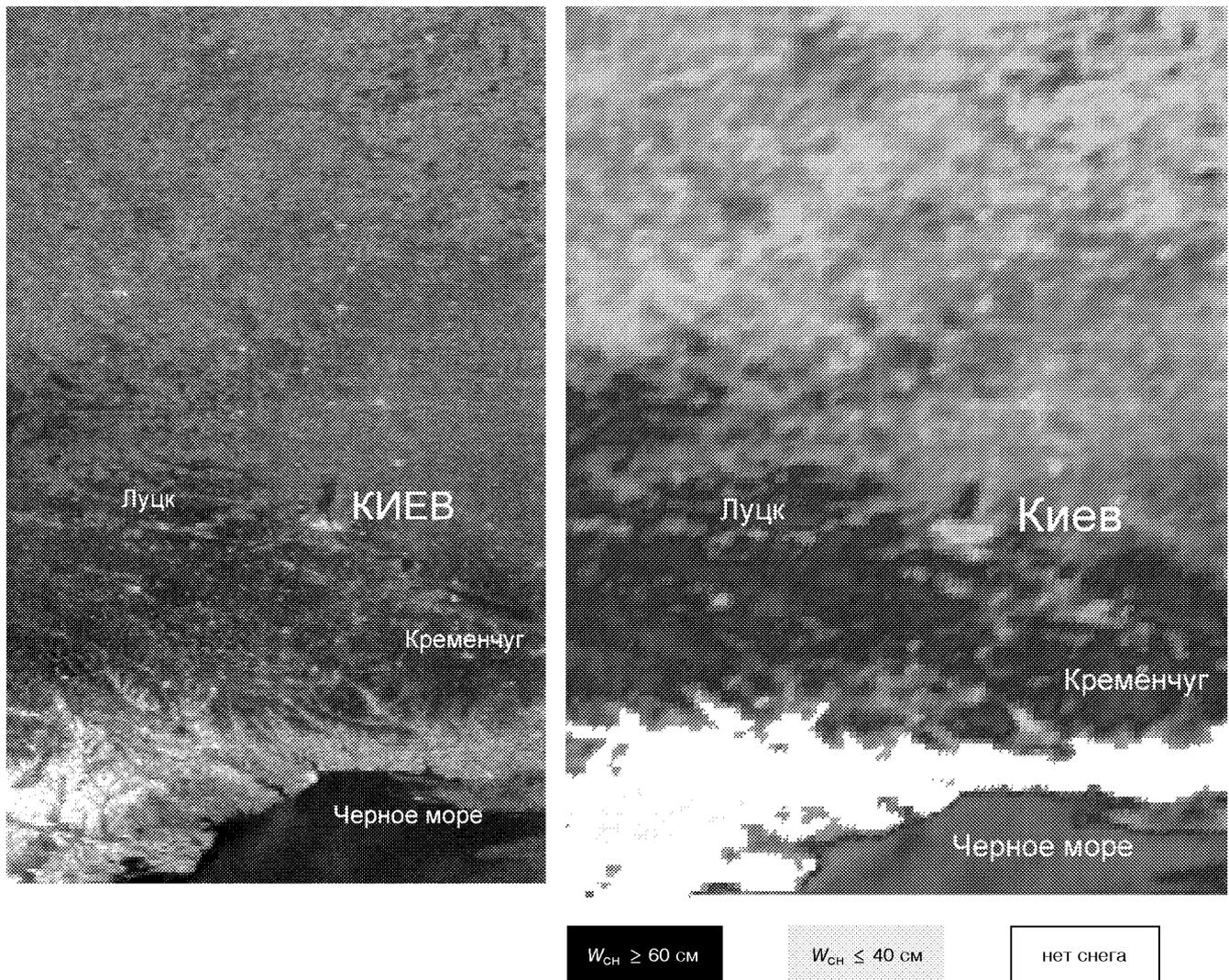


Рис. 9. Границы снежного покрова и его влагосодержание w , см. на территории Украины 21 марта 1996 г.

Обработка этих данных позволила получить тематическую карту распространения границы снежного покрова и его областей с различным содержанием влаги. Карта представлена на рис. 9, б. Полученные результаты достаточно хорошо коррелируют с данными сети наземных метеостанций и существенно дополняют их. В частности, при относительно редкой сети наземных станций они позволяют точнее определять границы снежного покрова и зон различного влагосодержания в снеге. Подобная информация представляет значительный интерес при разработке прогнозов таяния снега и интенсивности ожидаемого паводка.

РЛ информация ИСЗ «Сич-1», полученная в зимний период года, может использоваться для прогнозирования размеров зон подтоплений в период весеннего паводка. Об этом свидетельствует пример двух РЛИ от 24.02.96 и от 04.04.96. На рис. 10, а светлым тоном выделяются замерзшие поймы рек бассейна Днепра и бассейна реки Северский Донец в зимний период. В период весеннего паводка (рис. 10, б) поймы этих же рек выделяются темным тоном, что обусловлено более низким уровнем рассеяния от водной поверхности поймы по сравнению с уровнем рассеяния от снежного покрова. Как видно, пространственные размеры замерзших пойм и подтопленных участков в весенний период практически совпадают.

МОНИТОРИНГ ЗОН СВЕЖЕВЫПАВШИХ ОСАДКОВ ПО РАДИОЛОКАЦИОННЫМ ДАННЫМ

Весьма перспективным представляется оперативное использование данных обзорных радиолокационных систем космического базирования для опреде-

ления пространственных и количественных характеристик свежес выпавших осадков как на региональном уровне, так и в глобальном масштабе. Результаты радиолокационной съемки из космоса позволяют существенно увеличить количество и качество метеорологической информации.

На сегодняшний день сеть гидрометеостанций не позволяет детально исследовать пространственную структуру выпадающих осадков в виде дождей, так как во многих районах эта сеть является достаточно редкой, и не все проявления осадков могут быть зафиксированы, особенно если они имеют малую среднюю скорость переноса и относительно небольшие пространственные размеры. Возможность определения влажностных характеристик почвы по данным радиолокационного зондирования рассматривалась в ряде работ (например [10, 16]) и основывается на существующих связях УЭПР с диэлектрической проницаемостью почвы. В свою очередь диэлектрическая проницаемость связана с влажностью почвы. Согласно [11] в первом приближении зависимость комплексной диэлектрической проницаемости почвы $\tilde{\epsilon}_D$ от влажности w в сантиметровом диапазоне радиоволн имеет линейный характер:

$$\tilde{\epsilon}_D = \epsilon_0 + (\epsilon_0 - 1)\tilde{\epsilon}_w w,$$

где w — относительная влажность почвы, ϵ_0 — диэлектрическая проницаемость почвы при отсутствии воды, $\tilde{\epsilon}_w$ — комплексная диэлектрическая проницаемость воды. Зависимость $\tilde{\epsilon}_w$ воды от температуры (T) и длины радиоволны λ в [16] аппроксимируется выражением:

$$\tilde{\epsilon}_w = 5 + \frac{\epsilon_s - 5}{1 + i \frac{\lambda_s}{\lambda}} - i60\lambda\xi,$$

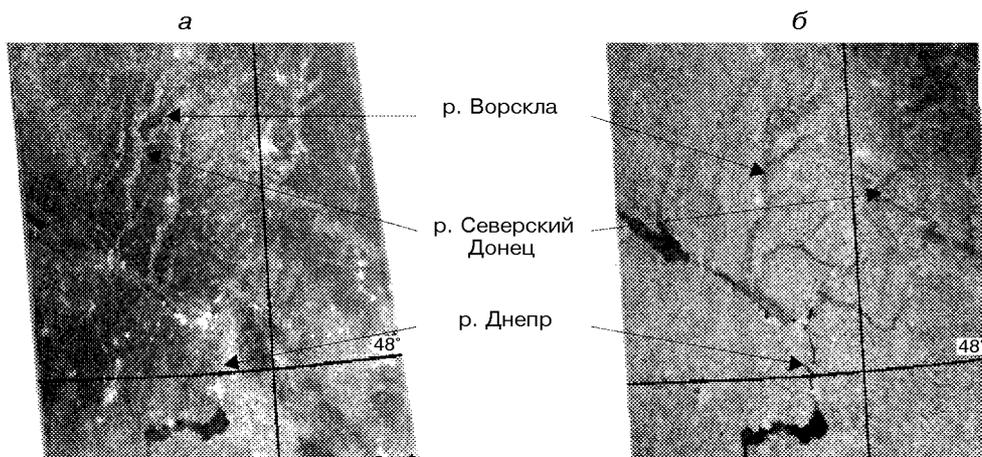


Рис. 10. Сезонные РЛИ бассейнов рек Днепр, Северский Донец, Ворскла (а — зимний период года, б — в весенний период года). Наблюдается изменение контрастов пойменной части рек

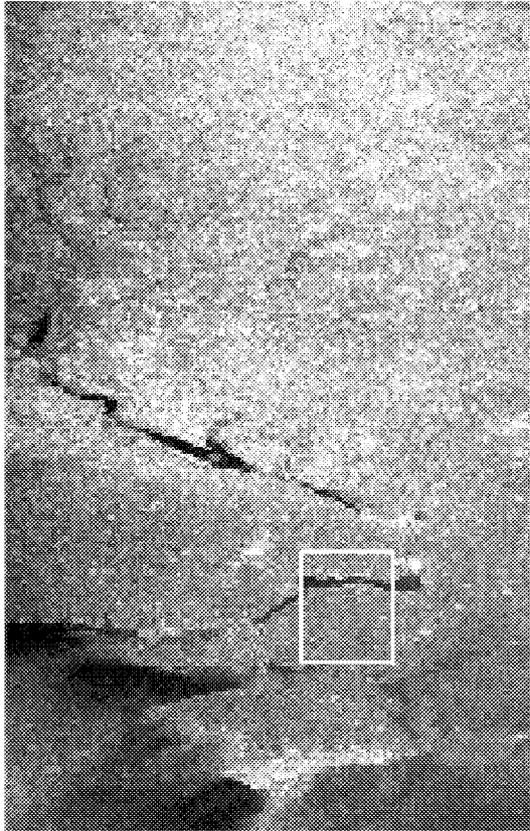


Рис. 11. Радиолокационное изображение поверхности суши до выпадения дождей)

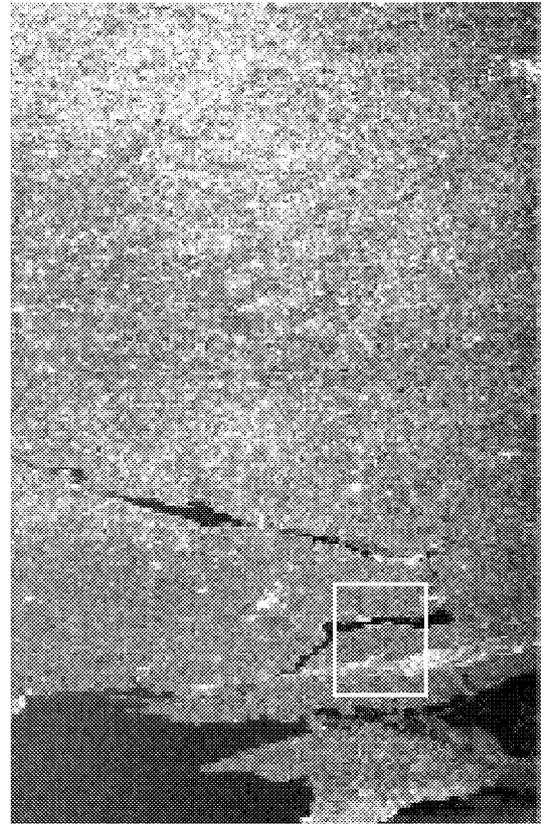


Рис. 12. Радиолокационное изображение поверхности суши с зонами выпавших осадков

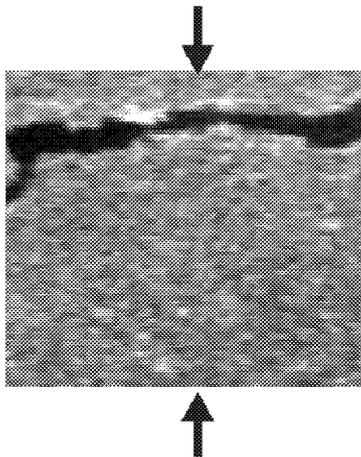


Рис. 13. Фрагмент РЛ-изображения 21.04.96

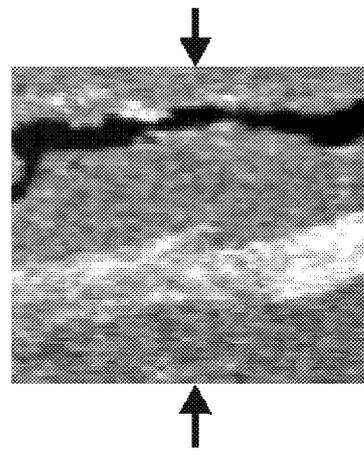


Рис. 14. Фрагмент РЛ-изображения 24.04.96

где $\epsilon_s = 88 - 0.4T + 8 \cdot 10^{-4}T^2$, $\lambda_s = 1.9 - 0.0026T + 1.4e^{-0.063T}$.

Проводимость растворенных в воде солей ξ связана с концентрацией солей S соотношением $\xi = S(85 + 3.4T)$.

Однако получение практических результатов и

оценок влажности почвы по данным радиолокационной съемки в натуральных условиях затруднительно. Последнее обстоятельство связано с отсутствием моделей, адекватно описывающих процессы рассеяния радиоволн природными почвогрунтами, многообразием ситуаций, возникающих при проведении

измерений в натуральных условиях, ограниченным объемом экспериментальных данных и т. д. Кроме того, необходимо учитывать особенности формирования информации радиолокационными системами, которые применяются для проведения измерений (рабочая длина радиоволны, углы наблюдения, пространственное разрешение и т. д.).

Вместе с тем регулярный мониторинг РБО «Січ-1» территории Украины позволил провести экспериментальные исследования по оценке возможности практического использования данных космических РБО для определения влажности в верхнем слое почвы.

Ниже в качестве примера приведены изображения, полученные РБО ИСЗ «Січ-1» 21.04.96 г. — при сухой погоде, и 24.04.96 г. — сразу после дождя (рис. 11, 12). Наличие выпавших осадков подтвердили результаты съемки в оптическом и ИК-диапазонах, полученные ИСЗ NOAA-12 синхронно с радиолокационными данными, и материалы наземных наблюдений подразделениями Гидрометцентра Украины.

Для определения зон выпадения осадков был выбран фрагмент на РЛИ в районе южнее Каховского водохранилища. Данная территория характеризуется как равнина без лесных массивов с естественной степной растительностью. Почвы в основном черноземные, к югу — суглинистые, местами — глинистые и песчаные.

На радиолокационном изображении зоны свежес выпавших осадков проявляются в виде областей с повышенной отражательной способностью. На рис. 13 и 14 представлены фрагменты изображений 21.04.96 г. и 24.04.96 г., соответствующие выбранному участку. На фрагменте рис. 14 явно выделя-

ются зоны выпадения дождей, тогда как на другом эти зоны отсутствуют. Зоны проявляются в виде неоднородных областей с повышенной интенсивностью отражений.

Для определения значений радиолокационных контрастов по зонам свежес выпавших осадков и без них использованы значения УЭПР, полученные из радиолокационных изображений. Радиолокационные контрасты определялись как $K = 10 \lg \frac{\sigma_m^0(\Theta)}{\sigma_0^0(\Theta)}$,

где σ_m^0 и σ_0^0 — значения УЭПР в зоне свежес выпавших осадков и без них соответственно.

Для оценки радиолокационных контрастов использовались разрезы по столбцу изображения. С учетом орбитальных параметров ИСЗ и режима радиолокационной съемки столбца на приведенных изображениях выбирались для одинаковых значений угла Θ . Пример значения сигнала по столбцу изображения представлен на рис. 15. Значения радиолокационного контраста K представлены на рис. 16.

Как видно, максимальный контраст в зоне свежес выпавших осадков достигает 6 дБ. Зона свежес выпавших осадков, выделенная на радиолокационном изображении, коррелирует с данными контактных измерений, проведенных подразделениями гидрометеослужбы, а полученные значения контраста соответствуют дождю средней интенсивности.

Анализ радиолокационных данных, полученных в период эксплуатации РБО ИСЗ «Січ-1», показал, что с привлечением известных моделей рассеяния радиоволн земной поверхностью и регрессионных зависимостей, построенных по базовым данным радиолокационной съемки, можно получать инфор-

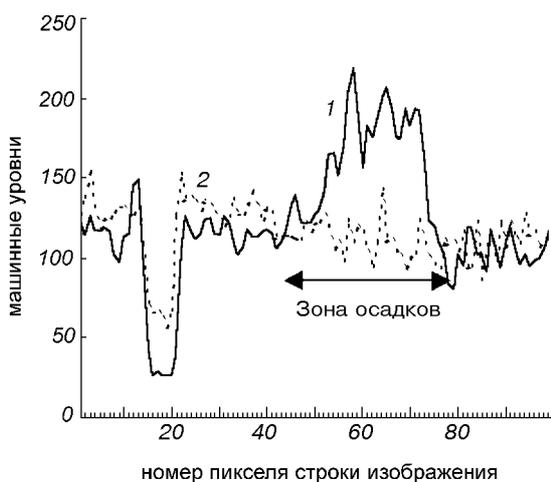


Рис. 15. Значения УЭПР для изображений рис. 13 и 14



Рис. 16. Контрасты по зоне свежес выпавших осадков

мацию о пространственном распределении осадков и оценивать их количество.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного в работе анализа показано, что с помощью информации, получаемой РБО космического базирования (установленных, в частности, на ИСЗ «Космос-1500», «Сич-1», «Океан») можно решать ряд важных гидрометеорологических задач.

На примерах анализа радиолокационных изображений, полученных РБО ИСЗ «Сич-1», в данной работе показано, что по данным радиолокационной съемки из космоса можно определять поля приводного ветра, обнаруживать зоны штормов и шквалов, контролировать энергоактивные процессы взаимодействия в системе «океан—атмосфера», в том числе обнаруживать, контролировать и измерять параметры ураганов и тайфунов, проводить работы по гидрометеорологическому обеспечению мореплавания в ледовых районах, наблюдать динамику развития снежного покрова и определять границы снеготаяния, зоны выпадения осадков.

Использование радиолокационных данных в комплексе с наземными измерениями может стать основой для создания в Украине оперативной службы прогнозирования критических ситуаций, связанных со снеготаянием, разливом рек, подтоплением берегов и т. п.

Дальнейшими перспективными направлениями могут стать исследования возможности адаптации описанных в работе методов интерпретации к радиолокационным данным, получаемым с помощью существующих и планируемых к запуску космических радиолокаторов с синтезированной апертурой типа RADARSAT, ERS, ENVISAT, LightSAR, а также детальная проработка методик интерпретации радиолокационных изображений применительно к конкретным гидрометеорологическим задачам с привлечением специалистов-гидрометеорологов.

1. Драновский В. И., Дюняшев В. В., Евдокимов А. П. и др. Комплекс радиофизической аппаратуры ИСЗ «Сич-1» // Космічна наука і технологія.—1998.—4, № 2/3.—С. 12—20.
2. Исследование ледяного покрова с помощью радиолокационных станций бокового обзора (РЛС БО) / А. В. Бушуев,

Ю. Д. Быченков, В. С. Лощилов, А. Д. Масанов. — Л.: Гидрометеоздат, 1985.—264 с.

3. Калмыков А. И., Пичугин А. П., Цымбал В. Н. Определение поля приводного ветра радиолокационной системой бокового обзора ИСЗ «Космос-1500» // Исслед. Земли из космоса.—1985.—№ 4.—С. 65—77.
4. Калмыков А. И., Цымбал В. Н. Использование радиолокационной спутниковой информации для изучения поля приводного ветра // Методические указания по комплексному использованию спутниковой информации для изучения морей. — Л.: Гидрометеоздат, 1987.—С. 100—136.
5. Кондратьев К. Я. Спутниковая климатология. — Л.: Гидрометеоздат, 1983.—263 с.
6. Кулемин Г. П., Харченко Т. Н., Яцевич С. Е. Дистанционное зондирование снега радиолокационными методами. — Харьков, 1992.—36 с.—Препринт ИРЭ НАНУ N 92-8.
7. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. — Л.: Гидрометеоздат, 1984.—752 с.
8. Международная символика для морских ледовых карт и номенклатура морских льдов / Под ред. Б. А. Крутских. — Л.: Гидрометеоздат, 1984.—56 с.
9. Радиолокационные методы исследования Земли / Под ред. Ю. А. Мельника. — М.: Сов. радио, 1980.—262 с.
10. Радиолокация поверхности Земли из космоса / Под ред. Л. М. Митника, Л. В. Викторова. — Л.: Гидрометеоздат, 1990.—200 с.
11. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Сколника. — М.: Сов. радио, 1976.—456 с.
12. Улаби Ф. Т. Радиолокационные сигнатуры земной поверхности и контроль возобновляемых ресурсов // ТИИЭР.—1982.—70, № 12.—С. 43—64.
13. Уткин В. Ф., Шестопалов В. П., Калмыков А. И. и др. Возможности определения параметров тропических циклонов по радиолокационным изображениям из космоса // ДАН СССР.—1986.—286, № 2.—С. 331—333.
14. Buss F. G., Fuks I. M., Kalmykov A. I., et al. Very high frequency radiowave scattering by a disturbed sea surface // IEEE Trans. Antennas Propagat.—1968.—16, N 5.—P. 554—559.
15. Hoekstra P., Deleney A. Dielectric properties of soils at VHF microwave frequencies // J. Geophys. Res.—1974.—79, N 11.—P. 1699—1708.
16. Ulaby F., Batlivala P. Optimum radar parameters for mapping soil moisture // IEEE Trans. Geosci. Electron.—1976.—14, N 2.—P. 91—92.

RADAR REMOTE SENSING OF THE EARTH FROM SPACE IN HYDROMETEOROLOGY

V. B. Efimov, I. A. Kalmykov, O. A. Krasnov, A. S. Kurekin, V. N. Tsybmal, V. A. Komyak, and S. Ye. Yatsevich

We present the experience gained in determining quantitative characteristics of the hydrometeorological phenomena in the atmosphere-ocean-land system with the use of the radar information from the satellites of the «Cosmos-1500», «Okean», «Sich-1» types.

УДК 523.4-853

Воздействие солнечной вспышки на ионосферы Венеры и Земли по данным спутников «Пионер-Венера» и «Dynamics Explorer-B»

Б. Киров¹, К. Георгиева¹, Д. Данов¹, Л. Банков², А. Василева²

¹Центральна лабораторія сонячно-земних зв'язків Болгарської академії наук

²Інститут космічних досліджень Болгарської академії наук

Надійшла до редакції 12.06.00

Досліджується реакція іоносфер Венери і Землі на індивідуальні сонячні події — рентгенівський та протонний спалах 30 і 31 січня 1982 р. Використані одночасні дані супутників «Пионер-Венера» і «Dynamics Explorer-B». Ця сонячна протонна подія вибрана тому, що при значеннях орбітальних елементів в цей період вона впливає на обидві планети. Спостережувані відмінності в реакціях двох іоносфер пояснюються фактом, що у Землі є внутрішнє магнітне поле та потужна магнітосфера, а венеріанська магнітосфера індукована магнітним полем сонячного вітру.

В последнее время для понимания явлений в земной ионосфере все чаще используются методы сравнительной планетологии. В настоящей работе исследуется реакция ионосфер Венеры и Земли на индивидуальное солнечное событие — рентгеновскую и протонную вспышку 30 и 31 января 1982 г. Используются одновременные данные спутников «Пионер-Венера» и «Dynamics Explorer-B». Это солнечное протонное событие выбрано потому, что при значениях орбитальных элементов Земли и Венеры в этот период оно оказывает влияние на обе планеты. Наблюдаемые различия в реакциях двух ионосфер объясняются фактом, что у Земли есть внутреннее магнитное поле и мощная магнитосфера, а венерианская магнитосфера индуцирована магнитным полем солнечного ветра.

новский поток 10^{-4} Вт/м², яркая в оптической области с площадью между 12.4 и 24.7 град². В 00^h55^m UT 31 января в той же области наблюдалась протонная вспышка с максимумом 830 см⁻²с⁻¹стер⁻¹. Эта вспышка достигла и до Земли, и до Венеры, так как 31 января их координаты в гелиографической координатной системе были следующими: расстояние Земли от Солнца 0.98 а. е., $\Phi = -3.4^\circ$, $\Lambda = 341.8^\circ$; для Венеры соответственно 0.77 а. е., -5.9° , 335.3° . Гелиографическая система координат центрирована в Солнце, ось X ориентирована вдоль линии пересечения эклиптики и солнечной экваториальной плоскости и вращается с периодом 25.38 сут.; ось Z перпендикулярна к ней и направлена на север от солнечного экватора, а ось Y дополняет правую систему координат.

СОЛНЕЧНОЕ СОБЫТИЕ

30 января 1982 г. в 23^h58^m UT была зарегистрирована солнечная вспышка из области 3576 с координатами S13 E19. Вспышка класса X1/3B — рентге-

ЗЕМЛЯ

Для исследования реакции земной ионосферы используются данные цилиндрического зонда Ленгмюра [10] и ионного дрейфметра [7] низкоапогей-

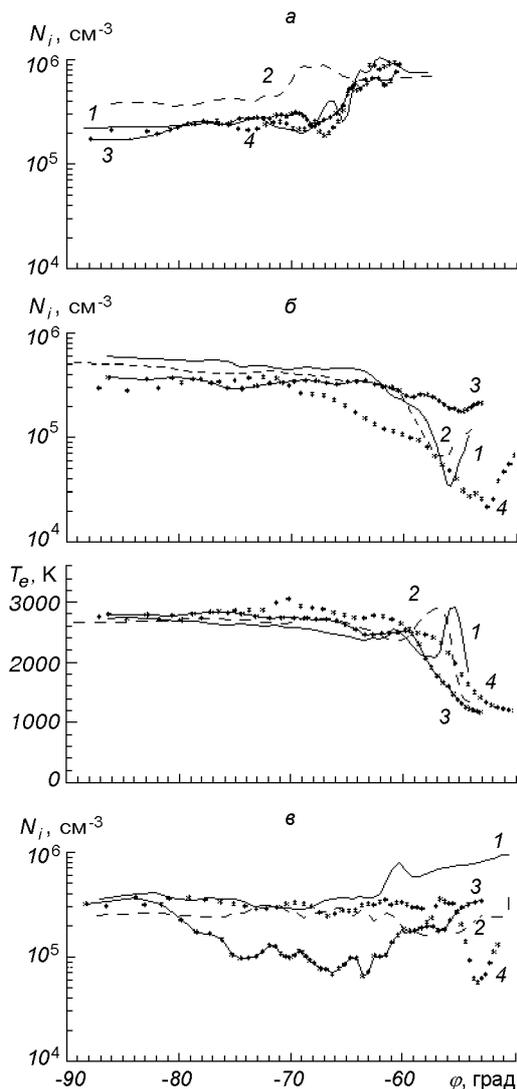


Рис. 1. *а* — Ионная концентрация в освещенной земной ионосфере вдоль орбиты спутника DE: 1 — до солнечной вспышки (6.40—6.60^h UT, 30 января 1982 г.); 2, 3, 4 — после вспышки 31 января 1982 г. (1.64—1.84^h, 4.88—5.04^h, 6.48—6.68^h UT). Локальное время 14^h. *б* — Ионная концентрация и электронная температура в ночной земной ионосфере: 1 — до солнечной вспышки (22.60—22.90^h UT, 30 января 1982 г.); 2, 3, 4 — после вспышки для 0.20—0.50^h, 1.08—2.05^h, 3.40—3.70^h UT). Локальное время 02^h. *в* — Динамика ночной земной ионосферы после прихода протонов солнечной вспышки: 1 — 11.45—11.70^h, 2 — 13.10—13.35^h, 3 — 16.30—16.55^h, 4 — 22.70—22.95^h UT

ного спутника «Dynamics Explorer» (DE) [8], сеансы которого в этот период преимущественно в южном полушарии с высотой орбиты между 320 и 400 км, локальное время соответственно 02 и 14 ч.

Реакция дневной высокоширотной ионосферы по-

казана на рис. 1, *а*. Электронная концентрация до солнечной вспышки в полярной шапке составляла около $2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$, а в области выпадения энергичных частиц — около 10^6 см^{-3} . Пунктиром (2) показана концентрация через 2 ч после солнечной вспышки. Рентгеновская вспышка достигает Земли примерно за 8 мин и проникает ниже 100 км. Во время солнечной вспышки рентгеновское излучение является основным источником ионизации в областях D и E. Силовые линии геомагнитного поля в полярной шапке почти вертикальны и открыты относительно силовых линий межпланетного магнитного поля. Давления плазмы в силовых линиях на больших высотах недостаточно для уравнивания избыточного ионосферного источника плазмы, и заряженные частицы свободно поднимаются вверх. В результате рентгеновской вспышки электронная концентрация в области D повышается в несколько раз. Из-за диффузии плазмы вдоль открытых силовых линий и из-за ионизации, порождаемой УФ-излучением, сопровождающим рентгеновскую вспышку, увеличивается и электронная концентрация на высотах F-слоя, где в этот момент находится DE. Концентрация в полярной шапке в 01^h40^m UT — $4 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ — в два раза больше, чем до вспышки. Подобные эффекты наблюдались и раньше [1]. Наблюдается и некоторое сжатие полярной шапки. Но и сама рентгеновская вспышка, и ее эффекты недолговременны. Как видно из рис. 1, в 05^h UT ионосфера начала восстанавливать свое прежнее состояние до вспышки.

Поведение концентрации и электронной температуры в ночной ионосфере (02^h локального времени) прослежено на рис. 1, *б*. Сеанс 1 начинается непосредственно перед солнечной вспышкой. Наблюдается типичное широтное распределение с хорошо развитым провалом в электронной концентрации с максимумом температуры около $\varphi = 57^\circ$. Плазма с повышенной концентрацией в результате рентгеновской вспышки и сопутствующей УФ-вспышки переносится конвекцией на ночную сторону и начинает заполнять провал. В 01^h50^m UT 31 января концентрация в центре провала становится выше 10^5 см^{-3} , и провал почти не замечается, а максимум температуры исчезает. Через два часа, когда концентрация на дневной стороне вернулась к своему уровню до вспышки, провал снова начал оформляться под действием рекомбинации в области медленного движения ионосферной плазмы на границе между противоположно направленными конвекцией и корротацией, но плазма в нем еще не потеплела.

1 февраля 1982 г. в интервале от 09 до 12^h UT Кр-индекс резко увеличивается от 2+ до 50. В то же

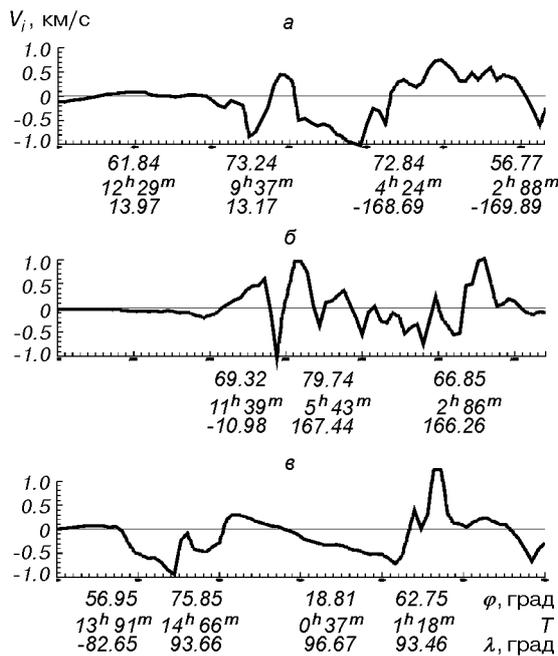


Рис. 2. Скорость ионного дрейфа по данным спутника DE: а — вдоль орбиты рис. 1, в, 2; б — UT 14.35—14.56^h; в — UT 19.20—19.45^h

время начинается мощное ионосферное возмущение. Профиль ночной электронной концентрации на высоте DE (около F_{max}) показан на рис. 1, в, 1. Ионосферный провал отсутствует и в области, где он ожидался; вместо уменьшения концентрации наблюдается увеличение, причем вдоль всей орбиты концентрация высока. Только часом позже концентрация в области между -50° и -65° резко уменьшается, и местами в четыре раза. В то же время дрейфметром DE измерялись очень быстрые (до 1 км/с) и сложно конфигурированные дрейфы (рис. 2, а), которые показывают наличие сильных продольных токов и связаны с изменениями в компонентах межпланетного магнитного поля, т. е. развивающиеся ионосферные возмущения связаны с приходом ударной волны протонной вспышки до Земли. На рис. 2, б показан дрейф через полтора часа. Картина еще сложнее, и ее можно рассматривать как доказательство значительного усложнения эквивалентных токовых систем. Данные еще через три часа (рис. 1, в, 3) показывают, что плазма в зоне около $\varphi = -50^\circ \dots -60^\circ$ в общем сохраняет свою концентрацию и широтное распределение, а в зоне $-60^\circ \dots -82^\circ$ наблюдается резкое уменьшение концентрации в несколько раз. Восемь часов после начала возмущения дрейф местами сохраняет свою

скорость (рис. 2, в), но уже намного более структурирован и имеет знакомый по моделям вид, дающий возможность переноса плазмы с освещенной к ночной стороне, формирование застойной зоны и образование ионосферного провала. На рис. 1, в, 4 показана та же зона еще через 3 ч. Плазма в районе $\varphi = -80^\circ \dots -60^\circ$ восстановила свою плотность, а на $\varphi = -55^\circ$ образовался ясно выраженный ионосферный провал.

ВЕНЕРА

С начала космической эры планета Венера исследовалась многими спутниками, в основном серии «Венера» и «Маринер». Не все из них осуществляли измерения ионосферных параметров. Наиболее полные данные получены спутником «Пионер-Венера» [3], который работал дольше одного солнечного цикла — с 1978 до 1982 гг.

Об ионосфере Венеры до полета «Пионер-Венера» было известно очень немного. Вертикальные профили электронной концентрации, измеренные спутником «Маринер-5», показали плотную, но очень тонкую дневную ионосферу и менее развитую, но более толстую ионосферу на ночной стороне. Существование ночной венерианской ионосферы первоначально считалось неожиданным, так как планета обращается около своей оси за 116 земных суток, и ионизация, создаваемая на дневной стороне, должна бы рекомбинировать сразу после захода Солнца. Это предположение, однако, не учитывало ряд факторов: во-первых, атмосфера на уровне облаков, а вероятно и расположенная над ней термосфера, вращается быстрее самой планеты, так что время, в течение которого данный объем атмосферы находится на неосвещенной стороне, уменьшается до четырех земных суток. Во-вторых, что более важно, у Венеры нет внутреннего магнитного поля, которое бы ограничивало поток ионов к ночной стороне. И наконец, в ночной атмосфере выпадают энергичные электроны, которые создают локальную ионизацию [2].

В этой работе представлены данные прибора ОЕТР (Orbiter Electron Temperature Probe) — цилиндрического электростатического зонда для измерения электронной температуры и электронной ионной концентраций, аналогичного цилиндрическому зонду на «Dynamics Explorer» [9].

Ионный ток I_i , измеряемый зондом, является суммой трех составляющих: тока I_{ia} ионов окружающей плазмы, фотоэлектронного тока I_{pe} и тока I_{se} вторичных электронов, образующегося в результате попадания на коллектор энергичных ионов и

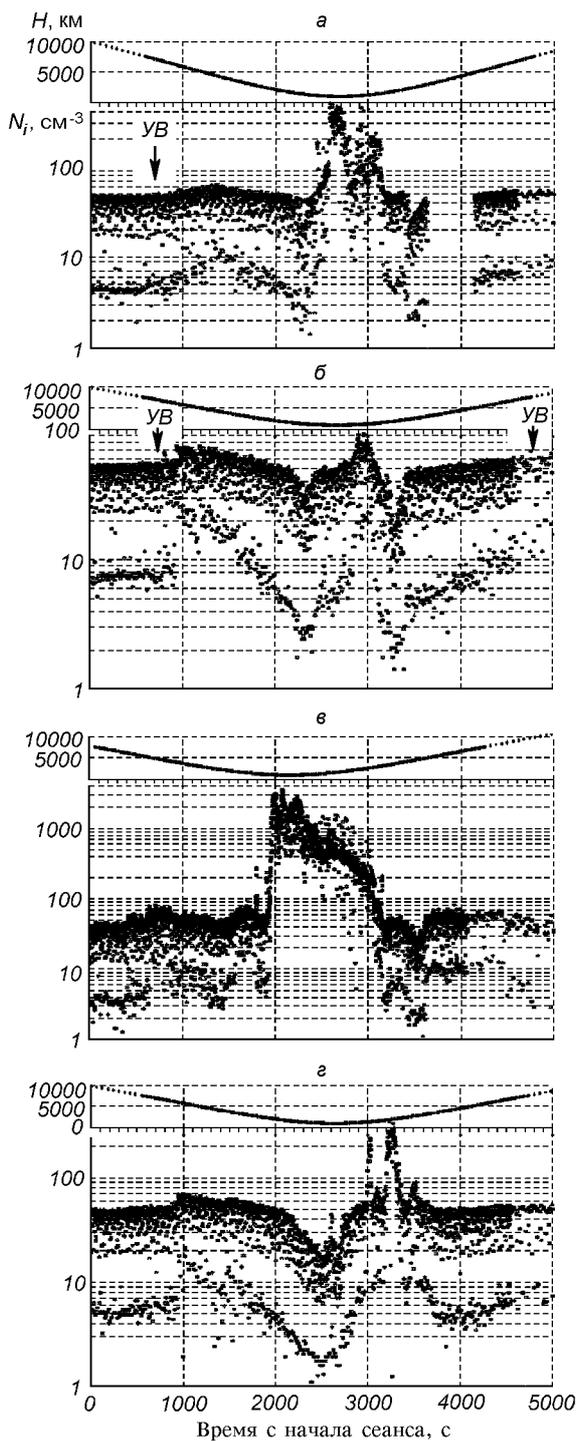


Рис. 3. Спин-модулированная ионная концентрация N в ночной ионосфере Венеры по данным спутника «Пионер-Венера»: *a* — за день до солнечной вспышки (30 января 1982 г., UT 0.58—2.21^h); *б* — один сутки после вспышки (1 февраля 1982 г., UT 0.58—2.21^h); *в* — двое суток после вспышки (2 февраля 1982 г., UT 1.06—2.30^h); *г* — трое суток после вспышки (3 февраля 1982 г., UT 0.58—2.21^h). В верхней части рисунков представлена высота H спутника над поверхностью планеты; UB — пересечение ударной волны

электронов. В солнечном ветре током вторичных электронов можно пренебречь, а фотоэлектронный ток составляет около $7 \cdot 10^{-9}$ А, что на один-два порядка больше I_{ia} . В ионосфере основной вклад дает I_{ia} .

Спутник «Пионер-Венера» вращается вокруг своей оси, а зонд установлен на штанге, расположенной вдоль радиуса спутника. Поэтому измеряемый ток и вычисляемая по нему ионная концентрация спин-модулированы. В солнечном ветре максимальные значения тока измеряются тогда, когда зонд освещен Солнцем, и соответствуют току фотоэлектронов, а минимальные (I_{ia}) — когда зонд находится в тени спутника. В периапсе, когда спутник погружается в ионосферу, амплитуда модуляции (которая здесь обусловлена изменением положения зонда относительно налетающего потока ионов при вращении спутника) резко уменьшается, и максимальные величины тока соответствуют концентрации ионов в окружающей плазме.

Высота периапса спутника «Пионер-Венера» осенью 1980 г. начала увеличиваться от 150 км (в области максимума ионосферной концентрации) до 2300 км в 1986 г. и в начале 1982 г. составляла около 1000 км — в верхней ионосфере. Период оборота — 24 ч, орбита сильно эллиптическая с эксцентриситетом 0.82 и вытянута к Солнцу, так что периапс имел место на ночной стороне около 01^h UT. Для рассматриваемого периода есть пять последовательных витков спутника «Пионер-Венера»:

1151	— 30.01.1982 г.	UT 00 ^h 58 ^m 20 ^s	— UT 02 ^h 21 ^m 40 ^s
1152	— 31.01	UT 01 ^h 15 ^m 00 ^s	— 02 ^h 38 ^m 00 ^s
1153	— 01.02	UT 00 ^h 58 ^m 20 ^s	— 02 ^h 21 ^m 40 ^s
1154	— 02.02	UT 01 ^h 06 ^m 40 ^s	— 02 ^h 30 ^m 00 ^s
1155	— 03.02	UT 00 ^h 58 ^m 20 ^s	— 02 ^h 21 ^m 40 ^s .

У четырех из этих витков почти одинаковые орбитальные параметры, а у пятого (1152) они сильно отличаются, поэтому исключаем его из дальнейшего анализа. Этот виток начался в 01^h15^m UT 31 января — через 78 мин после регистрации солнечной вспышки на Земле. Рентгеновское излучение, связанное с ней, достигает Венеры примерно на 1 мин раньше, но поскольку при данном расположении периапса можно исследовать только реакцию ночной ионосферы, а этого времени недостаточно для переноса плазмы с освещенной на неосвещенную сторону, предполагаем, что в ней эффекты вспышки не проявились.

Первый рассматриваемый виток — 1151 — выполнен за день до солнечной вспышки (рис. 3, *a*). Ионная концентрация в солнечном ветре составила 4–5 см⁻³, а в периапсе — около 500 см⁻³. Орбита спутника пересекает ударную волну на высоте

6391 км на дневной стороне и 11939 км на ночной стороне (вне рисунка).

Виток 1153 (рис. 3, б) — выполнен в 01^h UT 1 февраля, за сутки после солнечного события. Концентрация в ночной ионосфере равна 80—90 см⁻³, что в несколько раз ниже, чем в предыдущем витке. Высота ударной волны составила 6220 км на дневной стороне и 9372 км на ночной. Еще через 24 ч (виток 1154, рис. 3, в) в 1^h UT 2 февраля концентрация в периапсе повысилась более чем на порядок и достигла $4 \cdot 10^3$ см⁻³, а на следующий день (виток 1155, рис. 3, г) она восстановилась до уровня перед возмущением — 400 см⁻³.

Предполагается, что ночная ионосфера Венеры поддерживается в основном за счет переноса плазмы с освещенной стороны через терминатор, причем общий поток ионов на ночную сторону равен произведению концентрации, поперечного сечения ионосферы у терминатора и интегрированной по высоте скорости направленного на ночную сторону ионного потока [6]. Во время солнечных вспышек увеличенный поток ионизирующей радиации ведет к повышению концентрации на дневной стороне и к увеличению потока ионов через терминатор на ночную сторону, что повышает ночную концентрацию. С другой стороны, предыдущие исследования [5] показали, что ударная волна и ионопауза реагируют на повышение солнечной активности и во временных масштабах 11-летнего солнечного цикла, и в связи с индивидуальными солнечными событиями. При увеличении динамического давления солнечного ветра высота ионопаузы и ударной волны уменьшается, причем поперечное сечение ионосферы и соответственно поток ионов через терминатор на ночную сторону уменьшаются.

В работе [5] рассмотрены два диапазона высот в ночной ионосфере — от 142 до 600 км («основная ионосфера») и 1400—2500 км (ионный хвост) и установлено, что эти две области реагируют по-разному на увеличение потока крайнего ультрафиолета: концентрация в хвосте увеличивается при повышении потока УФ-радиации, а в основной ионосфере эта зависимость слабо отрицательна. Для рассматриваемого периода высота периапса была около 1000 км — посередине между полученными до сих пор значениями.

Во время конкретного солнечного события ионосфера Венеры была подвержена совместному воздействию двух факторов — солнечной вспышки и связанных с ней потоков фотоэлектронов и протонной вспышки и распространяющейся ударной волны. Общий поток фотонов с длиной волны от $\lambda = 30$ нм до L_α 31 января и 1 февраля — самый высокий ($8.6 \cdot 10^{11}$ см⁻²с⁻¹) в течение всего 1982 года

[8]. Используя эмпирическую модель электронной температуры и концентрации [11] для вычисления скорости переноса ионного потока через терминатор, получаем, что время переноса на ночную сторону плазмы с увеличенной концентрацией в результате дополнительной фотоионизации близко к 37 ч. Ударная волна, связанная с протонной вспышкой, достигает Земли примерно за 33 ч. Если принять скорость распространения постоянной, та же ударная волна должна достичь Венеры на 8 ч раньше, т. е. около 45 мин до измерений спутника в периапсе орбиты 1153 (рис. 3, б). Действительно, высоты ударной волны и ионопаузы, измеренные в обороте 1153, понижены по сравнению со спокойным периодом, и периапс орбиты оказывается в области со значительно меньшей концентрацией. Плазма с повышенной концентрацией с дневной стороны еще не достигла антисолнечной точки (01^h локального времени). Она достигает ее на полсутки позже, и по крайней мере еще полсутки концентрация на ночной стороне сохраняется высокой, т. е. по реакции к солнечному УФ-излучению область около 1000 км можно причислить скорее к ионному хвосту, чем к основной ионосфере. На рис. 3, в заметно и характерное структурирование хвоста с развитием «дыр» — областей с пониженной концентрацией, в которых установлено наличие вертикальных магнитных полей, индуцированных магнитным полем солнечного ветра. Установлено, что эти магнитные поля ускоряют ионы до скоростей, позволяющих им покинуть ионосферу [4]. Поток ионов O⁺, покидающих ионосферу, равен $5 \cdot 10^{25}$ с⁻¹, что соответствует глобальному среднему потоку 10^7 см⁻²с⁻¹. 2 февраля концентрация на ночной стороне вернулась до спокойного уровня (рис. 3, г).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прослежена реакция на индивидуальное солнечное событие ионосфер двух планет земной группы, Венеры и Земли, которые различаются расстоянием от Солнца, составом атмосферы, скоростью вращения и прежде всего отсутствием или наличием внутреннего магнитного поля. Обе ионосферы реагируют на солнечную вспышку, но между ними наблюдаются существенные различия. Земная ионосфера, доминированная сильным внутренним магнитным полем, в большой степени экранирована от внешних влияний, и в ее ночной части реакция проявляется прежде всего в зоне конвекции, где силовые линии земного магнитного поля взаимодействуют с магнитным полем солнечного ветра, т. е. реакция полярной ионосферы намного

сильнее. На Венере, у которой нет собственного магнитного поля, явления в ночной ионосфере определяются переносом плазмы с дневной стороны через терминатор и потоками ионов, покидающих ионосферу, ускоренных в локальных индуцированных магнитных полях. Через отсутствие внутреннего магнитного поля восстановление ионосферы до равновесного состояния на Венере наступает намного медленнее, чем на Земле.

Авторы благодарят д-ра Лари Брейса из Университета в Мичигане (США) и Planetary Data System Университета Калифорнии (Лос Анджелес) за данные прибора ОЕТР.

1. Митра А., Воздействие солнечных вспышек на ионосферу Земли. — М.: Мир, 1977.—370 с.
2. Brace L. H., Cliore A. J. The structure of Venus ionosphere // Space Sci. Rev.—1991.—55.—P. 81—163.
3. Brace L. H., Colin L., Pioneer Venus: Evolving coverage of the near-Venus environment // EOS Transactions, AGU.—1984.—65, N 25.—P. 401—402.
4. Brace L. H., Kasparzak W. T., Taylor H. A., et al. The ionotail of Venus: Its configuration and evidence for ion escape // J. Geophys. Res.—1987.—92, N A1.—P. 15—26.
5. Brace L. H., Theis R. F., Hoegy W. R., et al. The dynamic behavior of the Venus ionosphere // J. Geophys. Res.—1980.—85, N 13A.—P. 7663—7678.
6. Brace L. H., Theis R. F., Mihalov J. D. Response of nightside ionosphere and ionotail of Venus to variations in solar EUV and solar wind dynamic pressure // J. Geophys. Res.—1990.—95, N A4.—P. 4075—4084.
7. Heelis R. A., Hanson W. B., Lippincott C. R., et al. The ion drift-meter for Dynamics Explorer—B // Space Sci. Instrum.—1981.—5.—P. 511—526.
8. Hoegy W. R., Mahajan K. K., Solar EUV index for aeronautical studies at Earth from Langmuir probe photoelectron measure-

ments on the Pioneer Venus Orbiter // J. Geophys. Res.—1991.—97, N A7.—P. 10525—10537.

9. Krehbiel J. P., Brace L. H., Cutler J. R., et al. Pioneer Venus Orbiter Electron Temperature Probe // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.—1980.—GE—18.—P. 49—62.
10. Krehbiel J. P., Brace L. H., Theis R. F., et al. The Dynamics Explorer Langmuir probe instrument // Space Sci. Instrum.—1981.—5.—P. 493—508.
11. Theis R. F., Brace L. H., Elphic R. C., Mayr H. G. New empirical models of the electron temperature and density of the Venus ionosphere with applications to transterminator flow // J. Geophys. Res.—1984.—89, N A3.—P. 1477—1488.

EFFECT OF SOLAR FLARES ON THE IONOSPHERES OF VENUS AND THE EARTH FROM THE PIONEER VENUS AND DYNAMICS EXPLORER-B DATA

B. Kirov, K. Georgieva, D. Danov, L. Bankov, and A. Vassileva

The methods of comparative planetology are widely used for understanding the phenomena in Earth's ionosphere. In this paper we examine the reaction of the ionospheres of the Earth and Venus to an individual solar event — an X-ray / proton flare on 30 and 31 January 1982. The data from the Pioneer Venus and Dynamics Explorer-B satellites were used. This solar proton event was chosen because the position of the Earth and Venus at that time was such that it affected both planets. It is shown that both ionospheres reacted to the flare, but the reaction was much stronger in the nightside terrestrial ionosphere, and it was mainly seen in the convection zone, where the field lines of the Earth's magnetic field interact with the magnetic field of the solar wind. On Venus, which has no internal magnetic field, the phenomena observed in the nightside ionosphere are determined by the plasma transport from the dayside across the terminator and by the ion flows which leave the ionosphere, being accelerated in local induced magnetic fields. The initial conditions on Venus recover more slowly than on the Earth.

УДК 533.951.2

**Модификация ионосферной плазмы
в ближнем ВЧ-поле дипольной антенны:
активный эксперимент в космосе**

**Н. В. Баранец¹, В. В. Афонин², В. А. Гладышев³,
Я. П. Соболев¹, Г. П. Комраков⁴**

¹Институт земного магнетизма, ионосферы та розповсюдження радіохвиль РАН, Троїцьк, Московська обл., Росія

²Институт космічних досліджень РАН, Москва, Росія

³Об'єднаний інститут фізики Землі РАН, Москва, Росія

⁴Науково-дослідний радіофізичний інститут, Нижній Новгород, Росія

Надійшла до редакції 14.01.99

Наведено результати активного експерименту на супутнику «Космос-1809» із вивчення дії ВЧ-випромінювання потужних бортових передавачів (300—400 Вт) на навколосупутникову плазму. Розглянуто задачу про збурення функції розподілу заряджених частинок в безпосередній близькості від корпусу супутника (дипольної антени) і в прилеглому шарі плазми. Для випадку орієнтації антени вздовж магнітного поля проведено аналіз руху електронних потоків вздовж плазмової коаксіальної структури навколо випромінюючої антени. Зареєстровані спектри заряджених частинок і збурення щільності плазми на електронних циклотронних гармоніках.

ВВЕДЕНИЕ

Активные эксперименты в космосе с использованием ВЧ-излучения дипольной антенны и пучков заряженных частиц до недавнего времени были ориентированы на решение наиболее общих задач, связанных с диагностикой процессов в ионосферной плазме, изучением эффективности воздействия и с механизмами передачи энергии окружающей плазме. За последнее время развитие этих экспериментов стало приобретать новые черты, характерные для задач лабораторного типа [4, 17, 29]. Одна из таких задач связана с движением электронных потоков вдоль пространственно распределенных электромагнитных полей в ближней зоне излучения дипольной антенны. В активном эксперименте

на спутнике «Космос-1809» («Ионозонд-Э») впервые получены результаты резонансной модуляции потоков заряженных частиц в ближнем ВЧ-поле для случая продольной ориентации цилиндрической антенны к магнитному полю Земли B_0 [1]. Изучение этого взаимодействия затрагивает широкий круг задач от определения импеданса антенны в резонансном диапазоне частот, образования сильно разреженной плазменной области (вакуумных слоев) до изучения динамики прилегающей плазмы, ее устойчивости и равновесия. Наличие сторонних токов или потоков энергичных электронов с ларморовским радиусом вращения, сравнимым с поперечными размерами цилиндрической области вокруг антенны («горячая структура») связывает воедино все эти вопросы. Можно привести анало-

гию с хорошо известной классической задачей движения электронов вдоль пластин конденсатора (неустойчивость Пирса) или в узком щелевом канале [8, 32]. Именно с этой точки зрения может быть рассмотрено использование цилиндрической антенны для модуляции потоков заряженных частиц в космических условиях. Вместе с тем рассмотрение этих вопросов неразрывно связано с изучением эффектов воздействия ВЧ-излучения бортовых передатчиков на ионосферную плазму и генерацию стимулированных всплесков заряженных частиц (sounder-accelerated particles — SAP), обнаруженных Гальпериным и Шуйской [4] на спутнике «Интеркосмос-19» по электронному отклику плазмы. Развитие этих исследований (в том числе и для ионов) было продолжено в работах Джеймса [29, 30] по данным американских спутников серии ИСИС. В работах Серова [17], Пулинца и Селегея [34] была проведена классификация электронных и ВЧ-волновых резонансов в параметрическом пространстве f_0/f_{ce} и f_{pe}/f_{ce} (резонансные ветви), где f_{pe} и f_{ce} — плазменная и циклотронная частота электронов, а $f_0 = \omega_0/2\pi$ — рабочая частота бортового передатчика.

В настоящей работе мы сделали краткий обзор полученных результатов по модуляции потоков заряженных частиц в ближнем поле дипольной

антенны на спутнике «Космос-1809» и попытались проанализировать некоторые направления в развитии этих исследований.

НАУЧНАЯ АППАРАТУРА

Спутник «Космос-1809» был запущен 18.12.1986 г. на круговую орбиту с высотой около 1000 км и наклоном 82.5° , с трехосной стабилизацией и осью Z , направленной к центру Земли. Результаты спутникового активного эксперимента по изучению воздействия ВЧ-излучения на ионосферную плазму получены с помощью ряда бортовых приборов, к которым относятся ионосферная станция ИС-338 с двумя взаимно перпендикулярными дипольными антеннами, спектрометр электронов и ионов малых энергий СФ-3М, импедансный зонд ИЗ-2 для измерения электронной концентрации n_0 и ее неоднородностей δn , высокочастотный зонд КМ-9 для измерения температуры электронов T_e и потенциала спутника p_s . Ориентацию магнитного поля Земли B_0 в спутниковой системе координат (углы β , φ), его величину и гирочастоту электронов ω_{ce} определяли по данным бортового магнитометра. Для контроля надежности измерений величины поля B_0 использовались также модельные расчеты. Ориен-

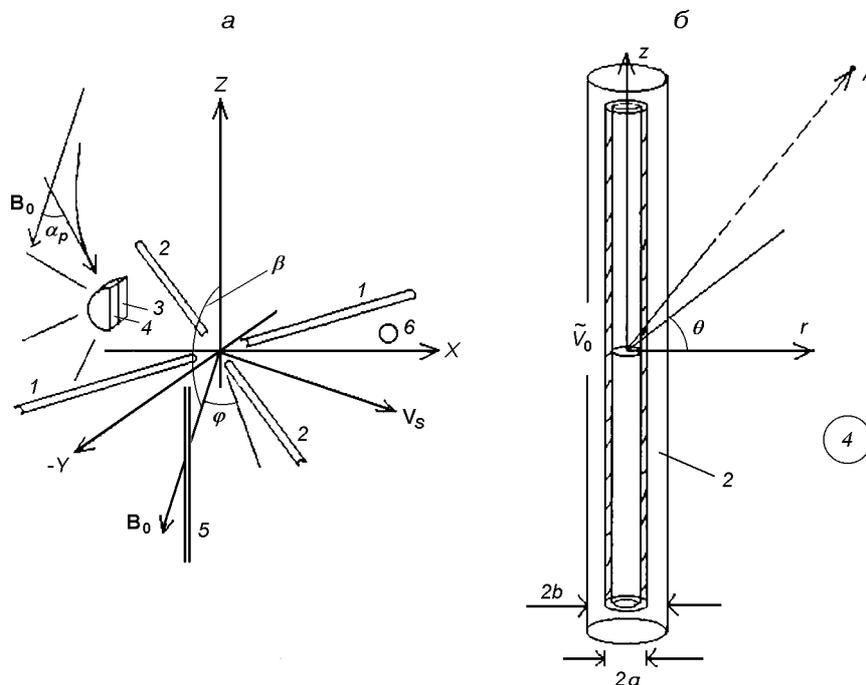


Рис. 1. (а) Расположение датчиков научной аппаратуры в спутниковой системе координат: 1, 2 — система дипольных антенн, ориентированная под углом 45° к осям X , Y ; 3, 4 — датчики ионов и электронов, 5 — антенна импедансного зонда ИЗ-2, 6 — датчик прибора КМ-9. (б) Геометрия антенны

тацию вектора скорости спутника V_s определяли по данным солнечных датчиков и бортового магнитометра. Представлены также результаты измерений ОНЧ-электрических полей на частоте 140 Гц анализатором АНЧ-2МЕ. Расположение датчиков научной аппаратуры и дипольных антенн ИС-338 приведено на рис. 1, а. Ниже приведены некоторые особенности измерительного цикла и основные характеристики научной аппаратуры.

Прибор СФ-3М представляет собой многоканальный энергоугловой анализатор электронов и ионов. Регистрация потоков заряженных частиц $J_\alpha(v, \alpha_p)$ сорта α проводилась на 16 энергетических уровнях в диапазоне энергий $\epsilon_e = 0.01 \dots 10.8$ кэВ для электронов (e) и $\epsilon_i = 0.01 \dots 9.3$ кэВ для ионов (i) в четырех диапазонах углов по отношению к вертикальной оси спутника: $0-45^\circ$, $45-90^\circ$, $90-135^\circ$, $135-180^\circ$. Потоки частиц $J_\alpha \equiv \langle J_\alpha(v, \alpha_p) \rangle$ непрерывно регистрировались системой счетчиков большой емкости, где угловые скобки означают усреднение за несколько периодов ВЧ-инжекции. В 2-с паузе рабочего цикла передатчика измерялись невозмущенные потоки частиц $J_{0\alpha} \equiv J_{0\alpha}(v, \alpha_p)$, а также плотность плазмы n_0 (ИЗ-2) и температура электронов T_e (КМ-9). Для детального исследования процессов взаимодействия ВЧ-излучения с ионосферной плазмой была предусмотрена система 4 счетчиков с высоким временным разрешением (БВР), включающаяся последовательно на время τ (режимы измерений $\tau = 0.5, 1, 2$ или 3 мс). Начало счета первого из счетчиков было синхронизировано с работой передатчика таким образом, что регистрация потоков заряженных частиц $J_\alpha \equiv J_\alpha(\omega_0, v, \tau)$ происходила непосредственно после конца импульса излучения передатчика.

В состав комплекса ИС-338 входят приемопередатчик ИОН-1 и антенная система. Основные технические характеристики ионосферной станции приведены в таблице.

Технические характеристики ионосферной станции ИС—338

длина антенны ($2h$):	0.3—5.0 МГц (1) 50 м 5.0—15.95 МГц (2) 15 м
радиус a трубки антенны	0.012 м
длительность импульса τ_r	133 мкс
частота повторения	58.6 Гц
дискретность частотного диапазона	
0.3—1.5 МГц:	0.025 МГц
1.5—15.95 МГц:	0.050 МГц

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Большое значение при проведении активных экспериментов в космической плазме имеет методика обработки телеметрических данных, построенная не только на реальной программе эксперимента и возможностях отдельных приборов, но и зависящая от реальных условий в ионосфере/магнитосфере. Геофизические условия космического эксперимента имеют определяющее значение, так как изменение параметров ионосферной плазмы позволяет проводить исследование взаимодействия ВЧ-излучения с плазмой в широком диапазоне параметров вдоль траектории полета спутника. Комплексная диагностика изучаемых явлений с применением тонкой временной структуры (τ) измерений позволяет говорить также о «моделировании» космических активных экспериментов. На рис. 2 приведена реальная картина эксперимента с участием описанного комплекса научной аппаратуры. В первую очередь можно отметить два характерных периода, связанных с техническими характеристиками приборов: 6-с цикл ВЧ-излучения в полосе частот $f_0 = 0.3 \dots 15.95$ МГц и сканирующий режим работы спектрометра при регистрации частиц различных энергий. Потребовалась специальная методика обработки данных, зарегистрированных при таком асинхронном режиме измерений спектральных величин. В эксперименте ИС-338/СФ-3М на спутнике «Космос-1809» суть ее заключалась в отборе большого количества данных или записей (потоки частиц J_α , температура и плотность электронов T_e , n_0 , потенциал корпуса спутника p_s , ВЧ-напряжение на входе дипольной антенны V_0 , частота излучения ω_0 , ленгмюровская частота ω_{pe} и т. д.) на участке полета в спокойных магнитосферных условиях (3-4 мин) и формировании отдельных файлов для частиц с энергией ϵ_α . При последующей обработке физические записи упорядочивались по определенному правилу, например, по частоте излучения, или восстанавливались энергетические спектры возмущенных потоков J_α на конкретной частоте ω_0 и т. д. [4, 29, 34]. Такой алгоритм позволял использовать один и тот же набор комплексных данных для решения различных задач.

СТРУКТУРА БЛИЖНЕГО ПОЛЯ ДИПОЛЬНОЙ АНТЕННЫ В ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

При интерпретации экспериментальных данных необходимо знать амплитуду и структуру возбуждаемых в плазме электромагнитных полей, волно-

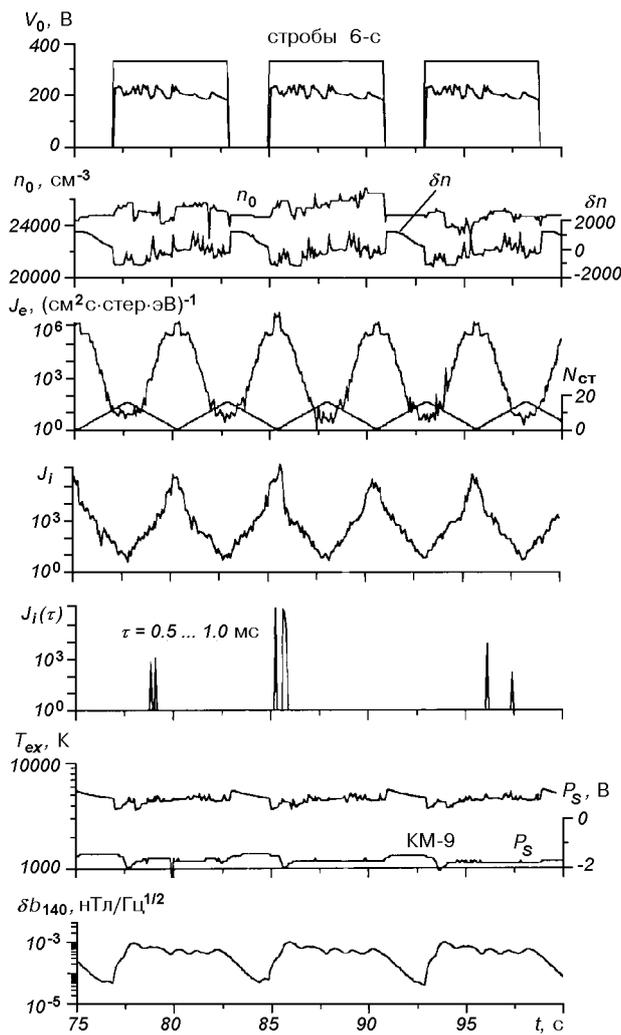


Рис. 2. Эксперимент на спутнике «Космос-1809» с использованием ВЧ-излучения дипольной антенны: V_0 — напряжение на клеммах антенны, $N_{ст}$ — номер энергетической ступеньки регистрации заряженных частиц, δb_{140} — амплитуда ОНЧ-магнитного поля на частоте 140 Гц, T_{ex} — температура электронов в направлении оси X. Время t (с) приведено относительно момента $t_0 = 11$ ч 56 м 14.846 с UT. Виток 554 (27.01.1987), $L_{dip} \approx 48^\circ$

вой вектор k_0 и другие характеристики излучения, поэтому кратко остановимся на математической модели излучения. Пусть r, z, θ — цилиндрические координаты с осью z , направленной вдоль оси антенны; $2h$ — длина антенны; ϵ_0, μ_0 — электрическая и магнитная постоянные. Рассмотрим продольную ориентацию дипольной антенны по отношению к магнитному полю.

А. Изолирующий слой. Область 2. За модель источника электромагнитного излучения в ионо-

сферной плазме была принята антенна конечной длины с изолированными концами, окруженная бесконечно протяженной цилиндрической областью (область 2), влиянием которой можно пренебречь при $|z| > h$ (рис. 1, б). Образование вокруг антенны разреженной оболочки плазмы (rf-слой) с плотностью электронов $n \ll n_0$ и средней толщиной b , а также зависимость электростатического потенциала φ_A на антенне от приложенного к диполью высокочастотного напряжения V_0 детально исследована в работе Лафрамбуаза и др. [31]. Показано, что средняя во времени сила, действующая в ближнем ВЧ-электрическом поле в основном на электроны, эквивалентна существованию дополнительного члена $\varphi_a(r) = eE_2^2(r)/(4m\omega_0^2)$ в распределении антенного статического потенциала $\varphi(r)$ [15]; здесь $e, m/M$ — заряд электрона и отношение масс электрона к иону, а $E_2(r)$ — переменное электрическое поле в области 2. Приведена оценка зависимости статического потенциала $\chi(r) = e\varphi/\kappa T_e$ и распределения $n(r)$ для различных значений антенного потенциала $\chi_A = \chi(a)$ и радиационного параметра $e\varphi_a/\kappa T_e$, где κ — постоянная Больцмана. Лафрамбуаз и др. оценили расстояние $r_c = b$, как функцию электрического поля из уравнения движения для заряженных частиц в безразмерных переменных $d^2s/d\xi^2 \approx K \cos \xi / (s + 1)$ (без учета магнитного поля), где $s = (r/a) - 1$, $\xi = \omega_0 t$ и K — амплитудная константа. Значения параметра K по данным спутников ИСИС-2 и «Космос-1809» изменяются в пределах $10^3 - 10^4$ (линейный участок). Этому диапазону соответствуют значения $s_c \approx (1-4) \cdot 10^2$, или $b \approx 1.5 - 4.5$ м при $a = 0.12$ м. На основе этих результатов в работе [1] для определения толщины слоя использовалась приближенная оценка $b \approx 0.1\chi r_{De}$, где r_{De} — электронный радиус Дебая. Граница области 2 определялась из условия $n(b) \approx n_0/2$, поэтому была принята некоторая оценка для средней концентрации электронов в слое $\langle n \rangle \sim 10^{-2}n_0$.

Б. Импеданс антенны и компоненты электромагнитного поля. При вычислении характеристик излучения дипольной антенны использовалась теория Кинга, Сандлера и Ву [12]. За модель окружающей среды (область 4) была принята холодная однородная плазма, электрически намного более плотная, чем в области 2. Электрические и магнитные поля E и B в каждой из областей $k = 2, 3, 4$ удовлетворяют уравнениям Максвелла

$$\nabla \times E = i\omega_0 B, \quad (1)$$

$$\nabla \times B = -i\omega_0 \epsilon_0 \epsilon_k B,$$

где все составляющие пропорциональны $\exp(i\omega_0 t)$. Для случая $z \parallel \mathbf{B}_0$ диэлектрическая проницаемость ε_k имеет вид

$$\varepsilon_k = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1k} & i\varepsilon_{2k} & 0 \\ -i\varepsilon_{2k} & \varepsilon_{1k} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{3k} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где для внешней среды ($k = 4$)

$$\varepsilon_{14} = 1 + \frac{\omega_{pe}^2(\omega_0 + i\nu)/\omega_0}{\omega_{ce}^2 - (\omega_0 + i\nu)^2}, \quad (3)$$

$$\varepsilon_{24} = -\frac{\omega_{pe}^2 \omega_{ce} / \omega_0}{\omega_{ce}^2 - (\omega_0 + i\nu)^2}, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{34} = 1 - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega_0(\omega_0 + i\nu)}. \quad (5)$$

Оценка частоты столкновений электронов с ионами по измеренным значениям n_0 и T_e дает пренебрежимо малую величину $\nu \ll \omega_0$ и позволяет пренебречь потерями излучения на столкновения частиц. Для упрощения область 2 принималась изотропной по своим диэлектрическим свойствам $\varepsilon_2 \approx 1 - \omega_{pe}^2/100\omega_0^2$. Волновое число и волновое сопротивление в цилиндрическом слое определялись соотношениями $k_2 = (\omega_0/c)\varepsilon_2^{1/2}$, $\zeta_2 = (\mu_0/\varepsilon_2\varepsilon_0)^{1/2}$, при которых во всем рабочем диапазоне частот справедливо соотношение $|k_2 b| \ll 1$, здесь $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. В области 4 рассматривалось излучение обыкновенной ($j = 1$) и необыкновенной ($j = 2$) моды колебаний, соответствующих ТМ- и ТЕ-составляющей поля. Волновое число в этой области определялось в соответствии с дисперсионным уравнением Апплетона—Хартри $k_{4j} = (\omega_0/c)n_{4j}$, а волновое сопротивление $\zeta_{4j} = 1/n_{4j}(\mu_0/\varepsilon_0)^{1/2}$, где n_{4j} — коэффициент преломления для j -й моды. Аксиальная симметричность задачи предполагает независимость решений для составляющих поля от координаты θ , которые находятся с помощью прямого и обратного преобразования Фурье, при этом все поперечные компоненты поля выражаются через E_z и B_z . При решении системы уравнений (1) с граничными условиями для областей 2, 4 при $r = a, b$ и $r = \infty$ получено интегральное уравнение для тока в антенне $I(z)$, решение которого при $|k_4^2/k_2^2| \gg 1$ может быть представлено в синусоидальной форме для произвольной оконечной нагрузки Z_s [36]

$$I(z) = -\frac{iV_0 \operatorname{sink}_0(h - |z| + i\theta_s)}{2Z_c \cos(k_0 h + i\theta_s)}. \quad (6)$$

Здесь $\theta_s = \operatorname{arctg}(Z_s/Z_c)$, а волновое сопротивление Z_c и волновое число k_0 при условии $|k_4^2/k_2^2| \geq 2$

приближенно определяются следующими выражениями

$$k_0 = k_2 \left[\frac{k_4^2 [H_0^1(k_4 b) + k_4 b \ln(b/a) H_1^1(k_4 b)]}{k_2^2 H_0^1(k_4 b) + k_4^2 (k_4 b) \ln(b/a) H_1^1(k_4 b)} \right]^{1/2}, \quad (7)$$

$$Z_c = \frac{\zeta_2 k_0}{2\pi k_2} \left[\ln(b/a) + \frac{k_2^2 H_0^1(k_4 b)}{k_4^2 (k_4 b) H_1^1(k_4 b)} \right], \quad (8)$$

где H_0^1 и H_1^1 — функция Ганкеля первого рода. Величины Z_c и k_0 дают достаточно точные выражения в интересующей нас области частот, близких к локальной плазменной частоте ω_{pe} . Для определения входного импеданса антенны $Z_v = R - iX$ ($z = 0$, $\theta_s = 0$) можно написать $Z_v = V_0/I(0) = i2Z_c \operatorname{ctg} k_0 h$.

Электромагнитное поле в области 2 можно оценить, если известно распределение тока в антенне. В этой области волновое сопротивление $Z_c \approx (\mu_0/\varepsilon_0)^{1/2} \ln(b/a)/2\pi$. Если пренебречь влиянием зарядов в антенне, распределенных от некоторой точки z на расстояниях намного больших b , то для составляющих поля в слое можно написать приближенные выражения

$$B_{2\theta}(r, z) \approx -\frac{\mu_0}{2\pi r} I(z) = -\frac{ik_2^2 V_0}{2\omega_0 \ln(b/a) k_0 r} \frac{\operatorname{sink}_0(h - |z|)}{\cos k_0 h}, \quad (9)$$

$$E_{2r}(r, z) \approx \frac{i}{2\pi r \omega_0} \frac{dI(z)}{dz} = \frac{V_0}{2\ln(b/a)r} \frac{\cos k_0(h - z)}{\cos k_0 h}, \quad (10)$$

$$E_{2z}(r, z) \approx \int_{r'=0}^r \left[\frac{\partial E_{2r}(r', z)}{\partial z} - i\omega_0 B_{2\theta}(r', z) \right] dr' = \frac{V_0 k_2^2 \ln(r/a)}{2\ln(b/a)k_0} \left[\left(\frac{k_0}{k_2} \right)^2 - 1 \right] \frac{\operatorname{sink}_0(h - |z|)}{\cos k_0 h}. \quad (11)$$

Компоненты электромагнитного поля $E_{2\theta}$, B_{2r} , B_{2z} в области 2 не возбуждаются и в ближней зоне приближенно равны 0. Поле в области 4 ($b < r < h$) может быть найдено из граничных условий на поверхности слоя

$$B_{4\theta}(b, z) = B_{2\theta}(b, z), \quad E_{4r}(b, z) = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_4} E_{2r}(b, z), \quad (12)$$

$$E_{4z}(b, z) = E_{2z}(b, z),$$

На рис. 3, б представлены численные значения импеданса антенны Z_v и электрического поля E_{4z} для реальных значений параметров ионосферы. Случай характерен тем, что конфигурация антенны и поля \mathbf{B}_0 была квазипоперечной и отступает от наших предположений при расчете характеристик излучения. Однако в этом случае для оценки электрического поля в ближней зоне мы использовали модель изотропной среды. На этом рисунке частота

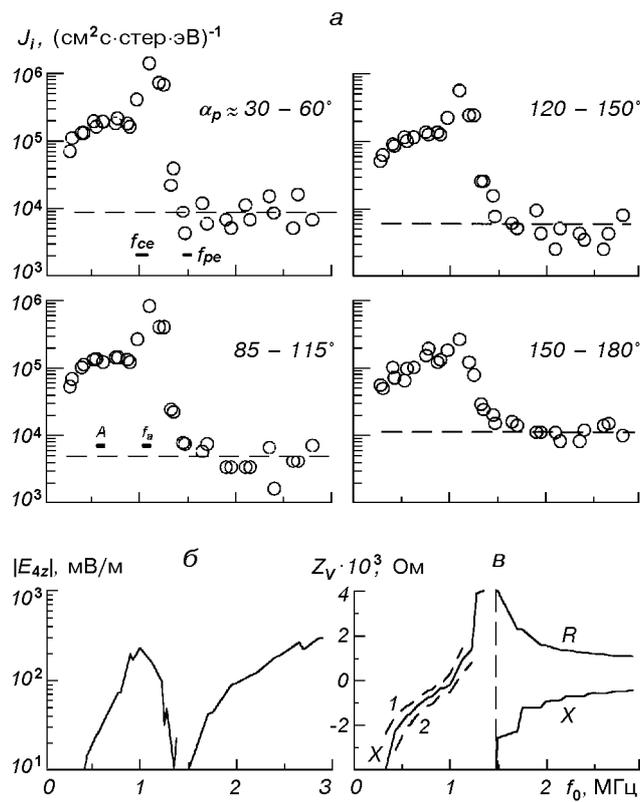


Рис. 3. а — характерный случай всплеска потоков ионов J_1 в области резонанса $f_0 \approx f_a$ (f_{ce}) для $\varepsilon_1 = 9$ эВ, $\varphi = 12-17^\circ$, штриховая линия — уровень потоков J_{01} ; б — расчетное электрическое поле в ближней зоне излучения ($r = 3.5$ м) для $k_4 \approx (\omega_0/c) \cdot \varepsilon_{34}^{1/2}$; в — активная (R) и реактивная (X) составляющие импеданса антенны Z_v , штриховые кривые — значение X для разных моделей области 2: 1 — $b = 0.05\chi r_{De}$, $\varepsilon_2 = 1 - \omega_{pe}^2/500\omega_0^2$; 2 — $b \approx 0.2\chi r_{De}$, $\varepsilon_2 = 1 - \omega_{pe}^2/50\omega_0^2$. Вертикальная пунктирная линия — среднее значение частоты f_{pe} . Виток 554 (27.01.1987), $L_{dip} \approx 59-66^\circ$

ω_a , при которой $X = 0$ происходит смена знака реактивности, является резонансной для антенны [12, 14].

На рис. 4 показаны расчетные значения составляющих электрического поля в зависимости от координаты z/h для разных частот ω_0 . Синусоидальный характер распределения полей $B_{2\theta}(b, z)$ и $E_{2z}(b, z)$ по координате z показывает, что в точке $z = h$ их величины равны 0, однако это справедливо только для $|k_4^2/k_2^2| \gg 1$ и $Z_s = 0$. Считается, что основное влияние изолирующего слоя 2 на распределение тока в антенне и другие характеристики проявляется на частотах излучения $\omega_0 \leq \omega_{pe}$, а в области частот $\omega_0 > \max(\omega_{ce}, \omega_{pe})$ влияние более слабое, хотя и приводит к увеличению электриче-

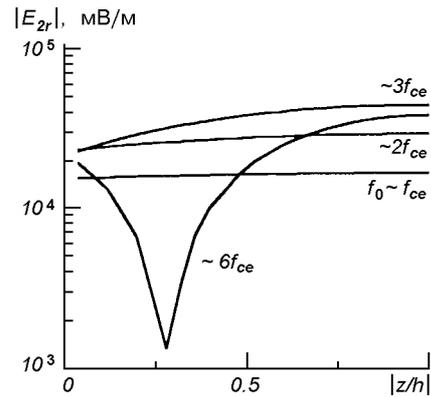


Рис. 4. Компоненты полей $E_{2z}(r, z)$, $E_{2r}(r, z)$ в области 2 ($r \approx 3.5$ м) для $f_{pe} \approx 0.62$, $f_{ce} \approx 0.65$ МГц, $T_e \approx 0.3$ эВ

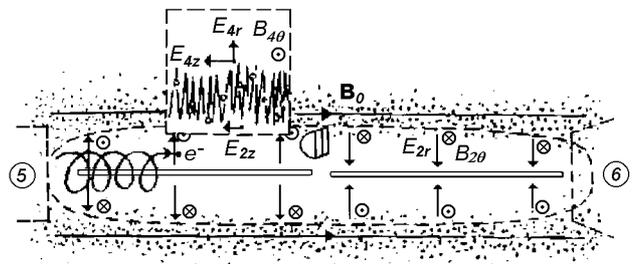


Рис. 5. Структура поля в области 2 и 4, $z \parallel B_0$. Для пучка энергичных электронов области 5 и 6 — «вход» и «выход» электродинамической структуры

ской длины антенны $k_0 h$ [25]. О реальной форме области 2 (рис. 5) можно судить по распределению величин $E_{2z}(b, z)$ и $E_{2r}(b, z)$ в ближней зоне излучения антенны с использованием формулы (8) для Z_c . Вероятно, что форма рассматриваемой структуры может быть зафиксирована точно так же, как в экспериментах с магнитным диполем (два витка с током) для структур типа «плазменный шнур», которые можно считать прямым «антиподом» области 2 вокруг антенны.

**УСКОРЕНИЕ ИОНОВ
В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТЕННЫ**

А. Резонанс антенны. Проведенные эксперименты по воздействию мощного ВЧ-излучения бортового передатчика $E_4^2/8\pi n_0 k T_e \gg k_4^2 r_{De}^2$ на ионосферную плазму привели к обнаружению ускоренных электронов и ионов не только в области частот ω_{ce} , ω_{pe} ,

но и в широком диапазоне нерезонансных частот $\omega_0 \leq \max(\omega_{ce}, \omega_{pe})$ [2, 17, 29]. На рис. 3, *a* представлен один из наиболее характерных случаев наблюдаемых всплесков ионов по данным спутника «Космос-1809». На частотах излучения $\omega_0 \leq \max(\omega_{ce}, \omega_{pe})$ виден резкий пик интенсивности J_i для всех питч-углов, хорошо коррелирующий с резонансом антенны. Частоту ω_a можно определить из условия $\text{Im}Z_v = 0$, или

$$\ln(b/a) - (k_2/k_4)^2 \ln(1.1229/k_4 b) = 0. \quad (13)$$

На рис. 3, *a* и *б* наблюдается корреляция расчетного электрического поля E_{4z} с резким максимумом потоков J_i . Если пик интенсивности действительно вызван резонансом антенны, или наилучшим согласованием с плазмой, то уравнение (13) позволяет оценить величину $k_4 b$. На самой нижней панели представлены значения реактанса X для разных моделей слоя 2 (параметры b и n): 1 — с более резкой границей профиля $n(r)$, 2 — с более плавной. Для параметров ионосферы, соответствующих представленному на рис. 3 случаю, величина $b \approx 2-2.5$ м при $T_e \approx 0.2...0.4$ эВ. Для оценки величины b можно также воспользоваться уравнением баланса давлений и определить не зависящее от времени распределение плотности электронов [7]:

$$n(b) \equiv n_0/2 \approx n_0 \exp\left(\frac{e^2 E_2^2}{4m\omega_0 k T_e}\right), \quad (14)$$

где $E_2^2 = E_{2z}^2 + E_{2r}^2$. В нашем случае равенство (14) выполняется для значений $b \approx 1-1.5$ м. Определение границы слоя «плазма—вакуум» довольно условно и часто зависит от способа регистрации. В лабораторной работе [23] с помощью техники ленгмюровского зонда величина b определялась из граничного условия $n(b) = n_0/10$. Очевидно, что размытость границы области 2 зависит также от параметра $r_E = eE_4(b, z)/m\omega_0^2$ — амплитуды осцилляций электрона в поле волны накачки. Для реальных значений параметров ионосферы $r_E \approx 0.1 \dots 0.2$ м, т. е. $r_E/r_{De} \approx 2...5$.

С резонансом антенны связан технический аспект использования антенн в плазме. Поток энергии в однородных линиях с волновым сопротивлением ρ частично или полностью отражается от нагрузки с входным импедансом Z_v . В случае $Z_v = \rho$ (≈ 200 Ом) отраженные волны отсутствуют и устанавливается односторонний поток энергии от генератора к нагрузке (режим бегущей волны). Другими словами, в окрестности частоты $\omega_0 \approx \omega_a$ возможны значительные потери мощности при $Z_v = R \approx \rho$. Следует также отметить достаточно ши-

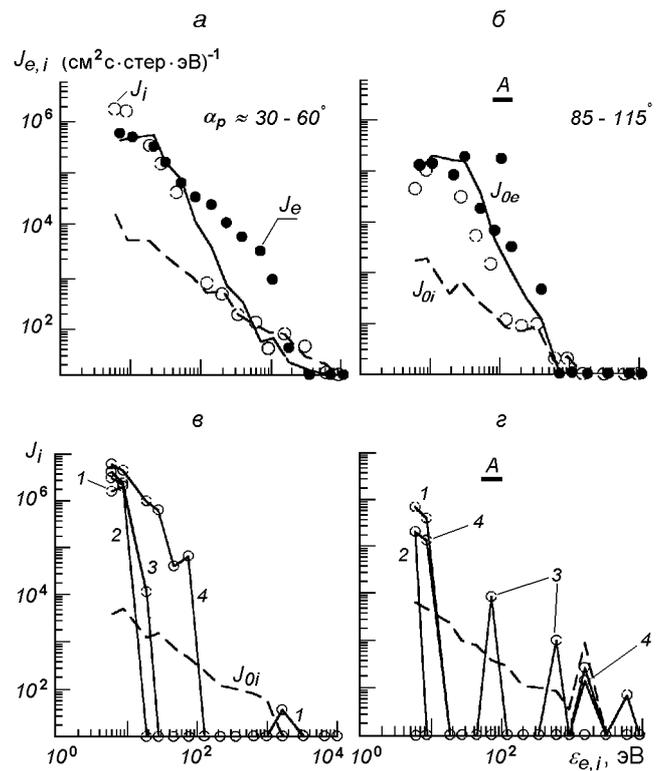


Рис. 6. Спектры потоков частиц ($J_{e,i}$) (*a, б*) и $J_i(\omega_0, \nu, \tau)$ (*в, г*), зарегистрированные в области частот $\omega_0 \approx \omega_a \approx \omega_{ce}$ и в области частот А (см. на рис. 2). На спектрах *в*) и *г*) цифры 1—4 обозначены времена регистрации потоков ионов $\tau = 0-0.5, 0.5-1.0, 1.0-1.5$ и $1.5-2.0$ мс соответственно после импульса излучения. Сплошная и штриховая линии — уровни невозмущенных потоков J_{0e} и J_{0i}

рокий диапазон стимулированных всплесков ионов на частотах $\omega_0 \leq \omega_{pe}$ ($\omega_{pe} \leq \omega_{ce}$), что хорошо согласуется с аналогичными результатами по регистрации ионных потоков, полученными на спутнике ИСИС-2 и приведенными в работе [29]. По данным спектрометра СФ-3М возмущения ионных потоков $J_i(\omega_0, \nu, \tau)$ наблюдались в течение 0.5 мс на частотах $\omega_0 < \omega_{pe}$ и в течение 2—3 мс на частотах вблизи точки резонанса антенны [34]. На спектрах потоков ионов (рис. 6, *в, г*, $\omega_0 \approx \omega_a$) представлена зависимость возмущений J_i для двух диапазонов питч-углов α_p , приведены также спектры электронов J_e ($\omega_0 \approx \omega_a \approx \omega_{ce}$). Большая длительность возмущений ионных потоков на частотах $\omega_0 \approx \omega_a$, очевидно, связана с аномально большими значениями тока $I(z)$ в антенне и определенным углом между направлением движения спутника и ориентацией дипольной антенны. Из этих результатов можно сделать некоторые выводы:

(i) Возмущение потоков ионов, вызванное их ускорением, происходит в непосредственной близости от корпуса спутника в течение времени $\tau \approx 1...3$ мс;

(ii) Стимулированные всплески ионов $J_1(\omega_0, v, \tau)$ наблюдаются в диапазоне энергий $\varepsilon_1 \approx 6 \dots 120$ эВ для диапазона углов $\alpha_p \approx 40 \dots 70^\circ$, и $\varepsilon_1 \approx 6 \dots 70$ эВ для углов $\alpha_p \approx 150 \dots 180^\circ$;

(iii) Можно говорить об отрицательном потенциале корпуса спутника $p_s \approx \varphi_A$ ($\tau = 0$) относительно окружающей плазмы как одной из главных причин ускорения ионов [30].

Б. Расширение плазмы к отрицательно заряженному корпусу спутника. С исследованием возмущенных потоков $J_1(\omega_0, v, \tau)$ и статического $\chi = \chi(r, z, \tau)$ связан и другой аспект проблемы. Релаксация области 2 при $\tau \geq 0$ может рассматриваться как задача о расширении плазмы в вакуум к отрицательно заряженному электроду, т. е. корпусу спутника. В ряде лабораторных опытов [27, 28] с помощью ленгмюровского зонда и индуцированной лазерным излучением флуоресценции в плазме (ЛИФ-диагностика) проведены измерения плотности n_i и скорости ионов v_i на кромке расширяющейся плазмы, а также электрических полей в различных вакуумных слоях. В лабораторном эксперименте [27] с помощью ЛИФ-диагностики получено постоянство ионного потока $n_i v_i$ расширяющейся плазмы на различных расстояниях от электрода, свидетельствующее о стационарности процесса. Эксперименты позволили провести сравнение с теорией от простых моделей слоя, таких как законы Чайльда для χ и b , до сложных кинетических моделей [9]. При выборе граничных условий всегда предполагается, что $\chi, \varphi = 0$ ($r \geq b, \tau = 0$) и $n_i = n_e$, в то время как величина потока $n_i v_i$ и отношение ионной температуры к электронной T_{i0}/T_{e0} на входе в слой являются принципиальными положениями любой теории от законов Чайльда для тока до кинетических моделей с учетом функции распределения $S_\alpha(r, v_\alpha) \propto f_\alpha(r, v_\alpha) v_\alpha$ источника частиц сорта α [21, 22].

В одномерном случае движение ионов, входящих в слой со скоростью v_{i0} , описывается кинетическим уравнением

$$\frac{\partial}{\partial r} [f_i(r, H)v_i(r, H)] = S_i(r, H) \quad (15)$$

с $H \equiv Mv_i^2/2 + q_i\varphi(r) = \text{const}$, где q_i — заряд иона. Вся последующая динамика, распределение потенциала $\varphi(r)$ и электрических полей $\partial\varphi/\partial r$ будут зависеть от функций распределения частиц $S_\alpha(r, v_\alpha)$ в области источника, параметров T_{i0}/T_{e0} и

r_{De}/b в квазинейтральном слое. Распределенным источником частиц в нашем случае будет вся прилегающая к слою плазма (область 3), кроме цилиндрических торцов. Плотность ионов на кромке расширяющейся плазмы может быть получена при интегрировании функции источника для всех типов ионов

$$n_i(r) = \sum_i \int_{q_i\varphi(r)}^{\infty} dH \int_a^b dr' S_i(r', H)/v_i(r, H).$$

После подстановки выражений для плотности ионов n_i и электронов $n_e(r)$ в форму распределения Больцмана (14) в уравнение Пуассона получено интегродифференциальное уравнение для слоя [23]. Его аналитическое решение для $\varphi(r)$ дает различные значения падения потенциала φ_1 ($r \approx b$) на интерфейсе «плазма—слой» и общего падения потенциала на спутнике/антенне $p_s \approx \varphi_A$ (или φ_w на «стенке») в зависимости от выбора функции источника $S_\alpha(r, v_\alpha)$. Результаты численного моделирования для различных схем также подтверждают большее падение нормированных потенциалов χ_1 и χ_A при инжекции частиц с максвелловским распределением по скоростям, где индекс 1 относится к плазменному интерфейсу [33]. В модели Биссела и Джонсона ($r_{De}/b \rightarrow 0$) на результирующей функции распределения для $f_i(0, v_i)$ (на «стенках») возникает особенность для частиц с $v_i \approx 0$, для устранения которой потребовалось введение предположения о неограниченно большом ускорении (электрическом поле $\partial\varphi_1/\partial r$) на границе «плазма—слой». Только при таком предположении неопределенно большое число ионов с начальной нулевой скоростью на интерфейсе может преодолеть расстояние b со сверхзвуковой скоростью в соответствии с критерием Бомы $\langle v_i^{-2} \rangle \leq M/\kappa T_e$.

На рис. 6, в, г приведены спектры потоков ионов $J_1(\omega_0, v, \tau)$, зарегистрированные счетчиками БВР сразу после импульса инжекции, из которых в течение $\tau \approx 0—1.5$ мс (в) отчетливо виден узкий и крутой характер спектра для $\varepsilon_1 \leq 10...15$ эВ. Для частиц в потенциальном поле сохраняется общий интеграл движения, поэтому из условия $Mv_i^2/2 + q_i\varphi(r_s) = Mv_{i1}^2/2 + q_i\varphi_1(b)$ для ионов в точке регистрации $r_s \approx 1.5$ м от корпуса спутника следует простое соотношение для падения потенциала $\varphi(r_s) - \varphi_1(b) \leq -(Mv_{i1}^2/2 - Mv_i^2/2)_{\text{max}}/q_i$. Для заряда $q_i = e$ значение потенциала в точке регистрации потоков ионов $\varphi(r_s) \leq -10 \dots -15$ В и относительно потенциала корпуса спутника p_s ($\tau = 0$) очень трудно сделать заключение о его точной величине. Для энергий $15 \leq \varepsilon_1 \leq 100$ эВ с момента $\tau \approx$

≈ 1.5...2.0 мс потоки ионов являются более интенсивными по сравнению с невозмущенным уровнем. Это достаточно неожиданный результат, и пока можно сказать только о сильных экранирующих процессах в окоспутниковой области для энергичных ионосферных ионов. Что касается электронного отклика плазмы при $\tau \geq 0$, то кроме предположения о распределении Больцмана, можно сказать еще, что низкоэнергичная часть электронов не достигнет корпуса спутника сразу. Спутника достигнут только те электроны, энергия которых $\epsilon_e > e|p_s|$, т. е. что все зарегистрированные за время $\tau < 1.5$ мс электроны являются «пришельцами» из более удаленных областей $r \gg b$. Однако нельзя утверждать, что совпадение верхней и нижней границы отсечки на спектрах ионов и электронов (рис. 6 а, б) соответствует потенциалу p_s ($\tau = 0$). В непосредственной близости от корпуса спутника в ионосферной плазме развиваются интенсивные ионно-звуковые колебания, которые приводят к ускорению ионов и одновременно к сильной турбулизации плазмы, экранирующей быстрые потоки электронов на спутник. Кроме того, при $\tau \geq 0$ антенна (корпус спутника) находится под плавающим потенциалом $\varphi_A \equiv \varphi(a, \tau)$, и поэтому, регистрация электронных потоков будет зависеть от скорости релаксации наведенного потенциала на корпусе спутника.

Представленные на рис. 6 данные нерезонансных возмущений J_i на частотах $\omega_0 \neq \omega_a$, казалось бы, находятся в согласии с лабораторными опытами, несмотря на сложную геометрию распределения потенциала χ около спутника. Однако подобное равенство нарушается в области частот $\omega_0 \approx \omega_a \approx \omega_{ce}$. Это может быть следствием асимметричного расположения датчика ионов в области 2, сложной взаимной геометрии направлений z , \mathbf{V}_0 и вектора скорости спутника \mathbf{V}_s . Наблюдаемый резонанс на частоте $\omega_0 \approx \omega_{ce}$ скорее заставляет предположить следующее. Известно, что в ВЧ-электрическом (E) и постоянном магнитном полях медленно и быстро изменяющиеся части ларморовского радиуса электронов $r_{ce} = R_{ce} + \rho_e$ могут заметно увеличиться на гармониках $n\omega_{ce}$ благодаря действию сил поля волны с левой круговой поляризацией, пропорциональных $(1/\omega_0)\nabla_r|E_\perp(R_e)|^2/(\omega_0 - n\omega_{ce})$, или резонансу «силы Миллера» [15]. Таким образом, при циклотронном ВЧ-нагреве увеличение кинетической энергии перпендикулярного движения электронов (ЭЦР) может привести к их резонансной локализации на внешней стороне магнитной силовой трубки и поляризации плазмы, что вызовет асимметрию в распределении потенциала типа «in-

out». Это повлечет за собой диффузию ионов и захвату в потенциальные ячейки [19], т. е. в распределении потенциала около спутника происходят два однотипных, но разных по своей природе явления. Одно связано с образованием области 2 вокруг антенны, другое имеет резонансную природу и наблюдается в геометрии магнитной силовой трубки. С момента $\tau \geq 0$ оба процесса только усилят релаксацию. Резонансное усиление потоков ионов на $\omega_0 \approx \omega_{ce}$ в активном эксперименте впервые было зарегистрировано на спутнике ИСИС-2 [29, рис. 7].

О ВОЗМУЩЕНИИ ПЛОТНОСТИ ПЛАЗМЫ. ОБЛАСТЬ 3

На спутнике «Космос-1809» с помощью импедансного зонда ИЗ-2 получены первые данные о ВЧ-возмущениях плотности плазмы $\Delta n = n - n_0$ в непосредственной близости от корпуса спутника. Измерение плотности плазмы производилось после импульса ВЧ-инъекции в «произвольный» момент времени $\tau \approx 0 \dots 12$ мс, что отражено на рис. 2 в виде достаточно хаотичных изменений для n_0 . Поэтому для определения $\Delta n(\tau)$ в конкретные моменты времени была реализована специальная методика обработки экспериментальных данных. На рис. 7, а и б приведены результаты таких вычислений для возмущений плотности Δn ($\tau = 1 \dots 1.5$ мс) в области резонансных частот ω_{ce} , ω_{pe} , ω_{UH} , имеющие как положительный, так и отрицательный знак. Очевидно, что при большой мощности излучения и коротких импульсах ВЧ-излучения на границе области 2 с $\omega_0 < \omega_{pe}$ в переходной области

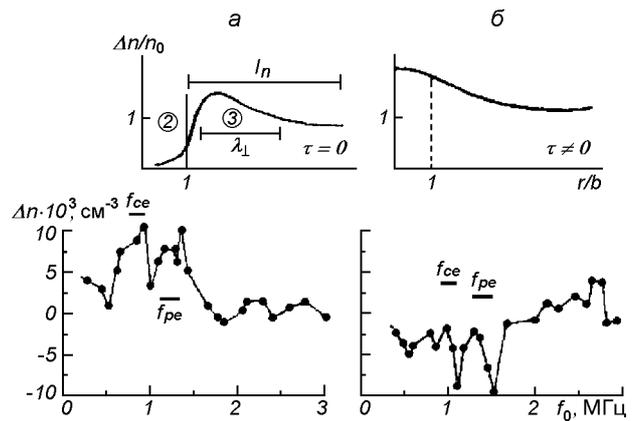


Рис. 7. Возмущение плотности плазмы Δn в зависимости от частоты f_0 при $\tau = 1 \dots 1.5$ мс для различных значений параметра $q = \omega_{pe}^2/\omega_{ce}^2 < 1$ (а), виток 49 (21.12.1986) и $q > 1$ (б), виток 678 (30.01.1987). Представлена модель области 2 и 3 для $\Delta n(r)/n_0$ при $\tau = 0$ (а) и $\tau \neq 0$ (б)

2 и 3 ($r \geq b$) может быть выполнено соотношение $n > n_0$ и тогда для расчета электромагнитного поля дипольной антенны потребуется учитывать дополнительный переходной слой (область 3). В этом случае наиболее близкой к реальности была бы трехслойная модель внешней среды, которая редко используется на практике из-за значительных математических трудностей. На рис. 7 представлены некоторые модели распределения плотности $n(r)$, качественно отражающие динамику областей 2 и 3. Значения параметра $\beta_H = 8\pi n_0 k T_e / B_0^2$ для ионосферной плазмы вдоль орбиты «Космос-1809» удовлетворяют соотношению $\beta_H \ll 1$, и $B_0/B_{4\theta}(b, z) \sim 10^3 \dots 10^4$. Поэтому в плазме малого давления, когда размеры неоднородностей плотности плазмы l_n меньше глубины скин-слоя $\delta_s \sim 1/\text{Im}k_0$, действие ВЧ-излучения должно оказывать стабилизирующее влияние на плазму в области 3 [16, 18]. Подавление низкочастотных неустойчивостей может быть особенно заметным для случая, когда градиент плотности ∇n направлен перпендикулярно к магнитному полю. В работе [10] рассмотрена устойчивость по отношению к дрейфовым колебаниям бесстолкновительной плазмы, находящейся в постоянном магнитном поле B_0 и ВЧ-поле E -волны. Мы будем придерживаться случая продольной ориентации дипольной антенны к постоянному магнитному полю, когда компоненты полей на границе переходной области представляются в виде

$$(E_{4r}, E_{4z}, 0); (0, 0, B_{4\theta}); (0, B_0, 0). \quad (16)$$

В этих условиях для описания невозмущенного состояния плазмы вводится параметр $g_\alpha^{\text{эф}} = -em^{-1}\nabla(\varphi_\alpha + \varphi)$ — эффективное «ускорение силы тяжести», учитывающее все действующие потенциальные силы на частицы сорта α . Описание низкочастотных возмущений δg_α в области 3 можно представить в виде, пропорциональном $\exp[i(kr - \omega t)]$ при $\omega, k_z v_{T\alpha} \ll \omega_0$ и $\lambda_\perp \ll l_n, \delta_s$, где $\lambda_\perp = 2\pi/k_\perp$ — длина волны возмущения в поперечном к B_0 направлении и $v_{T\alpha}$ — тепловая скорость частиц. В теоретических работах детально исследовано влияние внешних ВЧ-полей на низкочастотные колебания. Демирханов и др. [10] для отдельного частного случая $v_{T1} \ll \omega/|k_z| \ll v_{Te}, k_\perp v_{Te} \ll |\omega_{ce}|$ из условия квазинейтральности НЧ-колебаний получили дисперсионное уравнение для определения частоты $\omega = \text{Re}\omega$ и инкремента $\gamma = \text{Im}\omega$ дрейфовых колебаний. В пределе $k_\perp v_{T1}/\omega_{ci} \ll 1$ и $T_1 \ll T_e$ приближенное решение дисперсионного уравнения, полученного в работе [10], можно представить в виде

$$\omega = \omega^*(1 + F),$$

$$\gamma = -\sqrt{\pi} \frac{\omega^{*2}}{|k_z| v_{Te}} (F + \zeta + \eta_e/2), \quad (17)$$

где

$$\omega^* = \frac{k_\perp T_e \ln n_0}{m |\omega_{ce}| r}, \eta_e = \frac{\ln T_e}{\ln n_0}, \zeta = \frac{\omega_{0e}}{\omega^*}, \omega_{0e} = \frac{k_\perp g_e^{\text{эф}}}{\omega_{ce}},$$

а функция F определяется выражением

$$F = \frac{r_E^2}{r_{De}^2} \frac{k_z^2 (k_\perp^2 \varepsilon_{14} + k_z^2 \varepsilon_{34})}{(k_\perp^2 \varepsilon_{14} + k_z^2 \varepsilon_{34})^2 - (\eta^* k_\perp \varepsilon_{24})^2}, \quad (18)$$

$$\eta^* = \frac{1}{n} \frac{dn}{dr}.$$

В общем случае величина F имеет резонансный характер, в частном, когда $\omega_{ci} \ll \omega_0 \ll |\omega_{ce}|$, величина F отрицательна [18]. Для нашей задачи величина F по порядку величины сравнима с $B_{4\theta}^2/16\pi k n_0 T_e \sim 0.1 \dots 0.01$. Если следовать работе [15], то в случае заметных изменений амплитуды поля E_2 на расстояниях порядка ларморовского радиуса электронов r_{ce} и $\omega_0 \neq \omega_{ce}$ резонансный характер будет иметь также составляющая потенциала $\varphi_a \sim \omega_0^2 E_2^2 / (\omega_0^2 - \omega_{ce}^2)$, который, однако, в приведенных оценках не учитывался. Для дипольной антенны, как следует из (17), действие переменного магнитного поля $B_{4\theta}, (B_{2\theta})$ оказывает дестабилизирующее действие на устойчивость ионосферной плазмы относительно низкочастотных возмущений в области 3, в то время как величина ζ всегда положительна и способствует уменьшению инкремента γ . Результаты численного анализа формул (17), (18) в применении к нашему случаю представлены на рис. 8 в виде зависимостей инкре-

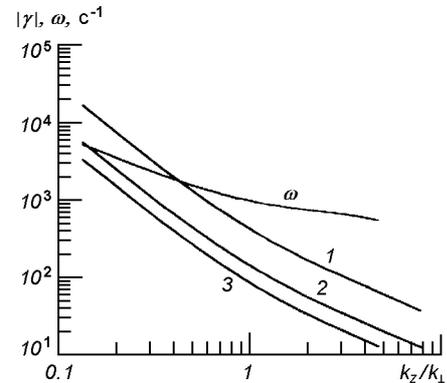


Рис. 8. Зависимость инкремента γ и частоты ω от параметра k_z/k_\perp ($T_e = 0.5$ эВ, $f_{ce} \approx 0.63$, $f_{pe} \approx 0.80$ МГц; 1, 2, 3 — γ при $\lambda_0 = 2, 6, 10$ м соответственно)

мента γ и частоты НЧ-колебаний ω от величины параметра k_z/k_\perp для различных значений λ_0 и T_e . В отличие от частоты ω , инкремент γ заметно уменьшается при увеличении плотности n_0 . Так, уже для $n_0 \approx 0.5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ значения $\gamma \approx 100 \text{ с}^{-1}$. Очевидно также, что с увеличением угла наклона антенны к магнитному полю должна уменьшаться частота НЧ-возмущений в области 3. По данным рис. 8 можно сказать, что величина и знак $\Delta n(\tau)$ будут зависеть от частоты ω , времени τ и резонансных частот плазмы. Рассмотрение этой задачи указывает на важность сбалансированности длительности и мощности ввода ВЧ-импульса в ионосферную плазму ($\tau_r < |\gamma^{-1}|$) с точки зрения стабильности области 3.

**ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОТОКОВ
ВДОЛЬ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
«ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ВЧ АНТЕННА В ПЛАЗМЕ»**

А. Циклотронные резонансы на электронных гармониках $n\omega_{ce}$. Известно, что условием резонансного взаимодействия электромагнитной волны с электронами на циклотронных гармониках является соотношение

$$\omega_0 = n\omega_{ce} + k_{0z}v_z, \quad (19)$$

в котором n — номер гармоники, а величины k_{0z} , v_z — проекции волнового вектора и скорости частицы на направление магнитного поля ($z \parallel \mathbf{B}_0$). Существует два характерных интервала углов θ распространения волны по отношению к магнитному полю: 1) $|\pi/2 - \theta| \gg \beta_T/n_{kj}$ и 2) $|\pi/2 - \theta| \ll \beta_T/n_{kj}$ — почти поперечное распространение, когда в условии (19) можно пренебречь доплеровской поправкой $k_{0z}v_z$, где $\beta_T = (kT_e/mc)^{1/2}$. Наиболее четко резонансный характер проявляется при наличии составляющей поля с левой круговой поляризацией и $k_{0\perp}v_\perp \neq 0$. Хорошо известно также, что при продольной ориентации дипольной антенны к полю \mathbf{B}_0 диаграмма направленности при излучении необыкновенной волны отлична от нуля для углов $\theta \approx 0$ [3]. Поглощение НО-моды на первой гирогармонике значительно в широком диапазоне углов для разреженной плазмы и увеличивается при $\theta \rightarrow 0$. На более высоких гармониках $n \geq 2$ поглощения НО-волны ($\sim (\beta_T n_{kj})^{2s-4} \sin^{2n-2}\theta / |\cos\theta|$) очень незначительно [11].

На рис. 9, а представлен характерный случай резонансного усиления потоков электронов $\langle J_e \rangle$ на гармониках $n f_{ce}$ ($n = 1, 2, \dots, 5$) для всего диапазона наблюдаемых питч-углов $\alpha_p \approx 90^\circ \dots 160^\circ$, когда

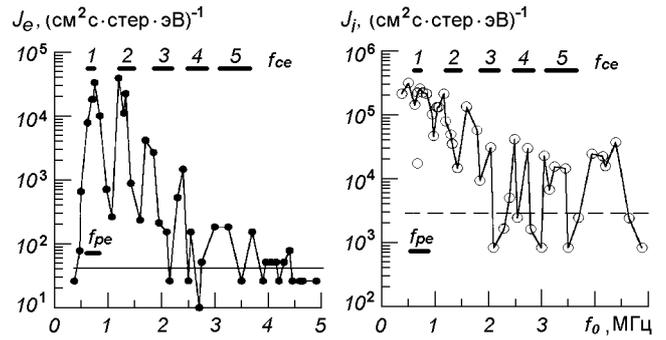


Рис. 9. Резонансное усиление потоков J_e для $\alpha_p \approx 90\text{--}120^\circ$ и J_i для $\alpha_p \approx 60\text{--}90^\circ$ на гармониках $n f_{ce}$, $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$ ($\epsilon_e = 396 \text{ эВ}$, $\epsilon_i = 9 \text{ эВ}$), тонкая и штриховая горизонтальные прямые — уровни потоков J_{0e} и J_{0i} . Виток 44 (21.12.1986), $L_{\text{dip}} \approx 27\text{--}35^\circ$

дипольная антенна ориентирована почти вдоль магнитного поля ($\beta \approx 80^\circ$; $\varphi \approx 75^\circ$; $q \approx 1$). Определенная часть электронов, зарегистрированная спектрометром СФ-3М на гармониках $n f_{ce}$, в течение времени τ_r была подвержена наиболее сильным возмущениям в области 2 с радиусом поперечного сечения порядка b и длиной порядка h . Распределение поля при $r < b$ близко к поперечной электромагнитной моде ТЕМ, для которой справедливы соотношения $|k_2 b| \ll 1$, $\text{Im} k_2 \approx 0$ и $E_{2z}/E_{2r} \ll 1$. Подобная электродинамическая структура («коккон») и компоненты поля в ней схематически показаны на рис. 5. Наличие плавного диэлектрического перехода $n_{e,i}(b)$ приводит к увеличению составляющей E_{2z} (E_{4z}) и круговой поляризации поля $E \equiv E_2 \cos(k_2 z - \omega_0 t)$, что является положительным моментом для области 2 и плазменного интерфейса с точки зрения эффективности взаимодействия электронного потока с ближним полем антенны. Для электронов с питч-углами регистрации $\alpha_p \approx 90\text{--}120^\circ$ и $k_{0z} \equiv k_2$ условие (19) должно принять вид $\omega_0 = n\omega_{ce} - |k_2 v_z|$, что согласуется с некоторым смещением резонансов относительно гармоник $n f_{ce}$. Однако этот циклотронный механизм взаимодействия за время τ_r дает только некоторую часть из общего числа резонансных электронов. Другая часть, и по-видимому большая, является следствием релаксационных процессов при $\tau \geq 0$. В подтверждение этого на рис. 9, б представлены возмущения потоков $\langle J_i \rangle$ на частотах $n f_{ce}$, которые можно связать с резонансом «силы Миллера» или с резонансным поведением функции F (18), т. е. с уже обсуждавшимся механизмом увеличения коэффициентов поперечной диффузии для ионов при ЭЦРН. Ранее считалось, что образова-

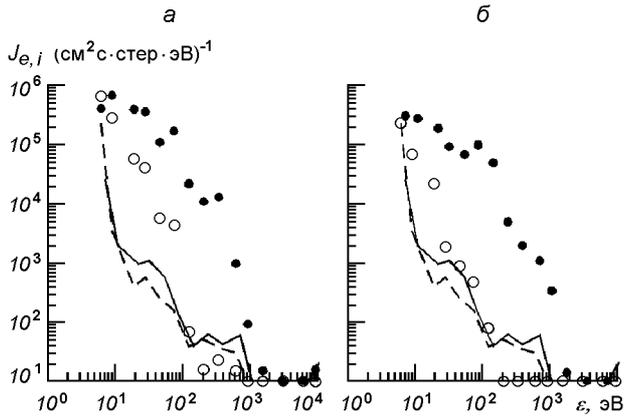


Рис. 10. Спектры потоков J_e ($\alpha_p \approx 90-120^\circ$), J_i ($\alpha_p \approx 60-90^\circ$) на гармониках $n f_{ce}$: (а) — $n = 1$, (б) — $n = 2$

ние изолирующего слоя и его влияние на диаграмму направленности происходит в диапазоне частот $\omega_0 < \max(\omega_{ce}, \omega_{pe})$ [25, 26]. Резонансное усиление потоков ионов J_i для рассматриваемой ориентации показывает, что и в более высокочастотной области заметная роль также принадлежит области 2. На рис. 10 представлены спектры потоков J_e и J_i на гармониках $n = 1, 2$. В связи с потерями энергии на излучение и нагрев плазмы в областях 3 и 4 можно говорить о добротности плазменных цилиндрических «стенок» как своеобразного резонатора.

Как известно, идеальное экранирование излучения происходит в области плазменного резонанса $\omega_0 = \omega_{UH}$, случаи $\omega_{pe}^2/\omega_{ce}^2 \gg 1$ и $\omega_0 = n\omega_{ce}$ могут лишь частично усилить отражательные характеристики слоя [13]. Для плотности энергии, отобранной у поля резонансными и нерезонансными электронами, может быть сделана оценка

$$W^* = \int m v^2 (f_e - f_{0e}) d^3 v \approx \sum (J_e - J_{0e}) \Delta v^3,$$

где f_e — функция распределения электронов. На гармониках $n = 1, 2, 3$ величина $W^* \approx 0.47, 0.27, 0.04 \cdot 10^{-11}$ Дж/м³, что сравнимо с плотностью энергии $E_{2z}^2/4\pi \approx (0.22 \dots 0.60) \cdot 10^{-11}$ Дж/м³ для $r = 0.3 \dots 4$ м и $\omega_0 \approx \omega_{ce}$, однако в условиях анизотропии определенная часть мощности излучения неизбежно «теряется» в окружающей плазме.

С учетом ранее сделанных выводов относительно ускорения ионов в ближней зоне антенны можно сказать, что возмущения потоков электронов с энергией $\epsilon_e < p_s$ вызваны исключительно послеимпульсной релаксацией ионосферной плазмы, т. е. низкоэнергичные электроны в течение времени τ_r «обтекают» область 2 из-за отрицательного элект-

ростатического потенциала φ_A на антенне. Ионосферные электроны с энергиями $0.1 \leq \epsilon_e \leq 2-3$ кэВ способны сформировать очень слабый ток $I_{be} \approx \pi b^2 \int f_e d^3 v \sim 10^{-5} \dots 10^{-6}$ А через область 2, взаимодействуя с полем в течение всего времени пролета h/v_z . В этом случае для малых углов α_p и первой гармоники гирочастоты значение параметра $\mu = \omega_{ce} h / 2\pi v_z$ (число гировращений на полудлине антенны) варьируется в пределах $0.5 \leq \mu \leq 10$, для $\mu \ll 1$ электроны преимущественно либо ускоряются, либо только замедляются в поперечном направлении. Для электронов с $r_{ce}/b < 1$ и $\mu \gg 1$ траектории движения в случае идеально выбранных орбит будут испытывать малые бетатронные осцилляции, пропорциональные $\exp[i(\mathbf{k}_2 + \mathbf{k})\mathbf{r} + \omega_0 t]$, где \mathbf{k} — пока не определенная величина. В зависимости от фазы поля $\omega_0 t_0$, скорости v и положения ведущего центра частицы в плоскости $z = h$ (момент t_0), вся система на входе (область 5, рис. 5) будет работать селективно, производя первоначальную группировку электронов. Необходимо отметить одну особенность, связанную с неустойчивостью тока $I(z, t) = I(z) \exp(-i\omega_0 t)$ в антенне, или неустойчивостью Пирса. Эйдманом показано [20], что при относительном движении тонкого проводника в изотропной плазме ток в системе становится неустойчивым при $h\omega_0/v_z > \pi/\sqrt{2}$ со значительно большим инкрементом $\text{Im}\omega_0$, чем в работе [32]. В ионосферной плазме ситуация более сложная, однако в целом ориентация магнитного поля \mathbf{B}_0 вдоль оси антенны оказывает стабилизирующее влияние на распределение тока в антенне.

Ближнее поле вокруг антенны на частотах $\omega_0 \approx n\omega_{ce}$ ($n = 3, 4, 5, 6$) сильно неоднородно и может быть одной из причин наблюдаемых резонансных возмущений потоков J_e именно до $n = 5$ (см. рис. 4, $f_0 \approx 6f_{ce}$). Переменные поля (9)–(11) при $r \ll b$ могут выполнять роль электромагнитных замедляющих структур (ЗС) довольно сложной формы, а при $r \sim b$ в совокупности с полем приграничного слоя определять форму и структуру ЗС на внутренней стороне коаксиальной линии, аналогично полю $\delta \mathbf{B}_w$ (δE_w) для широкого класса электровакуумных СВЧ-приборов [6, 24]. Таким образом, вся структура представляет собой нерегулярный плазменный волновод и может быть рассмотрена как своеобразная аналогия ондулятора [8], который является важнейшим элементом СВЧ-генераторов стимулированного излучения при прохождении холодного интенсивного электронного пучка вдоль однородного магнитного поля с суперпозицией ондуляторного поля.

При большом токе инжекции высокоэнергичных электронов плазменная структура в области 3 и квазинейтральность могут быть сильно нарушены и движение электронов будет происходить на фоне оголенного положительного заряда ионов, который в современной пучковой технологии часто называется ионно-фокусирующим режимом (ИФР). Как известно, основным конкурентом режима ИФР является шланговая неустойчивость, при которой даже слабые вариации ионной плотности канала могут привести к сильным радиальным осцилляциям электронов пучка и разрушению режима ИФР. И здесь может проявиться одно из самых ценных достоинств легкой цилиндрической антенны (полувибратора) как протяженного источника ВЧ-излучения для подавления паразитных неустойчивостей. Хотя в этом случае теория излучения антенны типа симметричного вибратора нуждается в существенных изменениях математической модели.

Мы остановились на основных моментах взаимодействия электронов при пролете электронов вдоль разреженной электродинамической структуры вокруг цилиндрической антенны при наличии поля ВЧ-накачки на частотах $\omega_0 \approx n\omega_{ce}$. Очевидно, что все процессы взаимосвязаны, и для более точных оценок необходимо комплексное рассмотрение всех вопросов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью работы был краткий обзор результатов космического эксперимента по модуляции и локальному ускорению заряженных частиц в ближнем поле дипольной антенны на спутнике «Космос-1809». Можно выделить наиболее важные результаты проведенного эксперимента.

1. Возмущенные потоки ионов $J_i(\alpha_p, v)$ на частотах волны накачки $\omega_0 \leq \max(\omega_{ce}, \omega_{pe})$, $\omega_0 \neq k_{0z}v_i$ связаны с образованием разреженной области 2 вокруг антенны на время излучения (τ_r) и расширением окружающей плазмы после окончания ВЧ-импульса ($\tau > 0$) в область пониженной концентрации плазмы к отрицательно заряженным корпусу спутника и антенне.

2. Задержка ускоренных ионов после импульса излучения ($\tau_s \approx 1.5$ мс) на дифференциальных спектрах связана с распределением электростатического потенциала $\varphi(r, z)$ вокруг антенны и потенциалом корпуса спутника $p_s = \varphi(a, 0)$, а также с функцией распределения ионов в области 3 (функцией источника) и со стартовыми условиями на момент $\tau = 0$.

3. Обнаруженные вариации плотности плазмы $\Delta n(\tau, \omega_0)$ в течение $\tau \approx 0 \dots 1.5$ мс — следствие релаксационных процессов в окрестности дипольной антенны и определяются остаточными колебаниями плазмы после ВЧ-импульса.

4. Обнаружен редкий тип возмущений ионных потоков J_i на электронных гармониках $n\omega_{ce}$ ($n = 1, 2, 3$). Существование резонансных потоков J_i позволяет предположить образование «вакуумных прослоек» на частотах $\omega_0 > \max(\omega_{ce}, \omega_{pe})$ в результате резонансного усиления составляющей ВЧ-потенциала для волн с левой круговой поляризацией $\varphi_a(r, z) \sim \nabla |E_2(r, z)|^2 \omega_0 / (\omega_0 - n\omega_{ce})$ и пространственно-неоднородного распределения концентрации плазмы в области 2.

5) Усиление потоков электронов $J_e(\alpha_p, v)$ в диапазоне частот $\omega_0 = n\omega_{ce} - |k_{0z}v_z|$ ($n = 1, 2, 3, 4, 5$) при продольной ориентации антенны ($z \parallel \mathbf{V}_0$) может быть связано с резонансным взаимодействием пролетных электронов с (i) электромагнитными модами в области 2 в течение времени τ_r , (ii) послеимпульсной релаксацией окружающей плазмы по аналогии с результатами 1, 2) и (iii) электронными циклотронными волнами в плазме при $\tau > 0$.

Эти результаты позволяют сформулировать рабочую гипотезу относительно использования цилиндрической антенны (полувибратора) в качестве распределенного источника ВЧ-излучения для модуляции пучков энергичных электронов в ближнем поле антенны. При умеренных плотностях инжектированных электронов (предположительно меньше плотности окружающей плазмы) в электродинамической системе возможно развитие циклотронно-ондуляторной неустойчивости на частотах электронных гирогармоник.

Авторы искренне признательны научным руководителям эксперимента на спутнике «Космос-1809» («Ионозонд-Э») Ю. И. Гальперину и Ф. К. Шуйской, Н. С. Ерохину и В. А. Шувалову за ценные замечания и полезное обсуждение работы, а также рецензенту за многочисленные предложения, которые существенно ее улучшили.

1. Баранец Н. В., Афонин В. В., Гладышев В. А. и др. Ускорение электронов на гармониках электронной циклотронной частоты под действием ВЧ-излучения на спутнике «Космос-1809» // Космич. исследования.—1995.—33, № 2.—С. 118—127.
2. Баранец Н. В., Афонин В. В., Комраков Г. П., Васильев Г. В. Воздействие ВЧ-излучения на ионосферную плазму в области резонанса антенны по данным спутника «Космос-1809» // Космич. исследования.—1995.—33, № 1.—С. 40—51.
3. Бункин Ф. В. Об излучении в анизотропных средах //

- Журн. эксперим. и теорет. физики.—1957.—32, № 2.—С. 338—346.
4. Гальперин Ю. И., Сагдеев Р. З., Шуйская Ф. К. и др. Обнаружение явления ускорения электронов в ионосферной плазме под действием излучения мощного бортового радиопередатчика вблизи локальной плазменной частоты со спутника «Интеркосмос-19» // Космич. исследования.—1981.—19, № 1.—С. 34—44.
 5. Гапонов А. В., Миллер М. А. Об использовании движущихся высокочастотных потенциальных ям для ускорения заряженных частиц // Журн. эксперим. и теорет. физики.—1958.—34, № 3.—С. 751—752.
 6. Гапонов А. В., Петелин М. И., Юлпатов В. К. Индуцированное излучение возбужденных классических осцилляторов и его использование в высокочастотной электронике // Изв. вузов. Радиофизика.—1967.—10, № (9—10).—С. 1414—1453.
 7. Гетманцев Г. Г., Денисов Н. Г. Об одном эффекте при измерении электронной концентрации в ионосфере методом антенного зонда // Геомагнетизм и аэронавигация.—1962.—2, № 4.—С. 691—693.
 8. Гинзбург В. Л. Об излучении электрона, движущегося вблизи диэлектрика // Докл. АН СССР.—1947.—56, № 2.—С. 145—148.
 9. Гуревич А. В., Парийская Л. В., Питаевский Л. П. Автомодельное движение разреженной плазмы // Журн. эксперим. и теорет. физики.—1965.—49, № 8.—С. 647—654.
 10. Демирханов Р. А., Гуткин Т. И., Лозовский С. Н. Дрейфовая неустойчивость бесстолкновительной плазмы в высокочастотном поле E -волны // Журн. эксперим. и теорет. физики.—1968.—55, № 6.—С. 2195—2199.
 11. Железняков В. В. О гирорезонансном излучении и поглощении в равновесной магнитоактивной плазме // Изв. вузов. Радиофизика.—1964.—7, № 1.—С. 67.
 12. Кинг Р., Смит Г. Антенны в материальных средах. — М.: Наука, 1984.
 13. Кондратьев И. Г., Миллер М. А. Двумерные электромагнитные поля, направляемые плазменными слоями // Изв. вузов. Радиофизика.—1965.—8, № 1.—С. 34—41.
 14. Мареев Е. А., Чугунов Ю. В. Антенны в плазме. — Нижний Новгород: ИПФ АН СССР, 1998.
 15. Миллер М. А. Движение заряженных частиц в высокочастотных электромагнитных полях // Изв. вузов. Радиофизика.—1958.—1, № 3.—С. 110—123.
 16. Михайловский А. Б. Вопросы теории плазмы. — М.: Госатомиздат, 1963.—Т. 3.—С. 141.
 17. Серов А. А., Гальперин Ю. И., Лисаков Ю. В., Шуйская Ф. К. Локальное ускорение электронов около спутниковой плазмы радиоизлучением мощного бортового передатчика // Космич. исследования.—1985.—23, № 3.—С. 431—443.
 18. Файнберг Я. Б., Шапиро В. Д. О стабилизации низкочастотных неустойчивостей плазмы // Журн. эксперим. и теорет. физики. Письма.—1966.—4, № 1.—С. 32—35.
 19. Шурыгин Р. В., Юшманов П. Н. Ионный теплоперенос в токамаке при циклотронном нагреве // Физика плазмы.—1986.—12, № 5.—С. 535—545.
 20. Эйдман В. Я. О неустойчивости квазистатических колебаний тонкого проводника, обтекаемого плазмой // Изв. вузов. Радиофизика.—1979.—22, №7.—С. 781—788.
 21. Bissell R. C., Johnson P. C. The solution of the plasma equation in plane parallel geometry with a Maxwellian source // Phys. Fluids.—1987.—30, N 3.—P. 779—786.
 22. Emmert G. A., Henry M. A. Electric sheath and presheath in a collisionless finite ion temperature plasma // J. Appl. Phys.—1992.—71, N 1.—P. 113—119.
 23. Emmert G. A., Wieland R. M., Mense A. T., Davidson J. N. Electric sheath and presheath in a collisionless finite ion temperature plasma // Phys. Fluids.—1980.—23, N 4.—P. 803—812.
 24. Freund H. P., Jackson R. H., Pershing D. E., Taccetti J. M. Nonlinear theory of the free-electron laser based upon a coaxial hybrid wiggler // Phys. Plasmas.—1994.—1, N 4.—P. 1046—1059.
 25. Galejs J. Impedance of a finite insulated cylindrical antenna in a cold plasma with a longitudinal magnetic field // IEEE Trans. on Antennas and Propagation.—1966.—AP—14, N 6.—P. 727—736.
 26. Galejs J. Impedance of a finite insulated cylindrical antenna in a cold plasma with a perpendicular magnetic field // IEEE Trans. on Antennas and Propagation.—1966.—AP—14, N 6.—P. 737—748.
 27. Goeckner M. J., Goree J., Sheridan T. E. Measurements of ion velocity and density in the plasma sheath // Phys. Fluids.—1992.—B 4, N 6.—P. 1663—1670.
 28. Gottscho R. A., Burton R. H., Flamm D. L., et al. Ion dynamics of rf plasmas and plasma sheaths: A time-resolved spectroscopic study // J. Appl. Phys.—1984.—55, N 7.—P. 2707—2714.
 29. James H. G. Sounder-accelerated particles observed on «ISIS» // J. Geophys. Res.—1983.—88, N A5.—P. 27—40.
 30. James H. G. Discharge of RF-induced spacecraft potential by positive ions // Planet. Space Sci.—1987.—35, N 1.—P. 105—118.
 31. Laframboise J. G., Rubinstein J., Palmer F. H. Theory of topside sounder transmission effects on antenna quasistatic sheath impedance // Radio Sci.—1975.—10, N (8,9).—P. 773—784.
 32. Pierce G. P. Limiting currents in electron beam in the presence of ions // J. Appl. Phys.—1944.—15, N 4.—P. 721—726.
 33. Procassini R. J., Birdsall C. K., and Morse E. C. A fully kinetic, self-consistent particle simulation model of the collisionless plasma-sheath region. // Phys. Fluids.—1990.—B 2, N 12.—P. 3191—3205.
 34. Pulnests S. A., Selegey V. V. Ionospheric plasma modification in the vicinity of a spacecraft by powerful radio pulses in topside sounding // J. Atmos. Terr. Phys.—1986.—48, N 2.—P. 149—157.
 35. Shuiskaya F. K., Galperin Yu. I., Serov A. A., et al. Resonant heating of the ionospheric plasma by powerful radiopulses aboard the «Intercosmos-19» and «Cosmos-1809» satellites // Planet Space Sci.—1990.—38, N 2.—P. 173—180.
 36. Wu T. T. Introduction to linear antennas // Antenna Theory. — New York: McGraw-Hill, 1969.—Part 1.

**MODIFICATION OF IONOSPHERIC PLASMA
IN THE NEAR RF FIELD OF A DIPOLE ANTENNA:
ACTIVE EXPERIMENT IN SPACE**

N. V. Baranets, V. V. Afonin, V. A. Gladyshev,
Ya. P. Sobolev, and G. P. Komrakov

Experimental results of the sounder accelerated charged particles (SAP) and perturbed plasma density recorded in the near satellite region are considered. Ion acceleration after rf pulses ($\tau \geq 0$) is related to the self-similar plasma expansion into a vacuum (region 2) to negatively charged body. The boundary «plasma-sheath» stability (in region 3) during an rf pulse is also considered relative to the LF fluctuation of plasma density. The first observations of the ion flux at the electron cyclotron harmonics $n\omega_{ce}$ ($n = 1, 2, \dots$) as well as the electron flux in the frequency range of $\omega_0 = n\omega_{ce} - |k_{0z}v_z|$, $n = 1, 2, \dots, 5$ ($z \parallel B_0$) are registered on Cosmos-1809 satellite. It is suggested that the acceleration of ions can be explained by the resonance increase of «Miller force» $\sim \nabla |E_2(r, z)|^2 \omega_0 / (\omega_0 - n\omega_{ce})$.

УДК 533.932

**Квазипоперечная к геомагнитному полю
инжекция электронных пучков до данным
спутника «Интеркосмос-25»: проект АПЭКС**

**Н. В. Баранец¹, Ю. Я. Ружин¹, В. В. Афонин², В. Н. Ораевский¹,
С. А. Пулинец¹, В. С. Докукин¹, Ю. М. Михайлов¹,
Я. П. Соболев¹, Л. Н. Жузгов¹, И. С. Прутенский¹**

¹Институт земного магнетизма, ионосферы та розповсюдження радіохвиль РАН, Троїцьк, Московська обл., Росія

²Институт космічних досліджень РАН, Москва, Росія

Надійшла до редакції 14.01.99

Розглянуто різні ефекти пучково-плазмової взаємодії при інжекції в іоносферну плазму пучків заряджених частинок і нейтрального газу ксенону. Особливу увагу приділено інжекції в навколосупутникову плазму немодульованого (*dc*) електронного пучка зі струмом $I_{be} \approx 0.1$ А та енергією $\epsilon_{be} = mv^2/2 \approx 10$ кеВ при квазіпоперечних кутах поширення $\alpha_{pe} \approx 74..87^\circ$. Проведено комплексний аналіз задачі з використанням спеціальної методики обробки, суть якої полягає у максимальному наближенні до лабораторного стилю експериментів.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на огромный опыт в исследовании пучково-плазменной неустойчивости как в наземных лабораторных установках, так и в нижних слоях ионосферы, остается множество теоретических вопросов, требующих тщательной экспериментальной проверки. Это в первую очередь касается спутниковых экспериментов в высоких слоях ионосферы. Важное значение при этом приобретают вопросы согласования скорости опроса телеметрических параметров с характерными временными константами выходных интерфейсов и предполагаемыми величинами инкрементов различных плазменных неустойчивостей. Проект АПЭКС (спутник—субспутник) позволяет рассмотреть широкий спектр задач при изучении неустойчивостей в ионосферной плазме с использованием различных видов инъекции заряженных частиц или квазинейтральной плазмы [16, 17]. Комплексная диагностика процессов нагрева

плазмы и возбуждения различных мод колебаний ω, k в условиях сильной/слабой турбулентности дает возможность изучения динамики инжектированных пучков в ближней и дальней зонах инъекции. В этой работе основное внимание уделено результатам, связанным с инъекцией электронного пучка и зарегистрированным на основном спутнике. Приведены оценки плотностей инжектированных пучков электронов n_{be} для различных гидродинамических моделей, а также ионного компонента квазинейтральной плазмы n_{bi} на стадии свободного гировращения.

На примере одного полного цикла активного режима работы научной аппаратуры мы попытались проанализировать полученные данные в рамках классического описания пучково-плазменной неустойчивости для двухкомпонентной плазмы [10]. Особое внимание уделено исследованию энергетического распределения тепловых ионов, зарегистрированных с помощью анализатора с задержива-

ющим потенциалом (ионной ловушки [14]), и возбуждению электромагнитных полей в различных диапазонах частот. Данные активного эксперимента обработаны на компьютере CONVEX 120.

НАУЧНАЯ АППАРАТУРА

В комплексную обработку результатов эксперимента (рис. 1) включены телеметрические данные о токах и ускоряющем напряжении для электронной пушки (I_{be} , U_{be}) и инжектора квазинейтральной плазмы (для ионного компонента I_{bi} , U_{bi}) в точке

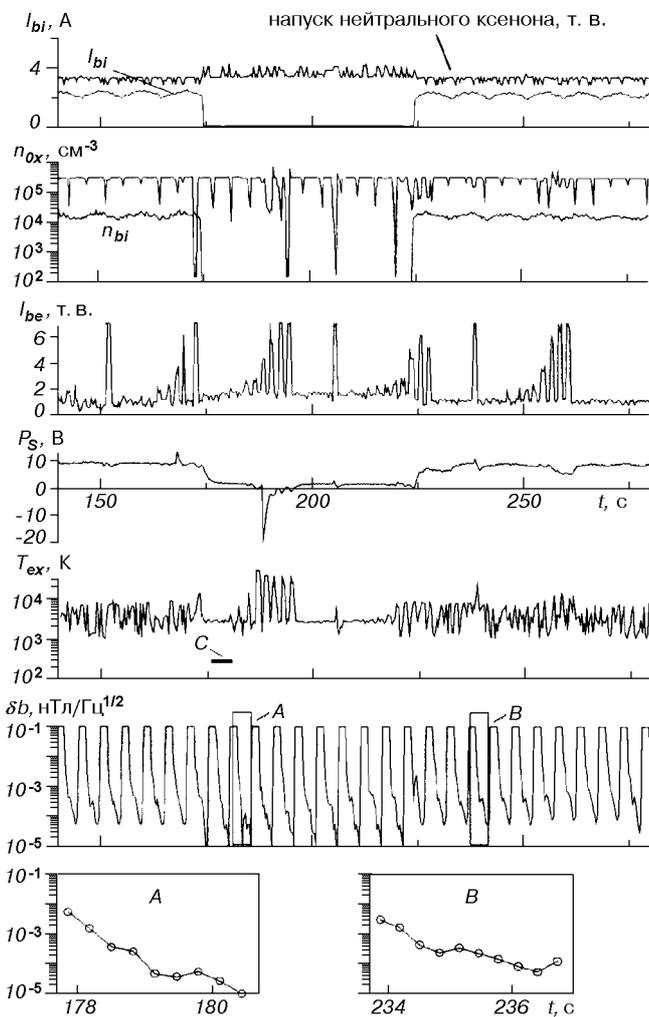


Рис. 1. Эпизод эксперимента с инжекцией электронов, квазинейтральной плазмы и напуска газа ксенона Xe (в телеметрических вольтах, т. в.). Параметры плазмы T_{ex} , n_{ox} , потенциал спутника p_s , магнитные ОНЧ-спектры δb (8—969 Гц) показаны в зависимости от времени t (с) относительно момента $t_0 = 13$ ч 36 мин 58.496 с УТ, высота $H = 450 - 470$ км (виток 266, 09.01.1992)

$z = 0$ на спутнике, где r, z, θ — цилиндрическая система координат ($z \parallel \mathbf{B}_0$). Вычисление питч-углов инжекции электронов пучка и ионного компонента плазмы α_{pe} , α_{pi} , углов ориентации вектора скорости спутника v_s , магнитного поля Земли \mathbf{B}_0 и его возмущений δB_j ($j = x, y, z$), а также углов $\beta_3 \equiv \beta_3(\mathbf{B}_0, \hat{Z})$, азимута $A \equiv A(\mathbf{B}_0^*, \hat{Y})$, или угла атаки $\theta_v \equiv Q_v(\hat{v}_s, \hat{X})$ проведено по измерениям бортовых датчиков и высокочувствительного магнитометра. Здесь X, Y, Z — спутниковая система координат и \mathbf{B}_0^* — проекция вектора \mathbf{B}_0 на плоскость XY (рис. 2), причем оси X, Y, Z соответствуют азимутальным (θ), радиальным (r) и аксиальным (z) измерениям компонентов. Квазипостоянные электрические поля δE_j по каждой из осей в диапазоне частот 0.1—2.5 Гц (или 0.1—10 Гц) измеряли с помощью двойных электрических зондов. Спектры ВЧ-плазменных волн в диапазоне $f = 0 \dots 10$ МГц (рис. 3) для электронной ленгмюровской, циклотронной или одной из гибридных плазменных частот, т. е. резонансов $\omega(\mathbf{k}) - \varepsilon \approx \omega_{pe}, \omega_{ce}, \omega_{\pm}$, а также КНЧ—ОНЧ-волн в диапазоне $f = 8 \dots 969$ Гц, и фиксированных частотах 9.6 и 15.0 кГц для ионной ленгмюровской, гирогармоники, или альфвеновской моды $\omega(\mathbf{k}) - \varepsilon \approx \omega_{pi}, \omega_{ci}, \omega_A$ определяли по данным волновых измерительных комплексов. Здесь $\varepsilon = \delta\omega + i\gamma$ ($|\varepsilon| \ll \omega$), а $\delta\omega$ и γ — малое приращение частоты и инкремент пучково-плазменной не-

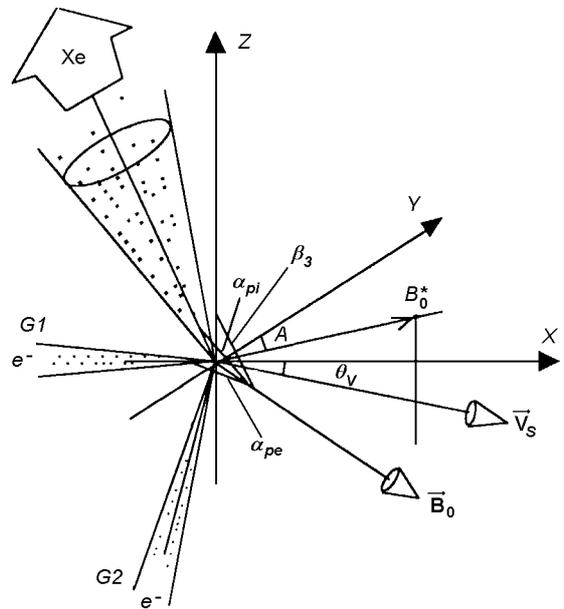


Рис. 2. Направление инжекции, углы ориентации для магнитного поля \mathbf{B}_0 и скорость v_s в спутниковой системе координат XYZ , ось Z направлена от Земли

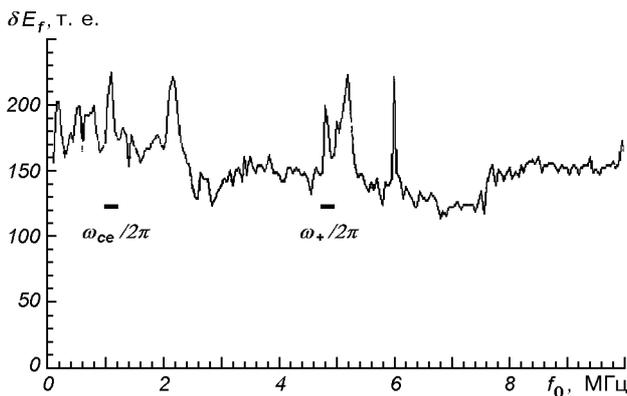


Рис. 3. Спектр ВЧ-плазменных волн, зарегистрированный при $t = 176 \dots 177$ с (интервал с на рис. 1)

устойчивости возбуждаемых волн. Электронную и ионную температуры T_e, T_i , потенциала корпуса спутника ϕ_s , а также плотность плазмы $n \equiv n_{ix}$ и энергетическое распределение потоков ионов тепловой плазмы $j_{ix}/j_z(V)$ ($0 \leq V \leq 12$ В) определяли с помощью импедансного зонда и анализатора тепловой плазмы с задерживающим потенциалом, где n_{ix}, V — плотность потока плазмы, измеренная в направлении оси $-X$, ($-Z$ для j_z) и свипирующее напряжение на сетке ионной ловушки.

ЭКСПЕРИМЕНТ

На рис. 1 представлены результаты измерений параметров пучка и плазмы на спутнике «Интеркосмос-25», а также расчетная плотность n_{bi} ионного компонента инжектированной плазмы. Из общей экспериментальной ситуации следует отметить некоторые характерные особенности. Ориентация магнитного поля B_0 была такова, что питч-углы электронной инъекции $\alpha_{pe} \approx 74 \dots 87^\circ$ ($z \geq 0$), а ионной $\alpha_{pi} \approx 121 \dots 132^\circ$ ($z \leq 0$), т. е. пучки электронов и квазинейтральной плазмы инжектировались в прямо противоположные стороны относительно оси z . Тем не менее вся пучково-плазменная система может рассматриваться как единая структура вдоль силовых линий поля B_0 . При этом взаимное влияние двух цилиндрических полупространств относительно раскачки неустойчивостей может быть учтено с помощью механизма эффективных столкновений и замены $\omega \rightarrow \omega + i\nu_s$ в условиях плазменной турбулентности, источник которой находится в противоположной области относительно $z = 0$. На некоторых орбитах режимы инъекции

электронного пучка и квазинейтральной плазмы или напуска нейтрального газа ксенона включались асинхронно, что обеспечило широкий выбор условий проведения эксперимента. В этом же режиме проведены измерения волновых спектров и ионного распределения $n_i(V)$. Асинхронность здесь означает независимость включений/выключений различных инжекторов и всех периодических измерений (спектров), которые были не синхронизованы с активной работой инжекторов. К этому следует добавить, что все измерения проведены на освещенном участке траектории спутника при $\omega_{pe}/2\pi \approx 4.8 \dots 4.9$ МГц и $\omega_{ce}/2\pi \approx 1.1 \dots 1.2$ МГц. Более интенсивный плазменный нагрев по компоненту T_{ex} наблюдался во время работы только электронной пушки G1 ($t = 175 \dots 225$ с), чем при одновременной работе обоих инжекторов электронов и плазмы. Это сравнение позволяет заключить, что инъекция квазинейтральной плазмы приводит к стабилизации пучковой неустойчивости, вызванной электронным пучком. На рис. 4 представлен 23-с цикл работы ускорителя электронов G1 и измеряемые параметры плазмы $n_i(V), T_{ex}, T_{ey}$. Экспериментальные данные свидетельствуют о явной зависимости нагрева плазмы по T_{ex}/T_{ey} и ионного распределения $n_i(V)$ от режима инъекции (1 с — без модуляции; 3, 5, 7 ... — с амплитудно-частотной модуляцией). Длительность элементарного микроимпульса инъекции электронов $\tau_0 \approx 2$ мкс. Инъекция модулированного (*ac*) электронного пучка приводит к сильному резонансному нагреву плазмы по поперечному к магнитному полю B_0 компоненту $T_{ex} \approx 5$ эВ ($\beta_3 \approx 170^\circ, A \approx 300^\circ$) при частоте модуляции $\omega_m = 15.625$ кГц (15 с). Частоты $n\omega_m$ ($n = 1, 2$) близки к ионной плазменной частоте ω_{pi} для ионов O^+ и O_2^+/NO^+ ($2\omega_m \approx \omega_{pi}$), т. е. можно заключить, что плазменный нагрев вызван резонансом в области частот $\omega_m \approx \omega_{pi}$ для плазмы, состоящей преимущественно из ионов кислорода O^+ или группы O_2^+/NO^+ . На рис. 4 можно также наблюдать временную задержку нагрева ионосферной плазмы относительно момента выключения 1-с импульса инъекции электронного пучка.

Привлекает внимание отрицательный скачок потенциала $\Delta\phi_s$ в резонансной области частот $\omega_m \approx \omega_{pi}$ на 17-й секунде инъекции. В лабораторном эксперименте [3] по изучению взаимодействия модулированного ионного пучка и плазмы было обнаружено подавление НЧ-колебаний кроме частоты модуляции, а также рост волн на частотах $\omega_m \leq \omega_{pi}$ ($\omega_m \approx \omega_{pi}$). В нашем случае НЧ-модуляции электронного пучка результаты являются схожими.

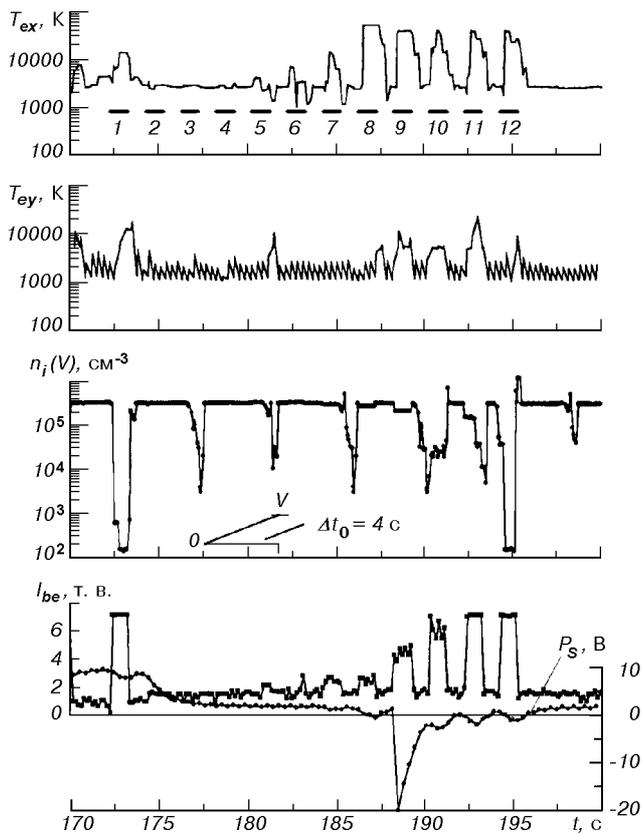


Рис. 4. Компоненты температуры T_{ex} , T_{ey} , плотность $n_{ix}(V)$ и потенциал p_s корпуса спутника при работе пушки G1. Длительность развертки задерживающего потенциала V на сетке ловушки $\Delta t_0 = 4$ с. Вверху отрезками 1, 2, ..., 12 показаны временные интервалы электронной инъекции

При квазистационарной инъекции электронного пучка, промодулированного на частотах $\omega_m \approx \omega_{pi}$, а также в зависимости от соотношения плотностей пучка и невозмущенной плазмы n_{be}/n_0 , возможно развитие ионно-фокусного режима (ИФР) распространения. В режиме ИФР электроны пучка испытывают радиальные осцилляции или продольные вариации плотности n_{be} с характерной частотой ω_0 (бетатронные осцилляции), когда длина волны флуктуаций ионной плотности λ_0 равна аксиальному расстоянию, на котором происходит одно циклотронное вращение единичного электрона. При этом даже слабые вариации ионной плотности канала могут привести к сильным радиальным осцилляциям электронов пучка. При модулированной инъекции режим ИФР для элементарных микроимпульсов может быть сформирован головными 2-мкс-импульсами («прекурсорный» пучок), стимулирующи-

ми поперечные к B_0 ионно-звуковые колебания вдоль всей трассы взаимодействия. Эти процессы могут отражать кривые зависимости p_s и T_{ex} . Развитию этого режима может воспрепятствовать движение пучка как целого со скоростью спутника, нарушающее условия фокусировки, а также различный массовый состав ионов плазмы.

При построении общей картины активного эксперимента для всех представленных на рис. 2 параметров использовалось одно измерение за один телеметрический кадр и каждому из них присваивалось одно телеметрическое время. На рис. 4 временные зависимости величин $n_{ix}(V)$, T_{ex} , T_{ey} , I_{be} , p_s имеют разно-скоростную опросность, соответственно 4, 4, 2, 2, 1 изм./кадр. В этом случае для более высокого временного разрешения были использованы максимальные возможности телеметрии и каждому параметру/байту информации присваивалось свое индивидуальное время измерения, что соответствовало реальному времени при данной телеметрической системе. Таким образом мы решили проблему «часов» инъекции с точностью до $\Delta t/256$, где Δt — телеметрический период, а также получили возможность проведения интерполяционных вычислений. Мы продолжим анализ экспериментальных данных, но параллельно с результатами вычислений различных характеристик, которые нами были получены на основе экспериментальных данных.

ИНЈЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ ПРИ БОЛЬШИХ УГЛАХ К МАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Инъекция электронов в квазипоперечном направлении имеет целый ряд особенностей, позволяющий выделить этот случай в особый [5]. При рассмотрении механизма пучково-плазменного взаимодействия определяющее значение имеет форма пучка электронов, его плотность и температура. Часть электронов возвращается на корпус спутника или уходит в противоположном направлении относительно магнитного поля, ослабляя эффективный ток инъекции. Кроме того, случай квазипоперечной dc -инъекции в течение 1-й с позволяет нам рассмотреть целый ряд эффектов, связанных с вращающимся электронным слоем в непосредственной близости от корпуса спутника. В первую очередь нас интересует возбуждение магнитных и электрических полей, нагрев плазмы и ускорение ионов. Поэтому мы кратко остановимся на основных моментах взаимодействия, имеющих отношение к диагностике в околоспутниковой области ионосферной плазмы.

А. ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ

Дисперсионное уравнение относительно возбуждения потенциальных колебаний ω , к пучком заряженных частиц в плазме с максвелловским распределением и температурой $T_e > T_i$ запишется в виде [10]

$$1 - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega^2} \cos^2 \theta - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega^2 - \omega_{ce}^2} \sin^2 \theta + \frac{\omega_{be}^2}{k^2 v_{be}^2} \times \\ \times \left[1 + i\sqrt{\pi} z_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n(X_e) W(z_n) \right] = 0, \quad (1)$$

где $W(z_n)$ — функция Крампа, v_{Te} , v_{be} — тепловая скорость электронов плазмы и пучка, $\omega_{be}^2 = 4\pi e^2 n_{be}/m$ — плазменная частота электронов пучка, $A_n(X_e) = (X_e)^{|n|}/2^{|n|} n!$, $X_e \approx (k_{\perp} v_{be}/\omega_{ce})^2$. Здесь $k_{\perp} \equiv k \sin \theta$ — поперечный компонент волнового вектора под углом к геомагнитному полю $\theta \equiv \theta(\mathbf{B}_0 \mathbf{k})$, а резонансная расстройка

$$z_n = \frac{\omega \pm n|\omega_{ce}| - k_z u}{\sqrt{2} k_z v_{be}}, \quad (2)$$

где верхний знак берется при аномальном эффекте Доплера, нижний — при нормальном. Средняя потоковая скорость по параметру α определяется из выражения $u \equiv \langle v \rangle_{\alpha} = (1/\Delta\alpha') \int_{\Delta\alpha} v \cos(\alpha_{pe} + \alpha) d\alpha$, где

эффективный раствор питч-угловой инжекции $\Delta\alpha' > \Delta\alpha$ (около 4° при $z = 0$). Решение дисперсионного уравнения (1) относительно раскочки плазменных колебаний в системе холодная плазма — холодный пучок ($n_{be}/n_0 \ll 1$) при $|z_n| \gg 1$, или больших относительных расстройках $\delta = (k u - \omega_{\pm})/\omega_{\pm}$, для $\omega \approx k_z u \approx \omega_{\pm}$ ($n = 0$) может быть представлено в виде

$$\text{Im} \omega = \gamma \approx \left[\frac{\omega_{be}^2 \cos^2 \theta (\omega_{+}^2 - \omega_{-}^2) \omega_{\pm}}{2|\omega_{\pm}^2 - \omega_{ce}^2|} \right]^{1/3}. \quad (3)$$

Нас интересует раскочка колебаний в нижнегибридной области частот $\omega \approx \omega_{-}$ ($\approx \omega_{ce}$). Характер развития неустойчивости и динамики пучка будут зависеть не только от координаты z , но и от нагрева пучка и плазмы. Для плотности пучка в зависимости от параметров α_{pe} и z можно принять либо модель сплошного и однородного по сечению пучка $n_{be} \approx n_{0b}(r_0/r)^2$ при $n_{be}(1 - \kappa) > n_0$, либо трубчатую форму потока при $n_{be} \ll n_0$, где $r_0 \equiv r(z = 0)$ и κ — степень нейтрализации заряда пучка ионным фоном окружающей плазмы. Для изучения эффектов

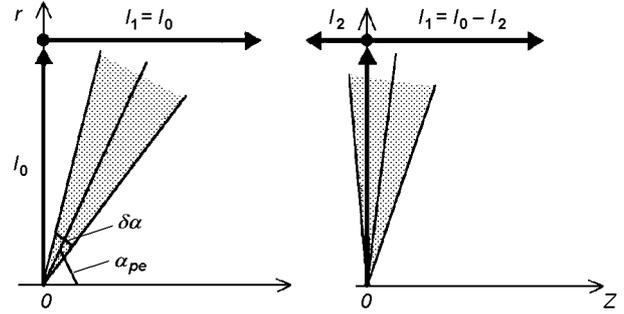


Рис. 5. Схематическое представление распределение тока инжекции электронов $I_0 = I_{be}$ в зависимости от питч-угла α_{pe} и эффективного раствора углов $\Delta\alpha'$

пучково-плазменного взаимодействия выбрана трубчатая форма электронного потока, которая в большей степени соответствует реальной форме потока не только при больших z , но и в ближней зоне инжекции на расстояниях $z \ll u/\gamma$ [23]. Для расчета плотности пучка при больших питч-углах $\alpha_{pe} + \Delta\alpha'/2 > 90^\circ$ для тока инжекции в нижнюю полусферу I_1 мы учитывали потерю зарядов, как это схематично показано на рис. 5, при этом сама плотность, как среднее значение $\langle n_{be} \rangle$ определяется из выражения для тока в нижнюю полусферу $I_1 \approx 2\pi \int_a^b e v_z(r) n_{be}(r) r dr$, где a и b — максимальный и минимальный радиусы вращения крайних электронов на внутренней и внешней границах трубчатого пучка. Кроме кулоновских сил отталкивания и силы Лоренца ($\propto \mathbf{v} \times \mathbf{B}_0$), вызывающих начальное расширение пучка электронов. Необходимо принять во внимание действие переменных (ас) электрических полей, ассоциирующихся с пучково-плазменной неустойчивостью [11]. Эти поля, распространяясь назад к эмитирующему источнику, могут быть одним из важнейших факторов, фокусирующих электроны пучка. В обоих случаях необходимо модифицировать дисперсионное уравнение и ввести дополнительно член, учитывающий взаимодействие с индуцированными электромагнитными полями. Однако наша задача как раз и состоит в том, чтобы в эксперименте показать связь различных параметров плазмы и возбуждаемых полей, зарегистрированных в окрестности спутника, с инкрементом пучково-плазменной неустойчивости. В случае, когда наблюдается разброс параметров пучка и уже заметный нагрев ($v_{be} \sim \Delta v$) решением уравнения (1) для $k_z u \approx \omega_{-}$ и $|z_0| > 1$ в первом приближении будет выражение

$$\gamma = - \frac{\sqrt{\pi} \omega_{be}^2 \omega_-}{2k^2 v_{be}^2} \left[\frac{\omega_{pe}^2}{\omega_-^2} \cos^2 \theta + \frac{\omega_{pe}^2 \omega_-^2 \sin^2 \theta}{(\omega_-^2 - \omega_{ce}^2)^2} \right]^{-1} z_0 \operatorname{Re} W(z_0), \quad (4)$$

где

$$\operatorname{Re} W(z_n) \approx \begin{cases} 1, & |z_n| \ll 1, \\ \exp(-z_n^2), & |z_n| \gg 1. \end{cases}$$

В тех случаях, когда потоковая скорость инжектированных электронов сравнима с альфвеновской скоростью $u \sim v_A = \mathbf{B}_0 / \sqrt{4\pi n_0 M}$, становится возможной раскачка волн в альфвеновском диапазоне частот $\omega \leq \omega_{ci}$, здесь M — масса иона. При больших поперечных длинах волн по отношению к гирорадиусу электронов $k r_{ce} \ll 1$ инкремент максимален при циклотронном резонансе $\omega \approx k_z u - \omega_{ce}$. Инкремент нарастания можно определить с помощью выражения

$$\gamma = - \frac{\sqrt{\pi} \omega_{be}^2}{2\omega Q} \left[(1 + \cos^2 \theta) \frac{k^2 c^2}{\omega^2} - \frac{2\omega_{pi}^2}{\omega_{ci}(\omega_{ci} + \omega)} \right] z_0 \operatorname{Re} W(z_1). \quad (5)$$

Здесь

$$Q = \frac{\omega_{pi}^4}{(\omega^2 - \omega_{ci}^2)^2} \left[(1 + \cos^2 \theta) \frac{k^2 v_A^2}{\omega^2} + \frac{\omega^2}{\omega_{ci}^2} - 2 \right].$$

Для реальных параметров пучка/плазмы и магнитного поля $\mathbf{B}_0 + \delta \mathbf{B}$ скорость нарастания колебаний, вычисленная по формуле (3) при $n_{be}/n_0 \ll 1$, будет равна $\gamma/\omega_{pe} \sim 0.1 \dots 0.01$. С учетом разброса параметров пучка $\Delta v/v \sim 0.1 \dots 0.01$, $n_{be}/n_0 \sim 10^{-3} \dots 10^{-4}$ и эффективного раствора углов $\Delta \alpha \approx 14 \dots 16^\circ$ получим $\gamma/\omega_{pe} \sim 10^{-2} \dots 10^{-3}$ (формула (4)), что ближе к действительности (см. рис. 11). Большую роль в динамике неустойчивости играют захваченные частицы, которые ограничивают увеличение амплитуды электрического поля до уровня насыщения $\delta E_r^2 / 4\pi \approx n_{be} m v^2 (\gamma/\omega_{pe})$ и переводят всю систему плазма—пучок в неустойчивое состояние относительно возбуждения многомодового режима [6], который затем фактически является «длинно-волновой накачкой» при развитии модуляционной неустойчивости. Оценка уровня ленгмюровской турбулентности на нелинейной стадии гидродинамической неустойчивости дает величину $\eta^f = W^f / n_0 T_e \approx (\delta E_r^2 / 8\pi n_0 T_e)^2 \gg m/M$ [9], при которой возбуждаемые плазменные колебания попадают сразу в область поглощения. Для принятого нами разброса параметров пучка и $\gamma/\omega_{pe} > 10^{-3} \dots 10^{-4}$ уровень турбулентности $m/M \ll \eta_f \ll 1$, и становится существенной спектральная перекачка энергии в сторону коротких длин волн с инкрементом модуляционной неустойчивости $\gamma/\omega_{pe} \sim 10^{-2} \dots 10^{-4}$, одно-

временно приводящая к срыву пучковой неустойчивости (расстройке резонанса). Итак, в зависимости от параметров пучка и плазмы, расстройки δ возможны два варианта развития неустойчивости: развал пучка на сгустки («само модуляция») и стабилизация пучковой неустойчивости на уровне $\gamma = \gamma_0$, или периодические срывы неустойчивости [2].

Б. ВОЗБУЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ПОТОКОМ

При квазистационарной инжекции электронов в течение первой секунды возбуждение электрических и магнитных полей в непосредственной близости от корпуса спутника будет существенным образом зависеть от развития ленгмюровской и ионно-звуковой турбулентности в плазме. С выходом на равновесную стадию развития динамических процессов возможен переход в слаботурбулентный режим инжекции электронного пучка. Возбуждение волн в различных диапазонах частот может оказать фокусирующий эффект на динамику электронного потока как в точке инжекции, так и на всей длине взаимодействия с плазмой. Рассматривая возбуждение волн в НЧ- и ВЧ-диапазонах ($\omega \sim \omega_A$, ω_{ci} и $\omega \sim \omega_{ce}$, ω_{pe}) мы должны учесть многие факторы, влияющие на динамику пучка, его нагрев и степень нейтрализации заряда ионным фоном плазмы. С одной стороны, возбуждение волн в рассматриваемых диапазонах предполагает выполнение ряда условий относительно критического значения плотности пучка n_{be} , а с другой — развитие колебаний нейтрализующего ионного фона приводит к сильному перемещению характерных масштабов и взаимному влиянию различных пространственных гармоник в системе плазма—пучок. В дальнейшем мы будем придерживаться следующих предположений/приближений.

1. Уровень ионно-звуковой турбулентности $\eta^s = W^s / n_0 T_e \approx (\delta E_s^2 / 8\pi n_0 T_e)^2$ становится больше уровня ленгмюровской $\eta^s > \eta^f$ за времена порядка $1/\gamma_0$. В дальнейшем это соотношение может быть нарушено. Уделяя основное внимание изучению возмущений магнитного и электрического полей $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \delta \mathbf{B}$, $\mathbf{E} = \delta \mathbf{E}$ ($\mathbf{E}_0 = 0$), мы допускаем два возможных варианта развития возмущений в плазме. При $\eta^s > \eta^f$ преобладает медленное развитие возмущений $\delta \Psi = \delta \Psi' + \delta \Psi^s$ (Slow), где $\delta \Psi'$, $\delta \Psi^s$ — очень медленно и медленно изменяющаяся часть возмущений за характерные времена $\tau \sim \omega_A^{-1} (\omega_{ci}^{-1})$ и $\tau \sim \omega_{pi}^{-1}$. В противном случае при $\eta^s < \eta^f$ следует рассматривать быстрое развитие возмущений $\delta \Psi =$

$= \delta\psi^s + \delta\psi^f$ (Fast). Здесь $\delta\psi^s$, $\delta\psi^f$ — звуковые и ленгмюровские возмущения, развивающиеся за характерные времена $\tau \sim \omega_{pi}^{-1}$ и $\tau \sim \omega_{pe}^{-1}$.

2. Источником возмущений плотности δn (δn_{be}) в системе плазма—пучок может быть трехволновая параметрическая неустойчивость, при которой альфвеновская волна накачки распадается на альфвеновскую и магнитозвуковую $a \rightarrow a + s$, последняя из которых вызывает возмущения плотности [1, 12]. Действие пондеромоторных сил со стороны нелинейных альфвеновских волн также может приводить к сильному возмущению плотности $\delta n \sim |\delta\mathbf{V}|^2$ [19].

3. Возможность резонансного развития возмущений (больших по амплитуде значений) наиболее эффективна при «альфвеновском»/ионно-циклотронном резонансе [10], под которым обычно понимается либо резонансное возбуждение при $\mathbf{u} \sim \mathbf{v}_A$, либо поглощение в точке отсечки. В общем случае возмущения квазистационарного электрического и магнитного поля в слабо диссипативной плазме могут быть представлены как суперпозиция огибающей альфвеновского пакета волн и медленно изменяющихся полей, индуцированных нелинейными токами в плазме. Без учета вклада парциальных токов, пропорциональных $\langle \delta n'_{be} \delta \mathbf{v}' \rangle$ и $\langle \delta n^s_{be} \delta \mathbf{v}^s \rangle$, амплитуда магнитных возмущений не превосходит значений $\delta B_{x,y,z} \sim I_{be}/r_{ce} \sim 10...20$ нТл даже при условии $\kappa \approx 0$, в угловых скобках — среднее значение от произведения двух одновременных флуктуаций.

4. Равновесные значения макроскопических параметров плазмы определяются как $\Psi^0 = \Psi'_0 + \delta\Psi$, где Ψ'_0 — невозмущенные величины, а $\delta\Psi$ — возмущения, индуцированные пучком электронов с равновесными значениями своих параметров ($\partial/\partial t = 0$), которые полностью определяются тензором диэлектрической проницаемости в системе плазма—пучок. При малых отклонениях от равновесия спектральное распределение флуктуаций имеет максимумы вблизи собственных частот плазменной системы $[\partial(\omega \pm n\omega_{ca} - \mathbf{k} \cdot \mathbf{v})]^{-1}$, здесь $a = e, i$. В этой ситуации доминирующим диапазоном при подавлении неустойчивостей оказывается низкочастотный.

5. Относительно нагрева пучка мы будем считать, что $T_{be} = T_{be}^0 + \delta T_{be}$, где δT_{be} — флуктуации температуры пучка. О невозмущенных значениях плотности и температуры пучка следует говорить как о равновесных значениях $n_{be0} \equiv n_{be}^0$ и $T_{be0} \equiv T_{be}^0$ при отсутствии возмущений $\gamma \rightarrow 0$. Одновременные флуктуации плотности и температуры в

пространственно однородной плазме статистически независимы, т. е. $\langle \delta n \delta T \rangle_t = 0$.

6. Несмотря на то, что рассматриваемая задача не является осесимметричной относительно оси z ($\partial/\partial\theta \neq 0$) из-за движения спутника со скоростью v_s , азимутальные неустойчивости пучка электронов не принимаются во внимание в первом приближении. При проведении некоторых оценок предполагается сохранение спиралевидной формы пучка с шагом $l_0 \approx 2\pi v_z/\omega_{ce}$ (1—2 м) на расстояниях вдоль поля \mathbf{V}_0 до одного гирорадиуса электронов $z \sim r_{ce}$.

Мы выделили самые основные, на наш взгляд, моменты взаимодействия электронного пучка и ионосферной плазмы при возбуждении флуктуаций, которые позволят сконцентрировать наше внимание при более детальном анализе экспериментальных данных, а также на механизмах возбуждения низкочастотных волн и высокочастотных потенциальных колебаниях плазмы при углах инжекции $\alpha_{pe} = 74 \dots 87^\circ$.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для анализа экспериментальных результатов и качественного сравнения с теорией мы провели последующую обработку данных, представленных на рис. 1—4, которую можно назвать алгоритмом с «малыми изменениями параметров невозмущенной плазмы». По сути алгоритм является методом определения условий, при которых возможно изучение определенных зависимостей/эффектов от конкретных параметров пучка или плазмы при прочих равных условиях. Например, для изучения зависимости распределения тепловых ионов n_i от параметра $V + p_s$ (истинный задерживающий потенциал на сетке относительно плазмы) или построения волновых спектров для 1-й с инжекции dc -электронного пучка были использованы все зарегистрированные данные за активный период работы научной аппаратуры. При этом особое значение для наших задач имеет выбор участка орбиты спутника, на котором изменения параметров плазмы или конфигурации магнитного поля в системе XYZ остаются малыми. Методика восстановления спектральных величин для одного конкретного режима работы или периода инжекции электронного ускорителя использовалась ранее и в других работах [21, 22]. Здесь мы продолжили развитие этого метода для активных экспериментов в космосе.

Данные эксперимента и численные характеристики составляли набор параметров для реального события S_j ($h_1, h_2, \dots, h_{1,\dots}; s_1, s_2, \dots, s_{1,\dots}; t_j$), где

h_i и s_i — измеренные и расчетные величины. В реальном эксперименте большинство контролируемых параметров имеют свое собственное время измерения, связанное не только с частотой работы мультиплексоров, временем аккумуляции заряженных частиц или временем измерения полного спектра, но и с периодом опроса телеметрических каналов Δt и позицией каждого информационного байта в телеметрическом кадре с номером k . Для диагностики активных экспериментов в условиях быстротекущих процессов мы должны учитывать все эти немаловажные факторы. Поэтому для того, чтобы параметры h_i и s_i соответствовали времени $t_j \pm \delta t$ ($\delta t \ll \Delta t$), мы провели не только привязку каждого байта информации b_i к временной оси, но и с помощью интерполяционных методов произвели взвешивание в узлах временной сетки t_j численных амплитуд A_j по их измеренным значениям A_c^1 . При этом моменты t_j нами выбирались не произвольно, а были связаны с наиболее часто опрашиваемыми параметрами, например, в момент измерения плотности плазмы n_{ix} или температуры T_{ex} , т. е. с неравномерным шагом Δt_j . На рис. 6 представлены две реальные временные зависимости плотности n_{ix} и тока инжекции I_{be} (4 и 2 изм./кадр), демонстрирующие описанную процедуру. Для интерполируемых значений $A_j(A_c^1)$ (кривая I) при каждом интервале времени $t_k + \Delta t$ необходимо знание последующих значений A_n . Это сильно нагружает вычислительные ресурсы, так как необходимо, чтобы каждый раз в оперативную память загружались три кадра — «текущий», «следующий» и «старый», но зато есть возможность корректно решать многие задачи. Такая 3—6-точечная интерполяция приводит к сглаживанию шумов и позволяет корректно использовать вторые производные при решении уравнений Пуассона—Максвелла с реальными измере-

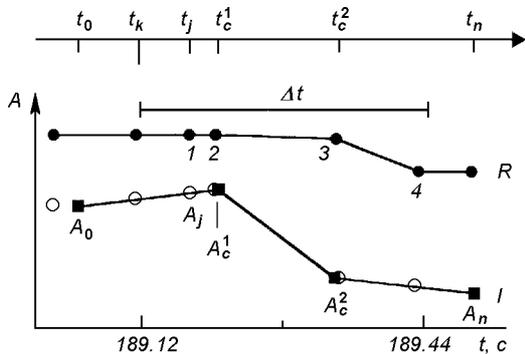


Рис. 6. Интерполяция текущих значений A_c^1 и A_c^2 (кривая I) в узлах временной сетки t_j ($j = 1, 2, 3$ и 4 , кривая R)

ниями в качестве входных параметров. В численном моделировании плазменных процессов подобное распределение параметров («раздача») по узлам пространственно-временной сетки именуется алгоритмом «частица в ячейке» (PIC), или взвешиванием первого порядка. В отличие от такой линейной интерполяции данных, все представленные на рис. 1 параметры (в формате одного телеметрического кадра) имеют одну общую привязку к ближайшему временному узлу, аналогично методу NGP в численном моделировании. Вся интерполяционная процедура проводится на всем этапе обработки данных с одновременной селекцией по отдельным событиям во время активного режима работы. События S_j и S_{j+1} могут считаться единичными, если время релаксации возмущенных характеристик ионосферной плазмы $\tau_r < t_{j+1} - t_j$, в противном случае события «контактные». Инжекция dc -электронного пучка в течение 1-й с сопровождается целым рядом плазменных эффектов, которые видоизменяют не только стартовые условия для последующего момента времени, но и всю пучково-плазменную систему. В процессе турбулизации плазмы электронным пучком все возрастающую роль будет оказывать механизм «эффективных столкновений», приводящий к понижению инкремента пучково-плазменной неустойчивости. При обработке данных инжекции немодулированного электронного пучка отбирались все события («контактные»), которые составляли базу для последующего анализа («виртуального эксперимента»).

На рис. 7 представлены отдельные 4-с спектры плотности ионов $n_i(V, p_s, t)$ зарегистрированные ионной ловушкой в направлении оси $-X$ в реальном времени. Все три спектра отражают различную реакцию ионосферной плазмы за время инжекции (1-с) электронного пучка в зависимости от потенциала корпуса спутника, плотности электронного пучка n_{be} , времени свипирования $0 < t < 4$ с ($0 < V < 12$ В) и других внешних условий. Очень близкие результаты, но для электронных потоков, получены в ракетном эксперименте «Polar-5» с помощью анализатора с задерживающим потенциалом [13, 15]. Авторы связали источник дополнительного тока с пучково-плазменной неустойчивостью. В нашем случае на коллектор попадают только ионы с энергией $\varepsilon \approx M_a v_s^2 / 2 > e(V + p_s)$, при этом предполагается, что все ионы сорта a однократно ионизованы. Плотность ионных компонентов n_{ia} определялась по измеренному ионному току на коллектор ловушки $I_x \approx Tr \cdot S_0 e v_s \cos \theta_v f(T_{ia})$, где Tr — пропускная способность сеток, S_0 — площадь входного окна и $f(T_{ia})$ — некоторая функция ион-

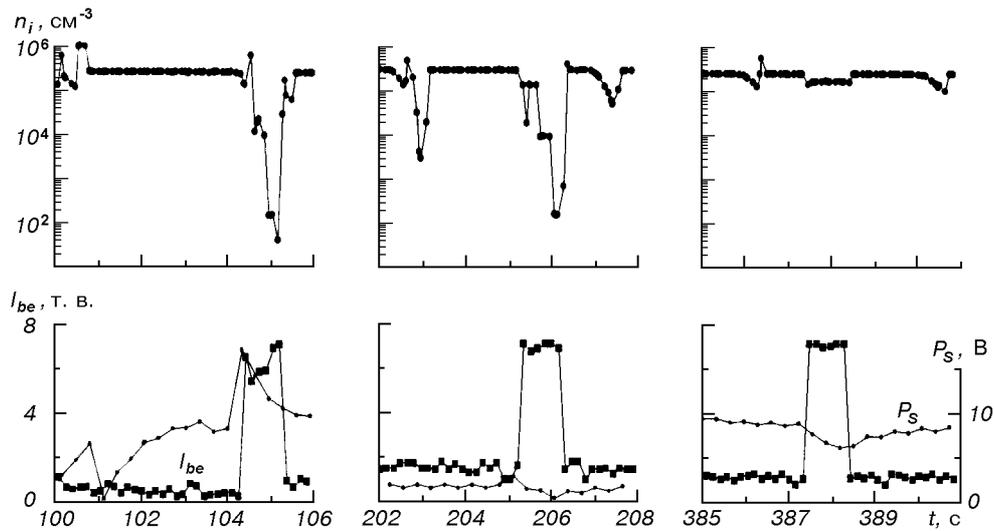


Рис. 7. Спектры тепловой плазмы $n_i(V) = n_{ix}$ для трех 1-с периодов инжекции электронов

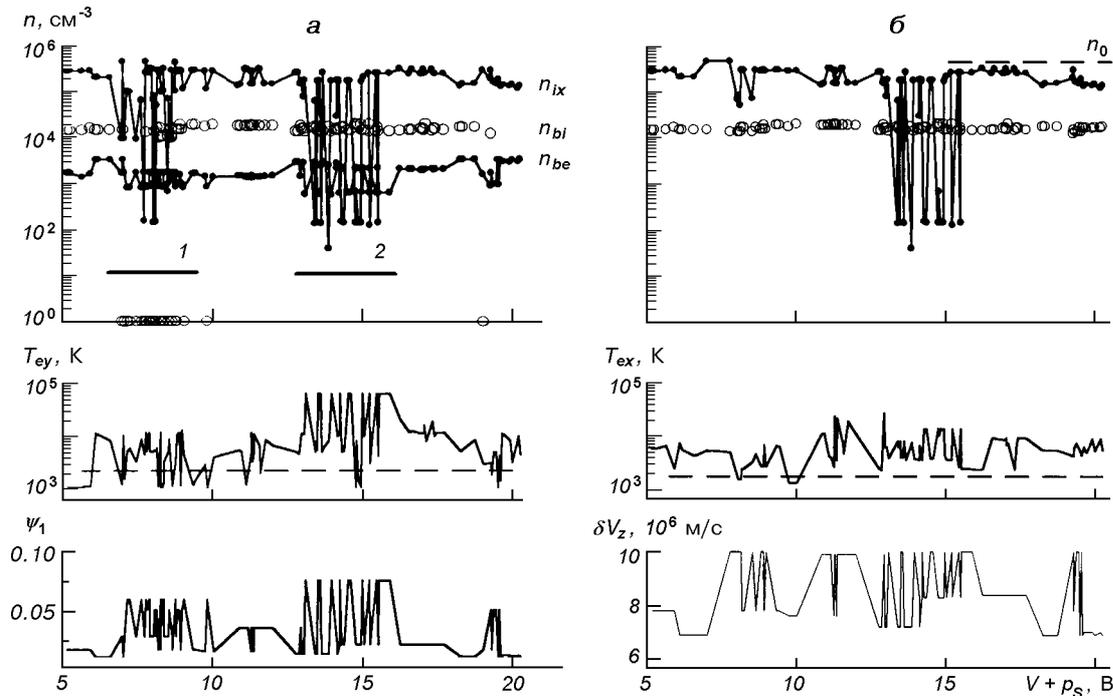


Рис. 8. Измеренные значения ионного распределения $n_{ix}(V + p_s)$, плотность плазмы n_0 («насыщение») и анизотропии температуры нагрева T_{ex}/T_{ey} , а также расчетные значения плотности n_{be} и n_{bi} для трубчатых моделей пучков, параметра ψ_1 при $\Delta\alpha' \approx 14-16^\circ$ и флуктуации скорости δv_z . Случай (б) соответствует одновременной инжекции электронов и ионов плазмы, а горизонтальные пунктирные прямые для T_{ex}/T_{ey} соответствуют невозмущенным уровням

ной температуры, относительно которой делаются определенные предположения. На рис. 8 представлены виртуальные зависимости плотности $n_{be}(V + p_s)$, полученные в процессе обработки данных большого количества инжекций, нагрев плазмы по

азимутальном и радиальном компонентам электронной температуры T_{ex}/T_{ey} и функция $\psi_1 = \cos^3(\alpha_{pe} - \Delta\alpha'/2) - \cos^3(\alpha_{pe} + \Delta\alpha'/2)$ для питч-угла инжекции и предполагаемого эффективного угла раствора $\Delta\alpha'$ (рис. 5). Кроме расчетного значения

плотности пучка электронов, приведена также оценка плотности струи ксеноновой плазмы n_{bi} , позволяющая отчетливо выделить эффекты совместной работы обоих инжекторов. Можно отметить удовлетворительную корреляцию температуры нагрева ионосферной плазмы по компоненту T_{ey} и функции ψ_1 в областях 1 и 2. Этот факт можно использовать при оценке температуры нагрева электронного пучка $\delta T'_{be} \sim \delta T'_e$, что кажется вполне логичным с точки зрения существования граничных условий для процесса термодиффузии в системе плазма—пучок. Сам по себе этот факт требует более детального исследования, пока же мы его только сформулируем: а) инжекция электронов при углах $90^\circ - \alpha_{pe} < \Delta\alpha'/2$ вызывает незначительный нагрев, и наоборот, б) приводит к существенному нагреву плазмы по поперечному компоненте при меньших углах инжекции. На рис. 8 показаны также флуктуации скорости $\delta v_z = \max\{v_z - \langle v_z \rangle\}$, которые являются продуктом измеренных и численных величин. Интерпретация изменения ионного состава однозначной быть не может. С одной стороны, уменьшение ионного потока в областях 1 и 2 (рис. 8, а) при выполнении условия $M_a(v_s \cos\theta_v)^2/2 \geq e(V + p_s) \approx 7...9$ эВ и 13...15 эВ соответствует ионам O^+ и группе NO^+/O_2^+ . Обеднение этих групп ионов может быть связано с плазмохимическими реакциями вида $e + NO^+ \rightarrow NO^* + h\nu$ (механизм Кнудсена), либо, что более вероятно, вовлечением этих ионов КНЧ-ОНЧ-волнами в движение вдоль оси z при циклотронном резонансе $\omega = k \cdot v_{ia} \pm n|\omega_{ci}|$, $n = 0, \pm 1$. Мы видим также, что в рассматриваемых областях наблюдаются сильные возмущения всех параметров плазмы, скоррелированные с плотностью потока инжектированных электронов (высокочастотным инкрементом пучковой неустойчивости), несмотря на то, что параметр $V + p_s$ является внутренней характеристикой ионной ловушки. Необходимо отметить, что надежное определение плотности ионных компонентов n_{ia} , и соответственно разрешение по массовому составу, возможно только в условиях невозмущенной/слаботурбулентной плазмы. Поэтому мы должны сделать важный в нашем случае вывод: возмущение плотности ионов $\delta n_{ia} \equiv n_{ia} - \bar{n}_{ia}$ очень слабо отражает изменение массового состава ионосферной плазмы, и скорее связано с энергетическими характеристиками ионных потоков в возмущенной плазме, здесь \bar{n}_{ia} — эмпирическое среднее. В нашем случае корректнее использовать плотности ионных токов j_{ix}, j_{iz} .

На рис. 9, а представлены волновые измерения магнитной компоненты ОНЧ-НЧ-волн δb ($\equiv \delta B'$,

δB^s) в аналогичной зависимости. Необходимо подчеркнуть, что последовательность волновых измерений на оси $V + p_s$ довольно условна, она имеет смысл только в связи с данными на рис. 8 как сопутствующие измерения. Представлен также инкремент возбуждения альфвеновских волн γ в результате циклотронного механизма взаимодействия на аномальном эффекте Доплера (формула 5, $\omega < \omega_{ci}$, $n = 1$) для водородной плазмы и угла распространения $80^\circ < \theta < \theta_r$ (резонансный угол $87-89^\circ$). Несмотря на то, что на высоте полета спутника ионный состав сильно неоднороден, содержание водорода составляет значительную его часть. При расчете инкремента мы стремились сохранить малость расстройки z_1 ($\gamma \neq 0$), а это было возможно только для водородной плазмы, квазипоперечных углах распространения и на частотах $\omega \leq \omega_{ci}$. Возбуждение волн в области ионно-циклотронного резонанса отражает спектр магнитного компонента δb ОНЧ-НЧ-волн (рис. 10), зарегистрированных за время dc -инъекции электронного пучка. В области частот $\omega \sim \omega_{ci}$ почти нарушаются условия, при которых было получено решение дисперсионного уравнения для НЧ-волн, и которое мы использовали в наших численных оценках. Следует сказать, что при рассмотрении «альфвеновских» резонансов $\omega = k \cdot v_A$ ($u \sim v_A$) возникает подобная, но прямо противоположная проблема относительно условий его реализации при $k \rightarrow v_A/\omega$. В эксперименте на витке 266 циклотронный резонанс мог быть реализован только для ионов H^+ . Во всяком случае для ускорения более тяжелых ионов мы должны предположить совсем аномальные условия, или другие механизмы. Можно выделить несколько особенностей ОНЧ-НЧ-полей для группы данных в области 2. На частотах $\omega \leq \omega_{ci}$ амплитуда магнитного компонента очень хорошо коррелирует с величиной инкремента $\gamma \sim n_{be}$, но на более высоких частотах в звуковом диапазоне наблюдается заметное ослабление сигнала. Объяснение этого эффекта может быть построено на предположении 4 о доминирующем влиянии низкочастотных неустойчивостей. На рис. 9, б приведена зависимость амплитуд и инкремента (те же данные, что на рис 9, а) от величины резонансной расстройки $z_0 \sim u/v_{be}$, построенная по описанной выше методике. Можно сделать заключение, что возбуждение НЧ-волн менее чувствительно к тепловому разбросу частиц пучка, причем тенденция эта усиливается с уменьшением частоты. Результат этот хорошо вписывается в существующие представления, хотя и требует более детального исследования. Выбор параметров (α_{pe} , z_0 , γ , ...) в качестве переменной для определения функцио-

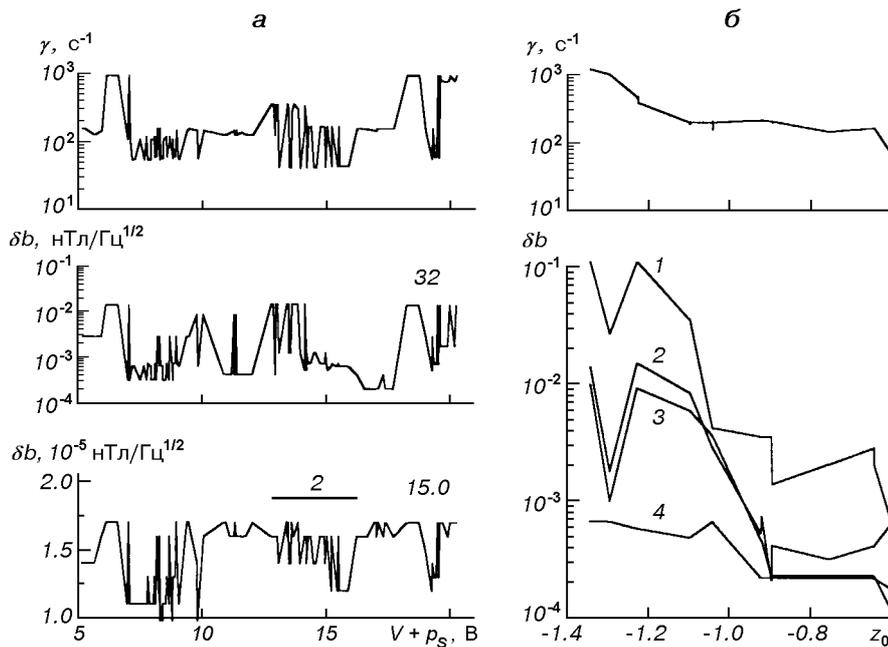


Рис. 9. Возмущения ОНЧ-магнитных полей δb для частот $\omega/2\pi = 33$ Гц и 15.0 кГц (а) в зависимости от параметра $V + p_s$ (признак того, что для соответствующего энергетического распределения ионных потоков наблюдаются возмущения, представленные на рис. 8, 11); справа (б) — те же возмущения δb (1 — 8, 2 — 33, 3 — 50 и 4 — 149 Гц), но в зависимости от параметра $z_0 \sim -u/v_{be}$ ($n = 0$). Вверху (а и б) — оценка скорости роста волны с частотой $\omega_{ci} - \omega = 150$ Гц ($\theta = 85^\circ$), расстройкой $\delta\omega \sim 500$ Гц при $M/m = 1841$ и $\Delta v/v \sim 10^{-1}$

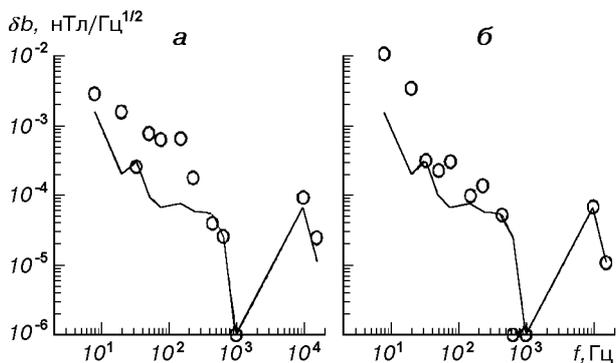


Рис. 10. Спектры δb ОНЧ-волн при инъекции электронного пучка (первая секунда, а) и в паузе (вторая секунда, б). Сплошные кривые — невозмущенный спектр при отсутствии инъекций

нальных зависимостей требует от них по-возможности равномерного распределения в достаточно широких пределах. К сожалению, это выполняется далеко не всегда в условиях достаточно медленной телеметрии или дискретных включений исследуемых режимов. Именно этими факторами объясняется малочисленность точек (их перекрытие по одинаковому параметру z_0) на рис. 9, б. Данные на рис. 11 представляют ряд эффектов, связанных с

возбуждением аномальных медленно изменяющихся магнитных и электрических полей (0.1—10 Гц), которые могут быть результатом развития мелко-масштабных волновых процессов на макроскопическом уровне. В верхней части рисунка приведены энергетические характеристики ионных потоков j_{ix} , j_{iz} , потенциал корпуса спутника p_s и инкремент раскачки потенциальных высокочастотных колебаний плазмы (формула (4)). Самой примечательной особенностью этой группы данных эксперимента можно считать аномально сильное возбуждение магнитного поля $\delta \mathbf{V} = \mathbf{V} - \mathbf{V}_0$. Сравнивая возмущения $\delta \mathbf{V}$ с данными магнитного компонента ОНЧ-НЧ-волн и инкрементом $\gamma(\omega \leq \omega_{ci})$, можно предположить их внутреннюю взаимосвязь. Возникает все же вопрос: какая роль в возбуждении магнитного поля принадлежит ОНЧ-волнам? Или возбуждение волн — это одно из следствий динамо-процесса при инъекции электронной спиральности? Ответ может быть построен на предложении 3 о резонансном возбуждении альфвеновских волн. В этой проблеме чаще всего внимание акцентируется на поведении крупномасштабного поля при взаимодействии кинетических (поле скорости \mathbf{U}) и магнитных мод (поле \mathbf{V}), которое описывается двумя однотипными уравнениями для импульса и индукции, а основ-

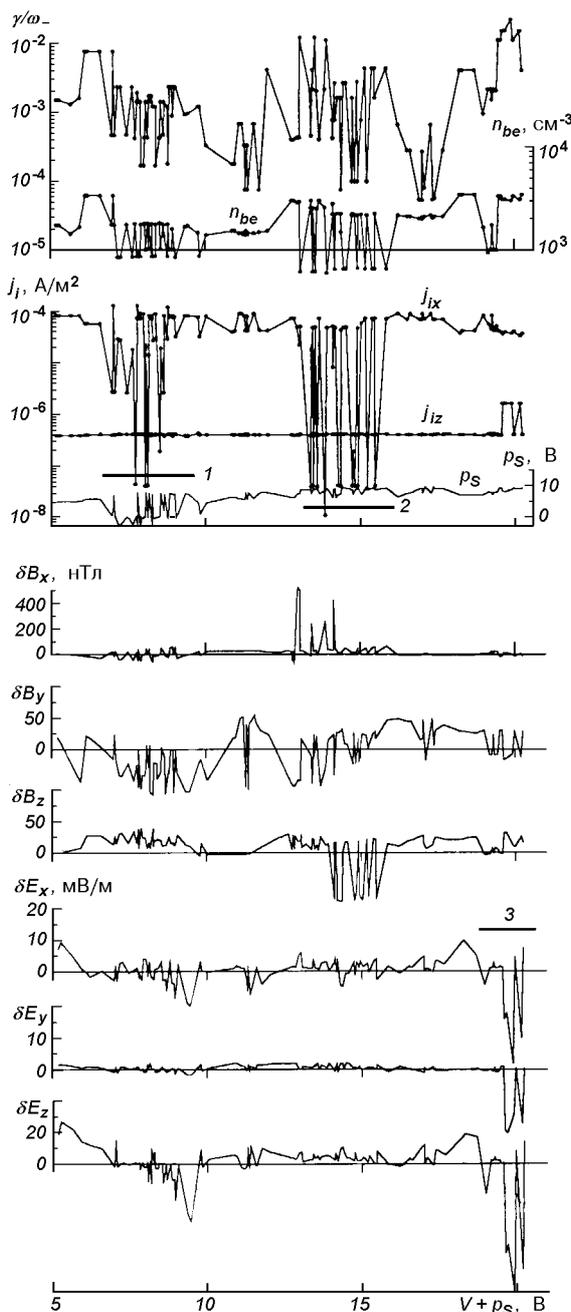


Рис. 11. Измеренные значения ионных потоков j_{ix}/j_{iz} , возмущений электрических и магнитных полей δE_{xyz} , δB_{xyz} , потенциала корпуса спутника p_s в зависимости от параметра $V + p_s$. Верхней части рисунка представлены также значения инкремента γ/ω (формула (4)) для $\Delta v/v \sim 10^{-1}$, $\delta \approx 0.20$, $\Delta\alpha' \approx 14-16^\circ$ и плотность электронного пучка n_{be}

ным источником генерации магнитной энергии рассматривается $\text{rot}(\mathbf{U} \times \mathbf{B})$ [4]. Микропроцессы же определяют спектральное распределение флуктуаций и перенос энергии в сторону коротких масштабов.

С этими гидродинамическими процессами на равновесной стадии взаимодействия (предположение 1, 4) можно связать более слабые возмущения компонента магнитного поля $\delta B_z \approx 70 \dots 80$ нТл (группа 2). Один из сценариев развития этих механизмов предполагает, что 1) каскад кинетической энергии к более высоким волновым числам вызван обычными нелинейными взаимодействиями; 2) распределение энергии между кинетическими и магнитными модами в малых масштабах происходит благодаря возбуждению альфвеновских волн; 3) усиление крупномасштабного поля происходит в результате протекания процесса, называемого «обратным каскадом» магнитной энергии [7, 18]. Чтобы обобщить представленные здесь результаты, отметим, что для групп 1 и 2 характерен градиентный характер развития неустойчивостей, пропорциональных ∇n и ∇T , с которыми можно связывать и возбуждение anomalously больших магнитных флуктуаций. Что касается электрического поля, то приемлемая интерпретация возмущений δE и связь с возмущениями магнитного поля может быть проведена только после анализа уравнения Пуассона—Максвелла, так как $\nabla \cdot \delta E \neq 0$. Этот вопрос выходит за рамки нашего рассмотрения. Можно отметить редкие, но интенсивные всплески амплитуды поля δE (группа 3), и если бы не одновременные возмущения ионных потоков j_{iz} и корреляция расчетных инкрементов возбуждения волн, то можно было бы считать их недостоверными.

Можно сравнить настоящие результаты с известной экспериментальной работой [8] по изучению турбулентного состояния «плазменного» пучка, под которым подразумевался плазменный столб, пронизываемый пучком быстрых электронов. Измерение энергий и потоков ионов, ускоряемых в неустойчивом плазменном пучке, производилось методом задерживающего потенциала с помощью многосеточных зондов, перемещаемых вдоль радиуса r поперечного сечения лабораторной установки расположенных вдоль оси z со стороны виртуального катода (N1) и вблизи анода (N2). При этом они были ориентированы таким образом, что зонд N1 регистрировал ионные потоки j_{iz} , движущиеся против первичного пучка, а N2 — потоки j_{2z} по ходу пучка. Основные выводы этого исследования состояли в том, что при превышении пучком некоторого критического значения $(n_{be}/n_0)_k$ поперечный размер неустойчивого плазменного пучка увеличивался на порядок (1), распределение плотности плазмы по азимуту является сильно неоднородным и имеет вид плазменного «протуберанца», вращающегося вокруг оси пучка в ионную сторону с частотой

порядка десятка кГц (2), ускорением части ионов перпендикулярно к магнитному полю до энергий в сотни эВ (3) и возбуждением ионно-звуковых волн на частотах $\omega \approx \omega_{ci}$ (4). Конфигурация измерений зондом N1 очень близка к нашему спутниковому эксперименту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы привели результаты выполнения программы в той ее части, которая касается обработки первичной телеметрической информации и специальных алгоритмов для решения широкого спектра задач в активном эксперименте. Можно выделить основные моменты, или наиболее заметные результаты эксперимента на витке N266 при инжекции электронного пучка ($\alpha_{pe} \approx 74...87^\circ$).

1. В результате пучково-плазменной неустойчивости возбуждаются волны в различных диапазонах частот:

- а) в области частот $\omega \leq \omega_{ci}$ наблюдается усиление магнитного компонента КНЧ-волн;
- б) увеличение теплового разброса электронов пучка приводит к ослаблению/затуханию спектра возбуждаемых КНЧ-волн;
- в) наблюдается возбуждение высокочастотных плазменных волн в области частот $\omega \sim \omega_+$, ω_{pe} , ω_{ce} , которое связывается с резонансом колебаний при $\omega(k) - \varepsilon \approx kv \approx \omega_+$, ω_{pe} , ω_{ce} .

2. Инжекция электронного пучка приводит к сильному нагреву плазмы и анизотропии температур, а также модуляции плотности плазмы/ионных потоков в околоспутниковой области:

- а) при немодулированной инжекции эффективность нагрева плазмы/пучка по поперечной составляющей температуры заметно уменьшается при питч-углах $\alpha_{pe} + \Delta\alpha'/2 > 90^\circ$ ($\Delta\alpha'$ — эффективная ширина пучка);
- б) уменьшение интегральных ионных потоков j_{ix} с энергиями 7—9 и 13—15 эВ возможно имеет резонансный характер взаимодействия с возбуждаемыми ОНЧ-волнами;
- в) при инжекции модулированного пучка в области частот $\omega_0 \approx \omega_{pi}$ зарегистрировано сильное отрицательное падение потенциала корпуса спутника $\Delta\varphi_s \approx -20$ В относительно окружающей плазмы.

3. К наиболее заметным результатам можно отнести возбуждение квазистационарного магнитного поля. Предполагается, что в обоих случаях генерация поля связана с увеличением дополнительных парциальных токов в плазме. Выделим несколько особых случаев:

- а) аномальное/резонансное усиление магнитного поля δB на два порядка ($|\delta B_x|_{\max} \sim 500$ нТл) по сравнению с номинальным $\delta B_n \sim I_{be}/r_{ce} \approx 10 \dots 20$ нТл;
- б) квазиравновесный случай с амплитудой поля $(5-7)\delta B_n$;

4. Наблюдается генерация квазистационарного электрического поля δE (0.1—10 Гц), а также одновременное усиление продольных ионных потоков j_z на корпус спутника.

5. Инжекция квазинейтральной плазмы приводит к стабилизации пучковой неустойчивости в системе пучок электронов — ионосферная плазма, что, вероятно, связано с повышенным уровнем низкочастотной турбулентности.

Некоторые из этих результатов подтверждают ранее полученные в ракетных экспериментах, но большинство являются новыми и требуют дальнейшего исследования как с точки зрения фундаментальных вопросов космической физики, так и разных приложений пучковых технологий в космосе.

Авторы искренне признательны одному из участников проекта АПЭКС и руководителю эксперимента ДЕП/УЭМ В. М. Чмыреву за предоставленные данные по измерению квазипостоянных электрических полей и полезное обсуждение работы, а также А. М. Капулкину за ценные дискуссии по многим вопросам ускорения ионов. Мы также благодарны всем разработчикам научной аппаратуры, ГКБ «Южное», Институту электросварки им. Е. О. Патона и многим другим научным организациям за успешную реализацию проекта АПЭКС.

1. Галеев А. А., Ораевский В. Н. О неустойчивости альфвеновских волн // Докл. АН СССР.—1962.—147, № 1.—С. 71—73.
2. Галеев А. А., Сагдеев Р. З., Шапиро В. Д., Шевченко В. И. Релаксация сильноточных электронных пучков и модуляционная неустойчивость // Журн. эксперим. и теорет. физики.—1977.—72, № 2.—С. 507—517.
3. Кацубо Л. П., Коваленко В. П., Солошенко И. А. Пространственно-временная фокусировка ионного пучка при возбуждении им поперечных ионных ленгмюровских колебаний плазмы // Журн. эксперим. и теорет. физики.—1974.—67, № 1.—С. 110—117.
4. Ландау Д. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. — М.: Гостехиздат, 1959.—296 с.
5. Лизунов Г. В., Силивра А. А. Инжекция электронного пучка в ионосферную плазму под углом к геомагнитному полю // Геомагнетизм и аэронавигация.—1988.—28, № 6.—С. 980—984.
6. Мациборко Н. Г., Онищенко И. Н., Файнберг Я. Б. и др. О возникновении турбулентности при взаимодействии «мोनэнергетического» пучка с плазмой // Журн. эксперим. и теорет. физики.—1972.—63, № 3.—С. 874—885.
7. Моффат Г. Возбуждение магнитного поля в проводящей среде. — М.: Мир, 1980.
8. Незлин М. В., Солнцев А. М. Неустойчивый плазменный

- пучок // ЖЭТФ.—1965.—48, № 5.—С. 1237—1247.
9. Сагдеев Р. З., Шапиро В. Д., Шевченко В. Д. Диссипация мощной электромагнитной волны в неоднородной плазме и «сверхсильная» плазменная турбулентность // Физика плазмы.—1980.—6, № 2.—С. 377—382.
 10. Степанов К. Н., Киценко А. Б. О возбуждении электромагнитных волн в магнитоактивной плазме пучком заряженных частиц // Журн. теорет. физики.—1961.—31, № 2.—С. 167—175.
 11. Banks P. M., Raitt W. J. Observations of electron beam structure in space experiments // J. Geophys. Res.—1988.—93, A6.—P. 811—822.
 12. Hollweg J. V. Density fluctuations driven by Alfvén waves // J. Geophys. Res.—1971.—76, N 22.—P. 5155—5161.
 13. Jacobsen T. A., Maynard N. C. POLAR 5 — An electron accelerator experiment within an aurora: 3. Evidence for significant spacecraft charging by an electron accelerator at ionospheric altitudes // Planet. Space Sci.—1980.—28, N 3.—P. 291—307.
 14. Knudsen W. C. Evaluation and demonstration of the use of retarding potential analyzers for measuring several ionospheric quantities // J. Geophys. Res.—1966.—71, N 19.—P. 4669—4679.
 15. Maehlum B. N., Grandal B., Jacobsen T. A., Troim J. POLAR 5. An electron accelerator experiment within an aurora: 2. Scattering of an artificially produced electron beam in the atmosphere // Planet. Space Sci.—1980.—28, N 3.—P. 279—289.
 16. Oraevsky V. N., Ruzhin Yu. Ya., Dokukin V. S. The dynamics of the object potential during electron beam injection and the possibility to control it // Adv. Space Res.—1992.—12, N 12.—P. 1243—1247.
 17. Oraevsky V. N., Triska P. Active plasma experiment — project APEX // Adv. Space Res.—1993.—13, N 10.—P. 10103—10111.
 18. Pouquet A., Patterson G. S. Numerical simulation of helical magnetohydrodynamic turbulence // J. Fluid Mech.—1978.—85, N 2.—P. 305—323.
 19. Spangler S. R. Kinetic effects of Alfvén wave nonlinearity. I. Ponderomotive density fluctuations // Phys. Fluids.—1989.—B1, N 8.—P. 1738—1746.
 20. Uberoi C. Alfvén waves in inhomogeneous magnetic fields // Phys. Fluids.—1972.—15, N 9.—P. 1673—1675.
 21. Wilhelm K., Bernstein W. Whalen, Study of electric fields parallel to the magnetic lines of force using artificially injected energetic electrons // Geophys. Res. Lett.—1980.—7, N 1.—P. 117—120.
 22. Winckler J. R. The application of artificial electron beams to magnetospheric research // Revs Geophys. and Space Phys.—1980.—18, N 3.—P. 659—682.
 23. Winglee R. M., Pritchett P. L. Comparative study of cross-field and field-aligned electron beams in active experiments // J. Geophys. Res.—1988.—93, N A6.—P. 5823—5844.
-
- ELECTRON BEAM INJECTION QUASILATERAL TO THE GEOMAGNETIC FIELD FROM THE DATA OF INTERCOSMOS-25 SATELLITE: APEX PROJECT**
- N. V. Baranets, Yu. Ya. Ruzhin, V. V. Afonin, V. N. Oraevsky, S. A. Pulinets, V. S. Dokoukin, Yu. M. Mikhailov, Ya. P. Sobolev, L. N. Zhuzgov, and I. S. Prutensky
- We investigate the beam-plasma instability effects arising on the injection of charged particle beams and neutral xenon into the ionospheric plasma. Special consideration is given to the injection of the an unmodulated electron beam (dc) with the current $I_{be} \approx 0.1$ A and the energy $\varepsilon_{be} = mv^2/2 \approx 10$ KeV into a background plasma. Complex analysis of this problem is carried out with a special data processing which can be determined as the closest approach to the laboratory style of experiment.

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

ДО ТОМІВ 1—6 ЖУРНАЛУ «КОСМІЧНА НАУКА І ТЕХНОЛОГІЯ» (1995—2000)

А

- Абраимов В. В. Имитация воздействия атомарного кислорода на материалы космических аппаратов // 1998.—4, № 5/6.—С. 99—104. (а)
- Абраимов В. В., Агашкова Н. Н., Боне Л., Будняк И. В., Величко Н. И., Кревсун А. В., Костенко В. И., Лура Ф., Маркус А. М. Комплексные исследования физико-механических свойств материалов светопоглощающих покрытий космических аппаратов проектов «Марс-96» и «Регата» под воздействием факторов космического пространства // 1995.—1, № 1.—С. 57—68. (б)
- Абраимов В. В., Лура Ф., Боне Л., Величко Н. И., Маркус А. М., Агашкова Н. Н., Мирзоева Л. А. Исследование явлений блистеринга и флекинга в материалах космической оптики под воздействием факторов космического пространства // 1995.—1, № 2-6.—С. 39—54. (в)
- Абраимов В. В., Негода А. А., Завалишин А. П., Колыбаев Л. К. Комплексная имитация факторов космического пространства // 1995.—1, № 2-6.—С. 76—80. (г)
- Авдеев В. В. Оцінка деформації структури супутник—субсупутник під впливом опору атмосфери // 1997.—3, № 5/6.—С. 30—33.
- Агарков А. В. — *див.* Тимошенко В. И.
- Агашкова Н. Н. — *див.* Абраимов В. В. (б)
- Агашкова Н. Н. — *див.* Абраимов В. В. (в)
- Азімцев О. Г. — *див.* Гвоздык Р. І.
- Айзенберг И. Н. Эффективные алгоритмы обработки космических изображений и их реализация на клеточных нейросетях // 1998.—4, № 4.—С. 74—84.
- Айзенберг Я. Е. Концепция построения системы управления АКА серии «Спектр» // 1995.—1, № 1.—С. 35—46. (а)
- Айзенберг Я. Е., Батаев В. А., Кузьмин А. И. Высокоточная система стабилизации ракеты-носителя асимметричной конфигурации с учетом возможности отказа одного двигателя // 1998.—4, № 1.—С. 64—67. (б)
- Айзенберг Я. Е., Бек А. В., Златкин Ю. М., Каменев В. П., Конорев Б. М., Щербаченко В. Т. Динамическая отработка программного обеспечения бортовых цифровых вычислительных машин систем управления объектов ракетно-космической техники // 1997.—3, № 1/2.—С. 61—74. (в)
- Аксенов Н. Н. — *див.* Малюта Ю. М.
- Александров Е. Е., Рафалович О. Я. К выбору мощности бортового передатчика космических станций для цифровых систем спутниковой связи // 1999.—5, № 5/6.—С. 21—24.
- Алпатов А. П., Драновский В. И., Закржевский А. Е., Пирожено А. В., Хорошилов В. С. Космические тросовые системы. Обзор проблемы // 1997.—3, № 5/6.—С. 21—29. (а)
- Алпатов А. П., Науменко Р. Н. Оптимизация конструкции геостационарного космического аппарата, содержащего два элемента большой парусности // 1997.—3, № 5/6.—С. 43—46. (б)
- Аляйн Г. — *див.* Корепанов В. (г)
- Антонов А. Е., Киреев В. Г. Электромеханические исполнительные устройства для космических аппаратов // 1998.—4, № 5/6.—С. 125—128.
- Архипов О. І. — *див.* Перерва В. М. (б)
- Аснис Е. А. — *див.* Патон Б. Е. (а)
- Астапенко В. Н., Бушуев Е. И., Зубко В. П., Хорольский П. П. Оценка объема спроса национального рынка на информацию дистанционного зондирования Земли // 1999.—5, № 4.—С. 31—40.
- Астапова А. Б. — *див.* Карачун В. В. (л)
- Афонин В. В. — *див.* Баранец Н. В. (а)
- Афонин В. В. — *див.* Баранец Н. В. (б)
- Ачасов А. Б. — *див.* Яцевич С. Е. (а)
- Ащепкова Н. С., Шептун Ю. Д. Математическая модель движения космического аппарата с манипулятором // 1997.—3, № 5/6.—С. 34—42.

Б

- Бабич В. М. — *див.* Патон Б. Е. (а)
- Бабич Д. В., Луговой П. З., Тарашенко Д. Т. Численный алгоритм определения спектральных характеристик неоднородных оболочечных конструкций // 1999.—5, № 4.—С. 16—21.
- Байда Н. К. — *див.* Кривоносов А. И.
- Балин Ю. С., Самойлова С. В., Тихомиров А. А. Лазерное зондирование Земли из космоса. III. Результаты космических экспериментов по зондированию подстилающей поверхности и облаков лидаром «Балкан» // 1998.—4, № 1.—С. 22—28. (а)
- Балин Ю. С., Тихомиров А. А. Лазерное зондирование Земли из космоса. II. Методологические основы лидарных измерений с борта орбитальной станции // 1997.—3, № 1/2.—С. 26—33. (б)

- Балин Ю. С. — *див.* Зуев В. Е.
 Баліхін М. — *див.* Корепанов В. (г)
 Банков Л. — *див.* Киров Б.
 Баранец Н. В., Афонин В. В., Гладышев В. А.,
 Соболев Я. П., Комраков Г. П. Модификация
 ионосферной плазмы в ближнем ВЧ-поле ди-
 польной антенны: активный эксперимент в кос-
 мосе // 2000.—6, № 5/6.—С. 35—48. (а)
 Баранец Н. В., Ружин Ю. Я., Афонин В. В.,
 Ораевский В. Н., Пулинец С. А., Доку-
 кин В. С., Михайлов Ю. М., Соболев, Я. П.,
 Жужгов Л. Н., Прутенский И. С. Квазипо-
 перечная к геомагнитному полю инжекция элек-
 тронных пучков до данным спутника «Интер-
 космос-25»: проект АПЭКС // 2000.—6,
 № 5/6.—С. 49—62. (б)
 Баранский П. И. — *див.* Патон Б. Е. (а)
 Барсов В. И. — *див.* Стасев Ю. В. (а)
 Батаев В. А. — *див.* Айзенберг Я. Е. (б)
 Бек А. В. — *див.* Айзенберг Я. Е. (в)
 Белов Д. Г. Формирование полетной программы
 работы космического аппарата при наличии
 электроэнергетических ограничений // 1997.—
 3, № 5/6.—С. 120—126.
 Белоцерковец И. С. — *див.* Тимошенко В. И. (б)
 Беляева А. И., Камышова И. В. Анализ физических
 моделей влияния иллюминатора криогенной
 экспериментальной камеры на деформацию
 волнового фронта // 1997.—3, № 3/4.—
 С. 76—85.
 Беляев В. П. — *див.* Мандзій Б. А.
 Березовский В. А., Литовка И. Г., Чака Е. Г.,
 Магомедов С., Мехед Н. В. Влияние дозированной
 гипоксии на метаболизм костной ткани в
 условиях осевой разгрузки задних конечностей
 // 2000.—6, № 2/3.—С. 77—84.
 Беглий О. В. Закон України «Про космічну діяль-
 ність» і витоки національного космічного права
 // 1996.—2, № 5/6.—С. 13—16. (а)
 Беглий О. В. Так починалось міжнародне космічне
 право // 1997.—3, № 1/2.—С. 92—102. (б)
 Беглий О. В., Кудрявченко О. В., Передерій Р. В.
 Правові проблеми сприяння інвестиціям в кос-
 мічній галузі України // 1997.—3, № 5/6.—
 С. 10—20. (в)
 Благодарный Н. П. — *див.* Кривонос А. И.
 Бленскі Я. — *див.* Корепанов В. (г)
 Бленцкі Я. — *див.* Івченко М. В.
 Богомаз Г. И., Гусынин В. П., Легеза В. С.,
 Соболевская М. Б. Методика оценки динамиче-
 ской нагруженности ракеты-носителя косми-
 ческого аппарата при старте с самолета-носите-
 ля // 1999.—5, № 2/3.—С. 66—72. (а)
 Богомаз Г. И., Драновский В. И., Семенов Л. П.,
 Трякин В. П., Хрущ И. К. Прогнозирование
 нагруженности панелей солнечных батарей
 космического аппарата в процессе раскрытия с
 учетом их конструкционного исполнения и
 технологии изготовления // 1999.—5, № 4.—
 С. 11—15. (б)
 Боднарчук Р. В., Негода А. А., Новиков А. В.
 Исследование особенностей динамики полета и
 причин рассеивания отделяющихся частей ра-
 кет-носителей // 1995.—1, № 2-6.—С. 55—59.
 Бондаренко Н. В. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (а)
 Бондаренко О. М. — *див.* Черняк М. Г.
 Бондаренко С. И., Кислов А. М. Криогенная техни-
 ка в космических исследованиях: разработки
 ФТИНТ НАН Украины // 1995.—1, № 1.—
 С. 80—95.
 Боне Л. — *див.* Абраимов В. В. (б)
 Боне Л. — *див.* Абраимов В. В. (в)
 Бородийчук П. В. — *див.* Колобродов В. Г. (в)
 Брикер В. В., Литвинов В. С., Негода А. А.,
 Новиков А. В. Методология и результаты ана-
 лиза точности выведения космических аппара-
 тов ракетой-носителем «Зенит» // 1996.—2,
 № 3/4.—С. 66—69.
 Брунс А. В. Измерение осцилляций яркости Солнца
 в проекте «Марс-96» (эксперимент СОЯ) //
 1996.—2, № 3/4.—С. 18—23.
 Буданов О. В., Просвирнин С. Л. Осесимметричное
 возбуждение сферического сегмента импульс-
 ным диполем // 1997.—3, № 1/2.—С. 78—82.
 (б)
 Будняк И. В. — *див.* Абраимов В. В.
 Бунь Р. А., Густі М. І., Ліщенко В. І. Спе-
 ціалізована ГІС для оцінки вуглецевого балан-
 су Карпатського регіону на базі даних дис-
 танційного зондування Землі // 1998.—4,
 № 4.—С. 145—150.
 Бусел Г. Ф. — *див.* Перерва В. М. (б)
 Бушуев Е. И. — *див.* Астапенко В. Н.
 Быстрицкий М. Г. — *див.* Шувалов В. А. (а)

В

- Вальковский В. А., Зербино Д. Д. К проблеме
 использования клеточных автоматов в качестве
 космических бортовых вычислительных уст-
 ройств // 1998.—4, № 4.—С. 49—54.
 Василева А. — *див.* Киров Б.
 Васильев И. Ю. — *див.* Кифоренко Б. Н.
 Велесь О. А. — *див.* Мороженко О. В. (б)
 Велесь О. А., Мороженко О. В., Шавріна А. В.
 Метод экспресной обработки данных мониторингу
 химического состава атмосферы // 1999.—5,
 № 2/3.—С. 49—54.
 Величко Н. И. — *див.* Абраимов В. В. (б)
 Величко Н. И. — *див.* Абраимов В. В. (в)
 Величко О. М., Макаренко Б. І., Камінський В. Ю.,
 Кашеев Б. Л., Сафронов Ю. І., Сидорен-
 ко Г. С., Яцків Я. С. Державна служба єдиного
 часу і еталонних частот — необхідний елемент

- розвитку наземної космічної інфраструктури України // 1997.—3, № 1/2.—С. 7—15. (а)
- Величко О. М., Сафронов Ю. І., Клейман О. С., Соловійов В. С., Ткачук О. О., Яцків Я. С. Державна служба єдиного часу і еталонних частот України: структура і основні засади забезпечення країни високоточною частотно-часовою інформацією // 1998.—4, № 2/3.—С. 8—11. (б)
- Верещак А. П. — див. Пискорж В. В. (а)
- Верещак А. П. — див. Пискорж В. В. (б)
- Верещак А. П. — див. Пискорж В. В. (в)
- Верещак А. П., Жалило А. А., Ноздрин І. Г., Флерко С. Н. Потенциальные возможности реализации широкозонной дифференциальной навигации по сигналам космических навигационных систем GPS и ГЛОНАСС в Украине // 1998.—4, № 5/6.—С. 56—61. (а)
- Верещак А. П., Пискорж В. В., Жалило А. А., Литвинов В. А., Волох К. Ф. Концепция создания системы навигационного обеспечения Украины // 1998.—4, № 5/6.—С. 46—55. (б)
- Верховцева Э. Т., Яременко В. И., Телепнев В. Д. Газоструйный имитатор ВУФ- и УМР-излучения Солнца и воздействие его излучения на материалы // 1998.—4, № 2/3.—С. 102—109.
- Верхоглядова О. П., Івченко В. М. Методика визначення положення областей магнітосфери за даними вимірювань космічних апаратів: експериментальні критерії та емпіричне моделювання // 1998.—4, № 5/6.—С. 18—27. (а)
- Верхоглядова О. П., Панченко М. Г. Порівняння емпіричних моделей магнітного поля у внутрішній магнітосфері Землі // 1999.—5, № 1.—С. 18—23. (б)
- Войнов О. А. Почвенный мониторинг как элемент системыподспутниковых полигонных исследований // 1997.—3, № 5/6.—С. 60—64.
- Войнов О. А. Використання дистанційного зондування для оцінки дії стресових факторів на рослинність // 1998.—4, № 2/3.—С. 58—63.
- Войчишин К. С. Аналіз закономірностей мікромакроструктури сонячної циклічності // 1998.—4, № 4.—С. 132—137. (а)
- Войчишин К. С., Микитин Г. В. Концептуальні аспекти стандартизації засобів інформатизації у галузі космічних досліджень // 1998.—4, № 4.—С. 21—29. (б)
- Волосов В. В., Тютюнник Л. И. Синтез законов управления ориентацией космического аппарата с использованием кватернионов // 1999.—5, № 4.—С. 61—69.
- Волох К. Ф. — див. Верещак А. П. (б)
- Волох К. Ф. — див. Жалило А. А. (г)
- Волохов С. А., Кильдишев А. В. Измерительные контуры и селектирующие функции для определения тессеральных мультиполей интегральным преобразованием магнитных сигнатур // 1996.—2, № 5/6.—С. 26—30.
- Волочий Б. Ю. — див. Мандзій Б. А.
- Волощук Ю. І. — див. Кручиненко В. Г.
- Воробель Р. А. Ковзні рангові перетворення аерокосмічних зображень з класифікацією елементів за характеристиками об'єктів // 1998.—4, № 4.—С. 97—102.
- Воронов Д. Н. — див. Стасев Ю. В. (б)

Г

- Галась М. И., Романюта А. А. Универсальный головной обтекатель космических ракет-носителей // 1999.—5, № 2/3.—С. 60—65.
- Галинский В. П., Тимошенко В. И. Проблемы научно-методического обеспечения расчета аэродинамики ракет-носителей // 1998.—4, № 2/3.—С. 64—72.
- Гвоздяк Р. І., Коробко О. П., Азімцев О. Г. Бактеріальне ураження огірків в умовах космічного польоту // 1997.—3, № 3/4.—С. 22—27.
- Георгиева К. — див. Киров Б.
- Гершберг Р. Е., Зверева А. М., Петров П. П., Проник В. И., Стешенко Н. В. Проект космического эксперимента «Спектр-УФ» // 1995.—1, № 1.—С. 47—56.
- Гече Ф. Э. Обработка дискретных космических изображений в расширенном пороговом базисе // 1998.—4, № 4.—С. 67—73.
- Гладышев В. А. — див. Баранец Н. В. (а)
- Гнатейко Н. В. — див. Карачун В. В. (е)
- Гнатейко Н. В. — див. Карачун В. В. (й)
- Гнатейко Н. В. — див. Карачун В. В. (ж)
- Голубничий П. И., Филоненко А. Д. Детектирование космических лучей супервысоких энергий с помощью искусственного спутника Луны // 1999.—5, № 4.—С. 87—92.
- Гольдштейн Ю. М. — див. Дорошкевич В. К.
- Горбенко И. Д., Стасев Ю. В. Безопасность информации в космических системах связи и управления // 1996.—2, № 5/6.—С. 64—68. (а)
- Горбенко И. Д., Стасев Ю. В., Потий А. В., Ткачев А. М. Предложения по обеспечению безопасности информации в единой спутниковой системе передачи информации // 1998.—4, № 5/6.—С. 62—66. (б)
- Горбенко И. Д. — див. Стасев Ю. В. (б)
- Горбенко И. Д. — див. Стасев Ю. В. (в)
- Горбулін В. П., Завалішин А. П., Негода О. О., Яцків Я. С. Про державну космічну програму України // 1995.—1, № 1.—С. 7—11. (а)
- Горбулін В. П., Шевцов А. І., Шеховцов В. С. Міжнародний космічний ринок послуг: місце і перспективи України // 2000.—6, № 1.—С. 64—71. (б)

- Гордонная А. А. — *див.* Патон Б. Е. (б)
 Горностаев Г. Ф. Волоконно-оптические датчики и перспективы их использования в космической программе Украины // 1996.—2, № 3/4.— С. 88—94.
- Городиський Ю. М. — *див.* Кузнецова В. Г.
 Грень Я. В. — *див.* Погрібний В. О. (б)
 Гридин Ю. В., Харченко В. С. Обработка измерительной информации в бортовых отказоустойчивых телеметрических системах с категорированием заявок // 1999.—5, № 1.—С. 69—73.
 Гридин Ю. В. — *див.* Харченко В. С. (б)
 Гримальский В. В., Ивченко В. Н., Лизунов Г. В. Спутниковые наблюдения ионосферных предвестников землетрясений // 2000.—6, № 2/3.—С. 21—30.
 Гриневецкий В. Т. — *див.* Федоровский А. Д. (б)
 Грицик В. В. Інформаційні технології і системи в космічних дослідженнях: стан і перспективи // 1998.—4, № 4.—С. 3—20.
 Губарев В. Ф. — *див.* Малюта Ю. М.
 Губин В. В. — *див.* Шувалов В. А. (в)
 Губин В. В. — *див.* Шувалов В. А. (г)
 Гуляев В. И., Завражина Т. В. Динамика пространственных движений космического упругого робота-манипулятора // 1997.—3, № 3/4.— С. 90—95.
 Гупал А. М. — *див.* Ситало В. Г.
 Густі М. І. — *див.* Бунь Р. А.
 Гусынин В. П. Авиационно-космическая система «Пегас». Обзор по материалам открытой зарубежной печати за 1988—1996 гг. I. Проект «Pegasus» // 1998.—4, № 1.—С. 113—119.
 Гусынин В. П. Авиационно-космическая система «Пегас». Обзор по материалам открытой зарубежной печати за 1988—1996 гг. II. Характеристики и конструктивные особенности // 1998.—4, № 2/3.—С. 119—126.
 Гусынин В. П. Авиационно-космическая система «Пегас». Обзор по материалам открытой зарубежной печати за 1988—1996 гг. III. Модификации, летные испытания и эксплуатация // 1998.—4, № 5/6.—С. 148—155.
 Гусынин В. П. — *див.* Тимошенко В. И.
 Гусынин В. П. — *див.* Панов А. П.
 Гусынин В. П. — *див.* Богомаз Г. И. (а)
- Д
- Давыдов С. А. — *див.* Макарова А. С. (а)
 Давыдова А. В. — *див.* Макарова А. С. (а)
 Данов Д. — *див.* Киров Б.
 Дегтярьов В. В. Вимірювання осьового квадрупольного магнітного моменту // 1999.—5, № 5/6.— С. 52—55.
 Дегтярьов В. В. Вимірювання дипольних магнітних моментів технічних об'єктів // 2000.—6, № 2/3.—С. 85—88.
 Делямуре В. П., Храмов Д. А. Математическая модель динамики большой космической конструкции // 1998.—4, № 1.—С. 83—86.
 Демків О. Т., Хоркавців Я. Д., Кардаш О. Р., Чабан Х. І. Гравічутлива протонема моху — модельний об'єкт космічної біології // 1997.—3, № 3/4.—С. 34—39.
 Демків О. Т. — *див.* Хоркавців О. Я.
 Деркач Б. Т. Структуры данных для высокопроизводительных систем обработки космической информации // 1998.—4, № 4.—С. 93—96.
 Джицімський З. — *див.* Погрібний В. О. (б)
 Диденко Л. Ф., Пархоменко Н. И., Максименко Л. А., Дяченко Н. С., Зарицкий Н. М., Козар Ф. Е. Влияние клиностатирования на вирус курчавой карликовости картофеля *in vitro* и *in vivo* // 1999.—5, № 5/6.—С. 118—122.
 Довготько Н. И. — *див.* Пилипенко В. В. (в)
 Докукин В. С. — *див.* Баранец Н. В. (б)
 Долгополов С. И. — *див.* Пилипенко В. В. (в)
 Дорошкевич В. К., Кузнецов В. И., Ковалев Б. А., Гольдштейн Ю. М. Оценка конкурентоспособности транспортной космической системы «Зенит-3SL» // 2000.—6, № 1.—С. 72—76.
 Драган Я. П., Яворський Б. І. Методика побудови підсистем візуалізації космічної інформації // 1998.—4, № 4.—С. 85—92.
 Драновский В. И., Дюняшев В. В., Евдокимов А. П., Ефимов В. Б., Иголкин В. В., Калмыков А. И., Комяк В. А., Крыжановский В. В., Курекин А. С., Левантовский В. Ю., Левда А. С., Рыбин В. В., Салтыков Ю. Д., Фетисов А. Б., Цымбал В. Н., Шило С. А., Яцевич С. Е. Комплекс радиофизической аппаратуры ИСЗ «Січ-1» // 1998.—4, № 2/3.—С. 12—20.
 Драновский В. И. — *див.* Алпатов А. П. (а)
 Драновский В. И. — *див.* Богомаз Г. И. (б)
 Дудкін Ф. — *див.* Корепанов В. (г)
 Дудник А. В., Залюбовский И. И. Научные задачи международного космического эксперимента КОРОНАС-ФОТОН // 2000.—6, № 2/3.— С. 3—12.
 Дудник Т. Б. — *див.* Парусимов В. Г.
 Дюняшев В. В. — *див.* Драновский В. И.
 Дяченко Н. С. — *див.* Диденко Л. Ф.
- Е, Є
- Евдокимов А. П. — *див.* Драновский В. И.
 Евсюков Н. Н. Особенности геологии планет различного состава // 1997.—3, № 1/2.—С. 43—60.
 Евсюков Н. Н. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (б)
 Ефимов В. Б., Калмыков И. А., Краснов О. А., Курекин А. С., Цымбал В. Н., Комяк В. А.,

Яцевич С. Е. Применение радиолокации Земли из космоса в гидрометеорологии // 2000.—6, № 5/6.—С. 16—28. (а)

- Ефимов В. Б., Калмыков И. А., Яцевич С. Е. Особенности наблюдения снежного покрова радиолокационной системой бокового обзора ИСЗ «Сич-1» // 1998.—4, № 2/3.—С. 27—33. (б)
Ефимов В. Б. — *див.* Драновский В. И.
Ефимов В. Б. — *див.* Яцевич С. Е. (а)
Ємець В. В. — *див.* Савостянов О. М.
Єрмаков В. Ю. — *див.* Савостянов О. М.

Ж

- Жалило А. А. Методический подход и алгоритмы реализации дифференциального метода спутниковой навигации по наблюдениям сети контрольных станций // 1999.—5, № 5/6.—С. 33—44. (а)
Жалило А. А., Кот П. А., Минервин И. Н., Ноздрин И. Г., Пискорж В. В., Рофварг Л. П. Навигация космических аппаратов по сигналам космических навигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR // 1995.—1, № 1.—С. 69—73. (б)
Жалило А. А., Флерко С. Н., Яковченко А. И. Мониторинг геометрической конфигурации многобазисной сети широкозонной дифференциальной подсистемы спутниковых радионавигационных систем GPS и ГЛОНАСС // 1999.—5, № 1.—С. 59—68. (в)
Жалило А. А., Хомяков Э. Н., Флерко С. Н., Волох К. Ф. Высокоточные траекторные определения низкоорбитальных космических аппаратов с использованием сигналов глобальной навигационной спутниковой системы GNSS // 1999.—5, № 2/3.—С. 93—102. (г)
Жалило А. А. — *див.* Верещак А. П. (а)
Жалило А. А. — *див.* Верещак А. П. (б)
Жеребицкая Е. И. — *див.* Фролькис В. В. (а)
Жугжда Ю. Д. — *див.* Костык Р. И.
Жузгов Л. Н. — *див.* Баранец Н. В.

З

- Заболотин С. П. — *див.* Патон Б. Е. (а)
Завалишин А. П. — *див.* Абраимов В. В. (г)
Завалишин А. П. — *див.* Горбулін В. П. (а)
Завелион В. И. — *див.* Иванова Г. А.
Завелион В. И. — *див.* Макарова А. С.
Завражина Н. М. — *див.* Завражина Т. В.
Завражина Т. В., Завражина Н. М. Исследование динамики быстродействующего упругого кинематически управляемого робота-манипулятора // 1998.—4, № 1.—С. 74—82.
Завражина Т. В. — *див.* Гуляев В. И.
Заіменко Н. В. — *див.* Черевченко Т. М.

- Закржевский А. Е. — *див.* Алпатов А. П. (а)
Залюбовский И. И. — *див.* Дудник А. В.
Зарицкий Н. М. — *див.* Диденко Л. Ф.
Звенигородский Э. Л. — *див.* Федоровский А. Д. (г)
Зверева А. М. — *див.* Гершберг Р. Е.
Зверева А. М. Измерения яркости неба с поверхности Луны на аппарате «Луноход-2» (эксперимент Крымской астрофизической обсерватории) // 1996.—2, № 1-2.—С. 31—33.
Зеленский А. А. — *див.* Курекин А. А.
Зенин А. П. — *див.* Харченко В. С. (в)
Зербино Д. Д. — *див.* Вальковский В. А.
Зиатдинов Ю. К. Методы определения оптимальных проектных параметров сложных технических систем при наличии ограничений // 1996.—2, № 1-2.—С. 57—61.
Зиатдинов Ю. К. Метод формирования множества паретооптимальных обликов сложных технических систем // 1996.—2, № 1-2.—С. 62—67.
Златкин Ю. М. — *див.* Айзенберг Я. Е. (в)
Знаменский И. В. — *див.* Зуев В. Е.
Зотов В. Г. Формализация дискретных рекурсивных корректирующих алгоритмов с моделью для машинного синтеза // 1997.—3, № 3/4.—С. 103—104.
Зубко В. П. Міжнародні принципи щодо дистанційного зондування Землі // 2000.—6, № 2/3.—С. 45—52. (а)
Зубко В. П., Іськов П. Я., Подолух І. Я., Стефанишин Я. І. Огляд стану та тенденцій розвитку дистанційного зондування Землі // 1998.—4, № 5/6.—С. 67—87. (б)
Зубко В. П. — *див.* Астапенко В. Н.
Зуев В. Е., Балин Ю. С., Тихомиров А. А., Знаменский И. В., Мельников В. Е. Лазерное зондирование Земли из космоса. I. Российский лидер космического базирования БАЛКАН // 1997.—3, № 1/2.—С. 16—25.

И, І

- Иванов Ю. С. — *див.* Мороженко О. В. (а)
Иванова Г. А., Макарова А. С., Завелион В. И., Кострицын О. Ю. Алгоритм глобального теплового расчета систем терморегулирования космических аппаратов // 1998.—4, № 1.—С. 87—89.
Иванова Г. А. — *див.* Макарова А. С.
Иванова И. Ю. — *див.* Федоровский А. Д. (г)
Иванченко А. М. Особливості ракетної рушійної установки на пастоподібному паливі // 1999.—5, № 4.—С. 3—10.
Ивашкин А. В. — *див.* Стасев Ю. В. (б)
Ивченко В. Н. — *див.* Юхимук А. К. (б)
Ивченко В. Н. — *див.* Гримальский В. В.
Ивченко В. М. — *див.* Верхоглядова О. П. (а)

- Івченко В. М. — *див.* Коноваленко О. С.
 Івченко В. М. — *див.* Коцаренко М. Я.
 Івченко В. М. — *див.* Федоренко А. К. (а)
 Івченко В. М. — *див.* Федоренко А. К. (б)
 Івченко М. В., Бленці Я. Генерація іонно-циклотронних хвиль в подіях перенесення потоку // 1996.—2, № 5/6.—С. 97—102.
 Иголкин В. В. — *див.* Драновский В. И.
 Иголкин В. В. — *див.* Драновский В. И.
 Іськов П. Я. — *див.* Зубко В. П. (б)

К

- Кавелин С. С. Главное дело жизни // 1996.—2, № 3/4.—С. 102—104.
 Казанцев А. М. — *див.* Кручиненко В. Г.
 Кайдаш В. Г. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (б)
 Кайдаш В. Г. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (в)
 Калмыков А. И. — *див.* Драновский В. И.
 Калмыков И. А. — *див.* Ефимов В. Б. (а)
 Калмыков И. А. — *див.* Ефимов В. Б. (б)
 Каменев В. П. — *див.* Айзенберг Я. Е. (в)
 Каменський К. К., Кислюк В. С., Яцків Я. С. Топографічні поверхні і гравітаційні поля Землі, Місяця і планет земної групи // 2000.—6, № 1.—С. 56—63.
 Камінський В. Ю. — *див.* Величко О. М. (а)
 Камінський Р. М. Моделювання динаміки оперативності космонавта в умовах тривалого перебування в пілотованих системах // 1998.—4, № 4.—С. 156—165.
 Камышова И. В. — *див.* Беляева А. И.
 Карачун В. В. Механизм прохождения акустической волны через плоскопараллельные элементы конструкции носителей // 1997.—3, № 3/4.—С. 86—89. (а)
 Карачун В. В. Прохождение волны избыточного давления через многофазную механическую структуру // 1996.—2, № 3/4.—С. 58—61. (б)
 Карачун В. В. Об одномерных механических колебаниях тела под действием акустического излучения // 1996.—2, № 5/6.—С. 31—33. (в)
 Карачун В. В. О перемещении деформируемого тела в акустической среде // 1996.—2, № 5/6.—С. 34—37. (г)
 Карачун В. В. Двумерная задача упругого взаимодействия акустического излучения маршевых двигателей с плоскими элементами конструкции КА // 1997.—3, № 5/6.—С. 92—97. (д)
 Карачун В. В., Гнатейко Н. В. Волновые процессы в механических системах космического аппарата под влиянием акустического излучения // 1996.—2, № 3/4.—С. 55—57. (е)
 Карачун В. В., Колосов В. Н. Влияние внешнего акустического излучения на возникновение волновых процессов в многофазных механических структурах бортовой аппаратуры // 1996.—2, № 1-2.—С. 68—72. (е)
 Карачун В. В., Кубрак Н. А., Потапова Е. Р., Гнатейко Н. В. Влияние акустического излучения на динамику упругих подвесов приборов управления ракет-носителей // 1999.—5, № 2/3.—С. 73—77. (ж)
 Карачун В. В., Лозовик В. Г. О влиянии акустического излучения на динамику чувствительных элементов гиросtabilизированных платформ // 1995.—1, № 2-6.—С. 72—75. (з)
 Карачун В. В., Мельник В. Н., Лозовик В. Г. Многомерные задачи упругости подвеса поплавкового гироскопа // 2000.—6, № 2/3.—С. 92—97. (и)
 Карачун В. В., Петрик А. В. О специфике работы наземных испытательных комплексов при определении акустической устойчивости конструкции КА // 1998.—4, № 1.—С. 71—73. (і)
 Карачун В. В., Петрик А. В. Генератор аэродинамического шума в наземных испытательных комплексах КА // 1998.—4, № 2/3.—С. 87—92. (ї)
 Карачун В. В., Петрик А. В., Гнатейко М. В. Особенности формирования акустического излучения с помощью роторных сирен // 1998.—4, № 2/3.—С. 110—112. (й)
 Карачун В. В., Потапова Е. Р., Мельник В. Н. О погрешности построения вертикали при старте носителей // 1999.—5, № 4.—С. 70—74. (к)
 Карачун В. В., Потапова Е. Р., Мельник В. Н., Астапова А. Б. О погрешности курсоуказания ракет-носителей // 1999.—5, № 5/6.—С. 77—80. (л)
 Кардаш О. Р. — *див.* Демків О. Т.
 Карпов А. С. — *див.* Панов А. П.
 Картунен Х. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (г)
 Качанов А. С. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (а)
 Качанов А. С. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (д)
 Кашеев Б. Л. — *див.* Кручиненко В. Г.
 Кашеев Б. Л. — *див.* Величко О. М. (а)
 Кесельман И. Г. — *див.* Костык Р. И.
 Кильдишев А. В. — *див.* Волохов С. А.
 Кирик В. В. Коммутация сильноточных электрических цепей в экстремальных условиях // 2000.—6, № 2/3.—С. 89—91.
 Кирилюк В. М. — *див.* Пискорж В. В. (а)
 Кирилюк В. М. — *див.* Пискорж В. В. (б)
 Кирилюк В. М. — *див.* Пискорж В. В. (в)
 Киров Б., Георгиева К., Данов Д., Банков Л., Василева А. Воздействие солнечной вспышки на ионосферу Венеры и Земли по данным спутников «Пионер-Венера» и «Dynamics Explorer-B» // 2000.—6, № 5/6.—С. 29—34.
 Кисіль Б. В. Імітаційне моделювання, методи теорії хаосу та фракталів в космічних дослідженнях // 1998.—4, № 4.—С. 138—144.
 Киреев В. Г. — *див.* Антонов А. Е.

- Кислов А. М. — *див.* Бондаренко С. И.
 Кислюк В. С., Шкуратов Ю. Г., Яцків Я. С.
 Космічні дослідження Місяця: задачі, можли-
 вості і перспективи української науки і техніки
 // 1996.—2, № 1-2.—С. 3—15.
- Кислюк В. С. — *див.* Каменський К. К.
 Кифоренко Б. Н., Васильев И. Ю. Проблемы опти-
 мизации пилотируемых межпланетных экспе-
 диций // 2000.—6, № 1.—С. 3—55.
- Клейман О. С. — *див.* Величко О. М. (б)
 Климов С. И. — *див.* Корепанов В. Є. (а)
 Климов С. И. — *див.* Корепанов В. Є. (б)
 Климов С. — *див.* Корепанов В. (г)
 Кнышенко Ю. В. — *див.* Тимошенко В. И. (а)
 Ковалев Б. А. — *див.* Дорошкевич В. К.
 Коваленко Т. В. — *див.* Черняк М. Г.
 Коваленко Т. В. — *див.* Черняк Н. Г.
 Коваль О. И., Косаревич Р. Я., Русин Б. П. Про
 один підхід до підвищення роздільної здатності
 складноструктурованих зображень у космічних
 дослідженнях // 1998.—4, № 4.—С. 108—113.
- Козар Ф. Е. — *див.* Диденко Л. Ф.
 Колобродов В. Г. Проектирование оптической систе-
 мы ПЗС-камеры космического базирования
 // 1996.—2, № 3/4.—С. 82—87. (а)
 Колобродов В. Г. О пространственном разрешении
 космических ИК-систем дистанционного зонди-
 рования Земли // 1997.—3, № 5/6.—С. 55—
 59. (б)
 Колобродов В. Г., Бородийчук П. В., Микитен-
 ко В. И. Оптические системы видеоспектро-
 метров дистанционного зондирования Земли //
 1998.—4, № 1.—С. 29—38. (в)
 Колобродов В. Г., Шустер Н. К выбору параметров
 оптико-электронной системы космического ин-
 фракрасного сканера // 1998.—4, № 1.—
 С. 17—21. (г)
 Колосов В. Н. — *див.* Карачун В. В. (є)
 Колыбаев Л. К. — *див.* Абраимов В. В. (г)
 Комраков Г. П. — *див.* Баранец Н. В. (а)
 Комяк В. А. — *див.* Драновский В. И.
 Комяк В. А. — *див.* Ефимов В. Б. (а)
 Комяк В. А., Левда А. С., Рыбин В. В., Шило С. А.,
 Яцевич С. Е. Сканирующий СВЧ-радиометр
 РМ-08 ИСЗ «Січ-1» // 1998.—4, № 2/3.—
 С. 21—26.
- Коноваленко О. С., Івченко В. М., Лапчук В. П.
 Томографічна обробка даних бортових фото-
 метричних спостережень // 2000.—6, № 2/3.—
 С. 13—20.
- Кононов В. И., Федоровский А. Д. Обоснование
 методики оценки эффективности космических
 оптических систем дистанционного зондирова-
 ния Земли // 1996.—2, № 1-2.—С. 53—56.
- Кононов В. И. — *див.* Федоровский А. Д. (в)
 Конорев Б. М. — *див.* Айзенберг Я. Е. (в)
 Конохов С. Н. Гавранеку Борису Николаевичу —
 60 лет // 1998.—4, № 1.—С. 120—121.
- Конюхов С. Н. Научно-технические направления
 разработок космических аппаратов КБ «Юж-
 ное» им. М. К. Янгеля // 1995.—1, № 1.—
 С. 12—34.
- Копаев И. Н. — *див.* Костык Р. И.
 Кордюм Є. Л. Космічна біологія: сучасний стан в
 світі та Україні // 1997.—3, № 3/4.—С. 5—15.
- Корепанов В. Є., Климов С. И., Романов С. О.
 Дослідження плазмових хвиль в експерименті
 «Інтербол» // 1996.—2, № 3/4.—С. 34—43.
 (а)
 Корепанов В. Є., Климов С. И., Тарасов В. Г.,
 Червінка О. О. Хвильовий плазмовий експери-
 мент в проєкті «Марс-96» // 1996.—2,
 № 3/4.—С. 10—17. (б)
 Корепанов В. Є., Михайлова Є. Д., Ноздра-
 чов М. М. Температурний режим на борту КА
 «Інтербол-1» // 1999.—5, № 1.—С. 112—116.
 (в)
 Корепанов В., Негода О., Лізунов Г., Аляйн Г.,
 Баліхін М., Бленскі Я., Дудкін Ф., Федоров А.,
 Юхневич Ю., Климов С., Красносельських В.,
 Лефевр Ф. Проєкт ВАРИАНТ: вимірювання
 електромагнітних полів та електричних
 струмів в іоносферній плазмі на супутнику
 «Січ-1М» // 1999.—5, № 5/6.—С. 3—8. (г)
 Корепанов В. Є. — *див.* Коцаренко М. Я.
 Корниенко Ю. В. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (д)
 Коробко О. П. — *див.* Гвоздяк Р. І.
 Косаревич Р. Я. Апроксимація контурів образів для
 їх класифікації при дистанційному зондуванні
 Землі // 1998.—4, № 4.—С. 114—117.
- Косаревич Р. Я. — *див.* Коваль О. І.
 Костенко В. И. — *див.* Абраимов В. В. (б)
 Кострицын О. Ю. — *див.* Иванова Г. А.
 Костык Р. И., Кесельман И. Г., Осипов С. Н.,
 Лебедев Н. И., Ораевский В. Н., Жугж-
 да Ю. Д., Копаев И. Н. Гелиосейсмологичес-
 кий эксперимент КОРОНАС—ДИФОС //
 1996.—2, № 1-2.—С. 34—40.
- Костюченко Ю. В. — *див.* Лялько В. І. (г)
 Костюченко Ю. В. — *див.* Федоровский А. Д. (б)
 Кот П. А. — *див.* Жалило А. А. (б)
 Коцаренко М. Я., Корепанов В. Є., Івченко В. М.
 Дослідження іоносферних провідників земле-
 трисів (експеримент «Попередження») //
 1995.—1, № 1.—С. 96—99.
- Кочубей Г. С. — *див.* Шувалов В. А. (б)
 Кочубей С. М. Сравнение информативных воз-
 можностей многозональной съемки и спектроско-
 пии высокой разрешающей способности при
 дистанционном зондировании растительного
 покрова // 1999.—5, № 2/3.—С. 41—48.
- Кошовий В. В., Сорока С. О. Акустичне збурення
 іоносферної плазми наземним випромінювачем.
 І. Експериментальне виявлення акусто-іоно-

- сферних збурень // 1998.—4, № 5/6.—С. 3—17.
- Кравець І. І., Опотяк Ю. В. Нарощувані системи збору інформації та їх застосування на борту пілотованих космічних станцій // 1998.—4, № 4.—С. 61—66.
- Кревсун А. В. — *див.* Абраимов В. В. (б)
- Креславский М. А., — *див.* Шкуратов Ю. Г. (г)
- Краснов О. А. — *див.* Ефимов В. Б. (а)
- Красносельських В. — *див.* Корепанов В. (г)
- Кривонос А. И., Кулаков А. А., Байда Н. К., Харченко В. С., Благодарный Н. П. Структурно-алгоритмическая организация и модели надежности мажоритарно-резервированных систем // 1995.—1, № 1.—С. 74—79.
- Кручиненко В. Г., Волощук Ю. І., Кашеев Б. Л., Казанцев А. М., Лупішко Д. Ф., Яцків Я. С. Метеорно-астероїдна небезпека та доплив космічної речовини на Землю // 1999.—5, № 1.—С. 3—17.
- Крыжановский В. В. — *див.* Драновский В. И.
- Крючков Е. И. Чувствительность гравиинерциальных датчиков // 1998.—4, № 2/3.—С. 73—77.
- Кубрак Н. А. Волновые задачи рассеяния энергии акустического излучения в упругих подвесах приборов управления ракет-носителей // 1999.—5, № 2/3.—С. 78—80.
- Кубрак Н. А. — *див.* Карачун В. В. (ж)
- Кувшинов А. Ю. — *див.* Федоровский А. Д. (б)
- Кудрявченко О. В. — *див.* Беглий О. В. (в)
- Кузнецов В. И. — *див.* Дорошкевич В. К.
- Кузнецова В. Г., Максимчук В. Ю., Городиский Ю. М., Седова Ф. І. Комплекс наземних спостережень для вивчення аномальних електромагнітних явищ, пов'язаних із землетрусами // 1997.—3, № 1/2.—С. 34—42.
- Кузьмин А. И. — *див.* Айзенберг Я. Е. (б)
- Кулаков А. А. — *див.* Кривонос А. И.
- Куликов С. П. Об использовании радионавигационных систем наблюдения космического базирования при летных испытаниях элементов авиационных космических ракетных комплексов // 1997.—3, № 3/4.—С. 96—100.
- Куликов С. П. Алгоритм синтеза радионавигационной системы наблюдения космического базирования для однократного обзора поверхности Земли // 1996.—2, № 5/6.—С. 74—77.
- Курекин А. А., Лукин В. В., Зеленский А. А. Применение методов векторной медианной фильтрации при обработке многоканальных радиолокационных данных дистанционного зондирования // 1996.—2, № 5/6.—С. 53—63.
- Курекин А. С. — *див.* Драновский В. И.
- Курекин А. С. — *див.* Ефимов В. Б. (а)
- Курекин А. С. — *див.* Яцевич С. Е. (б)
- Курманов А. С., Мазманишвили А. С. Широкие особенности электромагнитной совместимости в региональных сетях спутниковой связи // 1999.—5, № 4.—С. 54—60.
- Кучеренко В. П. — *див.* Юхимук А. К. (а)

Л

- Лазученков Н. М. — *див.* Шувалов В. А. (г)
- Лапчинский В. Ф. — *див.* Патон Б. Е. (а)
- Лапчинский В. Ф. — *див.* Патон Б. Е. (б)
- Лапчук В. П. — *див.* Коноваленко О. С.
- Лебедев Д. В., Ткаченко А. И., Штепа Ю. Н. Магнитная система управления угловым движением микроспутника // 1996.—2, № 5/6.—С. 17—25.
- Лебедев Н. И. — *див.* Костык Р. И.
- Левантовский В. Ю. — *див.* Драновский В. И.
- Левда А. С. — *див.* Драновский В. И.
- Левда А. С. — *див.* Комяк В. А.
- Левда А. С. — *див.* Яцевич С. Е. (б)
- Левкович О. А. — *див.* Шувалов В. А. (б)
- Легеза В. С. — *див.* Богомаз Г. И. (а)
- Леонов М. А. Бортовой прискорювач електронів на накопичувачах-ємностях: експеримент Г60С // 1998.—4, № 2/3.—С. 78—86.
- Леонов М. А. Бортовой прискорювач електронів на накопичувачах-ємностях: основні співвідношення та оцінки // 1996.—2, № 5/6.—С. 46—52.
- Леонов М. А. Бортовой прискорювач електронів на накопичувачах-ємностях: особливості // 1997.—3, № 5/6.—С. 84—91.
- Лефевр Ф. — *див.* Корепанов В. (г)
- Лизунов Г. В. — *див.* Гримальский В. В.
- Лимарева А. А. — *див.* Фролькис В. В. (а)
- Литвинов В. А. — *див.* Верещак А. П. (б)
- Литвинов В. С. — *див.* Брикер В. В.
- Литвишко Т. Н. — *див.* Ситало В. Г.
- Литовка И. Г. — *див.* Березовский В. А.
- Лізунов Г. — *див.* Корепанов В. (г)
- Ліщенко В. І. — *див.* Бунь Р. А.
- Лобанов Л. М. Академику Борису Евгеньевичу Патону — 80 лет // 1998.—4, № 2/3.—С. 133—134.
- Лобанов Л. М. — *див.* Патон Б. Е. (в)
- Логинов А. А., Самойленко Ю. И., Ткаченко В. А. Возбуждение меридионального течения дифференциальным вращением в жидком ядре Земли // 2000.—6, № 2/3.—С. 53—68.
- Лозовик В. Г. — *див.* Карачун В. В. (з)
- Лозовик В. Г. — *див.* Карачун В. В. (и)
- Луговой П. З. — *див.* Бабич Д. В.
- Лукин В. В. — *див.* Курекин А. А.
- Лукин В. В. Цели, методы и алгоритмы локально-адаптивной устойчивой фильтрации радиолокационных изображений // 1998.—4, № 2/3.—С. 39—50.
- Лупішко Д. Ф. — *див.* Кручиненко В. Г.

- Лура Ф. — *див.* Абраимов В. В. (б)
 Лура Ф. — *див.* Абраимов В. В. (в)
 Лялько В. І. Стан та перспективи космічних досліджень США в напрямку «Науки про Землю» // 2000.—6, № 1.—С. 86—99. (а)
 Лялько В. І., Сахацкий А. І., Ходоровский А. Я. Интеркалибровка разновременных многозональных космических снимков для экологического мониторинга (на примере исследований зоны влияния аварии на ЧАЭС) // 1997.—3, № 3/4.—С. 54—58. (б)
 Лялько В. І., Сиренко Л. А., Федоровский А. Д., Ходоровский А. Я., Шестопалов В. М. Оценка влияния разломных структур на распределение радионуклидов в донных отложениях с использованием космических снимков // 2000.—6, № 2/3.—С. 31—38. (в)
 Лялько В. І., Федоровський О. Д., Сіренко Л. Я., Рябоконеко О. Д., Костюченко Ю. В., Якимчук В. Г. Використання космічної інформації у вирішенні водогосподарських і водоохоронних завдань // 1997.—3, № 3/4.—С. 40—49. (г)
 Лялько В. І., Федоровский А. Д., Терemenko А. Н., Рябоконеко А. Д. Использование космической информации для исследования экологического состояния городских агломераций // 1998.—4, № 5/6.—С. 88—94. (д)
 Лялько В. І., Ходоровский А. Я., Сахацкий А. І. Экологический мониторинг окружающей среды по многозональным космическим снимкам // 1999.—5, № 4.—С. 46—48. (е)
 Лялько В. І. — *див.* Перерва В. М. (в)
 Ляшенко Ю. Г. — *див.* Тимошенко В. І. (а)
- М**
- Магомедов С. — *див.* Березовский В. А.
 Мазманишвили А. С. Прием фазовоманипулированных сигналов оптического диапазона квантовым счетчиком // 1999.—5, № 5/6.—С. 71—76. (а)
 Мазманишвили А. С., Рафалович О. Я. Численные модели помехоустойчивости для украинских региональных сетей спутниковой связи // 1998.—4, № 1.—С. 92—101. (б)
 Мазманишвили А. С. — *див.* Курманов А. С.
 Макаренко Б. І. — *див.* Величко О. М. (а)
 Макаренко Б. І. — *див.* Стасев Ю. В. (б)
 Макарова А. С., Давыдов С. А., Сорокина Л. А., Давыдова А. В. Моделирование работоспособности средств обеспечения сплошности топлива КА // 1998.—4, № 2/3.—С. 117—118. (а)
 Макарова А. С., Иванова Г. А., Завелион В. И. Некоторые аспекты моделирования систем термостатирования космических аппаратов // 1998.—4, № 1.—С. 90—91. (б)
 Макарова А. С. — *див.* Иванова Г. А.
 Максименко Л. А. — *див.* Диденко Л. Ф.
 Максимчук В. Ю. — *див.* Кузнецова В. Г.
 Малюта Ю. М., Губарев В. Ф., Аксенов Н. Н., Обиход Т. В. Катализ протонного распада в теории суперструн // 1997.—3, № 3/4.—С. 101—102.
 Мандзій Б. А., Беляев В. П., Волочий Б. Ю. Метод надійнісного моделювання самовідновлюваних бортових інформаційних систем // 1998.—4, № 4.—С. 55—60.
 Маркус А. М. — *див.* Абраимов В. В. (б)
 Маркус А. М. — *див.* Абраимов В. В. (в)
 Мартыш Е. В. Влияние эмиссии радона, предшествующей землетрясению, на параметры нижней ионосферы // 1999.—5, № 5/6.—С. 45—51.
 Мельник В. Н. — *див.* Карачун В. В. (и)
 Мельник В. Н. — *див.* Карачун В. В. (к)
 Мельник В. Н. — *див.* Карачун В. В. (л)
 Мельников В. Е. — *див.* Зуев В. Е.
 Мехед Н. В. — *див.* Березовский В. А.
 Микитенко В. І. — *див.* Колобродов В. Г. (в)
 Микитин Г. В. — *див.* Войчишин К. С. (б)
 Минервин И. Н. — *див.* Жалило А. А. (б)
 Мирзоева Л. А. — *див.* Абраимов В. В. (в)
 Михайлов Ю. М. — *див.* Баранец Н. В. (б)
 Михайлова Є. Д. — *див.* Корепанов В. Є.
 Михайловская Е. С. — *див.* Патон Б. Е. (б)
 Місюра В. І., Прісняков В. Ф. Експериментальне дослідження стійкості течії у дискових гідромашинах космічних енергоустановок // 1998.—4, № 5/6.—С. 110—115.
 Мозжухина Т. Г. — *див.* Фролькис В. В. (б)
 Мороженко О. В., Сосонкін М. Г., Шавріна А. В., Иванов Ю. С. Проблеми дистанційного моніторингу глобальних змін газової складової земної атмосфери // 1995.—1, № 2-6.—С. 3—17. (а)
 Мороженко О. В., Шавріна А. В., Велесь О. А. Концепція моніторингу газового та аерозольного забруднення земної атмосфери (для висот більше 30 км) з борту Міжнародної космічної станції // 2000.—6, № 2/3.—С. 69—76. (б)
 Мороженко О. В. — *див.* Велесь О. А.
 Мосоров В. Я. — *див.* Русин Б. П.
 Мостовой С. В., Старостенко В. И., Харитонов О. М. Комплекс наземных сейсмопрогностических наблюдений, методов их обработки и анализа совместно с данными космических наблюдений // 1998.—4, № 2/3.—С. 93—101.
 Мошненко Ю. І. — *див.* Тимошенко В. І. (а)
 Муйнонен К. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (г)
 Мурадян Х. К., Тимченко А. Н. Влияние гипергравитационного стресса на интенсивность газообмена и выживаемость молодых и старых морских свинок // 1999.—5, № 4.—С. 28—30.
 Мурадян Х. К. — *див.* Фролькис В. В. (а)
 Мурадян Х. К. — *див.* Фролькис В. В. (б)

Н

- Науменко Р. Н. — *див.* Алпатов А. П. (б)
 Негода А. А. О постановке задачи формирования структуры ракетно-космической отрасли промышленности Украины // 1999.—5, № 1.—С. 74—77. (а)
 Негода А. А., Сорока С. А. Перспективы развития исследований атмосферы и ионосферы с использованием искусственного акустического воздействия // 1999.—5, № 2/3.—С. 3—12. (б)
 Негода А. А. — *див.* Абраимов В. В. (г)
 Негода А. А. — *див.* Боднарчук Р. В.
 Негода А. А. — *див.* Брикер В. В.
 Негода О. О. — *див.* Горбулін В. П. (а)
 Негода О. — *див.* Корепанов В. (г)
 Негода С. А. Правовые аспекты проблемы «космического мусора» // 1999.—5, № 2/3.—С. 108—112.
 Незнамова Л. О. — *див.* Патон Б. Е. (б)
 Немошкालенко В. В. Дослідження місячного реґоліту // 1996.—2, № 1-2.—С. 16—23.
 Николаев А. Д. — *див.* Пилипенко В. В. (в)
 Новиков А. В. — *див.* Боднарчук Р. В.
 Новиков А. В. — *див.* Брикер В. В.
 Новиков Р. И. — *див.* Федоровский А. Д. (ж)
 Ноздрачов М. М. — *див.* Корепанов В. Є.
 Ноздрин И. Г. — *див.* Верещак А. П. (а)
 Ноздрин И. Г. — *див.* Жалило А. А. (б)

О

- Обиход Т. В. — *див.* Малюта Ю. М.
 Овчаренко А. А. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (г)
 Огороднийчук Н. Д. Оптимальный метод совместной обработки траекторных данных измерителей наземного и космического базирования для летных испытаний элементов авиационных космических ракетных комплексов // 1999.—5, № 4.—С. 49—53.
 Олексів Б. Я. Організація обчислень, керованих потоками даних для бортової обробки інформації в реальному часі // 1998.—4, № 4.—С. 36—43.
 Опанасенко Н. В. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (б)
 Опанасенко Н. В. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (в)
 Опотяк Ю. В. — *див.* Кравець І. І.
 Ораевский В. Н. — *див.* Баранец Н. В. (б)
 Ораевский В. Н. — *див.* Костык Р. И.
 Осипов С. Н. — *див.* Костык Р. И.
 Островский Д. Е. — *див.* Парусимов В. Г.

П

- Панов А. П., Гусынин В. П., Сердюк И. И., Карпов А. С. Условия безопасности разделения

ступеней авиационно-космических систем // 1999.—5, № 1.—С. 108—111.

- Панченко М. Г. — *див.* Верхоглядова О. П. (б)
 Парусимов В. Г. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (б)
 Парусимов В. Г. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (в)
 Парусимов В. Г., Островский Д. Е., Дудник Т. Б., Станкевич Д. Г. Экспертная система сбора и экспресс-анализа наземных наблюдений «Марс-96» // 1996.—2, № 3/4.—С. 29—33.
 Пархоменко Н. И. — *див.* Диденко Л. Ф.
 Пастухов Н. В. — *див.* Стасев Ю. В.
 Пастухов Н. В. — *див.* Стасев Ю. В.
 Патон Б. Е., Лапчинский В. Ф., Аснис Е. А., Заболотин С. П., Баранский П. И., Бабич В. М. Актуальные задачи получения материалов электронной техники в условиях микрогравитации // 1998.—4, № 5/6.—С. 95—98. (а)
 Патон Б. Е., Лапчинский В. Ф., Михайловская Е. С., Гордонная А. А., Сладкова В. Н., Шулым В. Ф., Незнамова Л. О. Некоторые особенности формирования серебряных покрытий в различных гравитационных условиях // 1997.—3, № 3/4.—С. 71—75. (б)
 Патон Б. Е., Лобанов Л. М., Пивторак В. А. Из опыта ИЭС им. Е. О. Патона использования голографической диагностики качества элементов сварочных конструкций эксплуатируемых в условиях космоса // 1996.—2, № 1-2.—С. 87—98. (в)
 Пахомов И. П. — *див.* Федоровский А. Д. (ж)
 Переверзев Е. С. Проблема подтверждения ресурсных характеристик комплектующих систем космических аппаратов с длительными сроками функционирования // 1997.—3, № 1/2.—С. 87—91.
 Передерій Р. В. — *див.* Беглий О. В. (в)
 Перерва В. М. Спутниковая информация в изучении флюидопроводящих структур литосферы // 1998.—4, № 2/3.—С. 126—132. (а)
 Перерва В. М., Бусел Г. Ф., Архипов О. І., Філіпович В. Є. Нові супутникові технології у процесах пошуку, розвідки і розробки родовищ нафти і газу // 1999.—5, № 2/3.—С. 31—33. (б)
 Перерва В. М., Лялько В. И., Филиппович В. Е., Шпак П. Ф. Информация ИСЗ «Січ-1» в решении актуальных проблем нефтегазовой геологии // 1996.—2, № 3/4.—С. 49—54. (в)
 Петрик А. В. — *див.* Карачун В. В. (і)
 Петрик А. В. — *див.* Карачун В. В. (ї)
 Петрик А. В. — *див.* Карачун В. В. (й)
 Петров П. П. — *див.* Гершберг Р. Е.
 Пивторак В. А. — *див.* Патон Б. Е. (в)
 Пийронен Й. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (г)
 Пилипенко В. В. Конюхову Станиславу Николаевичу — генеральному конструктору ГКБ «Южное», академику НАН Украины — 60 лет //

- 1997.—3, № 1/2.—С. 103—104. (а)
 Пилипенко В. В. Техническая механика в ракетно-космических исследованиях: разработки ИТМ НАН и НКА Украины // 1997.—3, № 5/6.—С. 65—83. (б)
 Пилипенко В. В., Довгоцько Н. И., Долгополов С. И., Николаев А. Д., Серенко В. А., Хоряк Н. В. Теоретическое определение амплитуд продольных колебаний жидкостных ракет-носителей // 1999.—5, № 1.—С. 90—96. (в)
 Пироженко А. В. О влиянии диссипации энергии в материале нити на эволюцию ротационного движения космической тросовой системы // 1998.—4, № 5/6.—С. 116—124.
 Пироженко А. В. К построению новых форм уравнений возмущенного кеплерова движения // 1999.—5, № 2/3.—С. 103—107.
 Пироженко А. В. — *див.* Алпатов А. П. (а)
 Пискорж В. В., Кирилюк В. М., Верещак А. П. Радиометрические системы с синтезированием апертуры для исследования природных ресурсов Земли из космоса. I. Потенциальные возможности // 1995.—1, № 2-6.—С. 18—26. (а)
 Пискорж В. В., Кирилюк В. М., Верещак А. П. Радиометрические системы с синтезированием апертуры для исследования природных ресурсов Земли из космоса. II. Цифровая обработка сигналов // 1995.—1, № 2-6.—С. 27—38. (б)
 Пискорж В. В., Кирилюк В. М., Верещак А. П. Радиометрические системы с синтезированием апертуры для исследования природных ресурсов земли из космоса. III. Метрологический анализ // 1996.—2, № 1-2.—С. 41—52. (в)
 Пискорж В. В. — *див.* Верещак А. П. (б)
 Пискорж В. В. — *див.* Жалило А. А. (б)
 Пискорж В. В. — *див.* Рофварг Л. П.
 Погрібний В. О., Рожанківський І. В., Таянов С. А. Бортова інформаційна система для дослідження потоків часток в навколосезному просторі // 1998.—4, № 4.—С. 44—48. (а)
 Погрібний В. О., Собульський А., Рожанківський І. В., Грень Я. В., Джицімський З. Адаптивний кореляційний аналіз локально-стаціонарних випадкових сигналів для бортових експериментів // 1998.—4, № 4.—С. 30—35. (б)
 Подолух І. Я. — *див.* Зубко В. П. (б)
 Попов Б. О. Представлення функцій у системах керування // 1998.—4, № 4.—С. 151—155.
 Потапова Е. Р. О механизме взаимодействия акустического излучения с плоскими элементами конструкции // 1997.—3, № 5/6.—С. 98—103.
 Потапова Е. Р. — *див.* Карачун В. В. (ж)
 Потапова Е. Р. — *див.* Карачун В. В. (к)
 Потапова Е. Р. — *див.* Карачун В. В. (л)
 Потий А. В. — *див.* Горбенко И. Д. (б)
 Приймак А. И. — *див.* Шувалов В. А. (в)
 Приймак А. И. — *див.* Шувалов В. А. (г)
 Присняков В. Ф. К вопросу о деградации солнечных батарей на космических аппаратах // 1996.—2, № 1-2.—С. 73—81. (а)
 Присняков В. Ф. О критериях оценки массовых и стоимостных характеристик космических фотопреобразователей // 1996.—2, № 1-2.—С. 82—86. (б)
 Присняков В. Ф. Об одном удивительном подобии структуры Солнечной системы и модели молекулы воды // 1999.—5, № 2/3.—С. 113—118. (в)
 Присняков В. Ф., Приснякова Л. М. Рынок запусков космических объектов (теория вопроса) // 1999.—5, № 4.—С. 93—97. (г)
 Присняков В. Ф. — *див.* Місюра В. І.
 Приснякова Л. М. — *див.* Присняков В. Ф. (г)
 Проник В. И. — *див.* Гершберг Р. Е.
 Просвирнин С. Л. — *див.* Буданов О. В.
 Прохоренко В. И. Предельная точность лазерной локации искусственных спутников Земли // 1996.—2, № 3/4.—С. 70—81.
 Прутенский И. С. — *див.* Баранец Н. В. (б)
 Пулинец С. А. — *див.* Баранец Н. В. (б)
- Р**
- Рафалович О. Я. — *див.* Александров Е. Е.
 Рафалович О. Я. — *див.* Мазманишвили А. С.
 Рожанківський І. В. — *див.* Погрібний В. О. (а)
 Рожанківський І. В. — *див.* Погрібний В. О. (б)
 Романов С. О. — *див.* Корепанов В. Є. (а)
 Романюта А. А. — *див.* Галась М. И.
 Рофварг Л. П., Пискорж В. В. О процедуре ускоренного поиска сигналов спутниковых радионавигационных систем // 1996.—2, № 3/4.—С. 62—65.
 Рофварг Л. П. — *див.* Жалило А. А. (б)
 Ружин Ю. Я. — *див.* Баранец Н. В. (б)
 Русин Б. П., Мосоров В. Я. Розвиток алгоритмів безвартної компресії зображень на основі аналізу перепадів яскравості // 1999.—5, № 5/6.—С. 16—20.
 Русин Б. П. — *див.* Коваль О. І.
 Рыбин В. В. — *див.* Драновский В. И.
 Рыбин В. В. — *див.* Комяк В. А.
 Рябоконеко А. Д. — *див.* Лялько В. И. (д)
 Рябоконеко О. Д. — *див.* Лялько В. И. (г)
- С**
- Савостянов О. М., Ємець В. В., Єрмаков В. Ю. Дослідження фрагментів магніторідинного гермовіброзахисту великогабаритних конструкцій // 1996.—2, № 1-2.—С. 99—107.
 Салтыков Ю. Д. — *див.* Драновский В. И.
 Самойленко Ю. И. — *див.* Логинов А. А.

- Самойлова С. В. — *див.* Балин Ю. С. (а)
 Сафронов Ю. І. — *див.* Величко О. М. (а)
 Сафронов Ю. І. — *див.* Величко О. М. (б)
 Сахацкий А. И. — *див.* Лялько В. И. (б)
 Сахацкий А. И. — *див.* Лялько В. И. (е)
 Семенов Л. П. — *див.* Богомаз Г. И. (б)
 Сербин В. И. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (д)
 Сердюк И. И. — *див.* Панов А. П.
 Серенко В. А. — *див.* Пилипенко В. В. (в)
 Седова Ф. І. — *див.* Кузнецова В. Г.
 Сидоренко Г. С. — *див.* Величко О. М. (а)
 Сиренко В. Н. — *див.* Тимошенко В. И. (а)
 Сиренко Е. К. — *див.* Юхимук А. К. (г)
 Сиренко Е. К. — *див.* Юхимук А. К. (е)
 Сиренко Л. А. — *див.* Лялько В. И. (в)
 Сиренко Л. А. — *див.* Федоровский А. Д. (г)
 Сиренко Л. Я. — *див.* Лялько В. І. (г)
 Сиренко Л. Я. — *див.* Федоровський О. Д. (д)
 Ситало В. Г., Литвишко Т. Н., Гупал А. М.,
 Цветков А. М. Экспертная система разработки
 и оптимизации состава материалов для косми-
 ческой техники // 1995.—1, № 2-6.—С. 60—
 64.
 Скляр В. В. — *див.* Харченко В. С. (в)
 Скрипник Ю. Д. — *див.* Стрижало В. А.
 Сладкова В. Н. — *див.* Патон Б. Е. (б)
 Соболев Я. П. — *див.* Баранец Н. В. (а)
 Соболев Я. П. — *див.* Баранец Н. В. (б)
 Соболевская М. Б. — *див.* Богомаз Г. И. (а)
 Собульский А. — *див.* Погрібний В. О. (б)
 Соловійов В. С. — *див.* Величко О. М. (б)
 Солодовник Л. Л. Мас-спектрометричні дослідження
 верхньої атмосфери і молекулярного оточення
 космічних апаратів бортовими приладами
 СКТБ ФТІНТ НАН України // 2000.—6,
 № 5/6.—С. 8—15.
 Сорока Л. С. — *див.* Стасев Ю. В. (а)
 Сорока С. А. — *див.* Негода А. А. (б)
 Сорока С. О. — *див.* Кошовий В. В.
 Сорокина Л. А. — *див.* Макарова А. С. (а)
 Сосонкін М. Г. — *див.* Мороженко О. В. (а)
 Станкевич Д. Г. — *див.* Парусимов В. Г.
 Станкевич Д. Г. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (б)
 Станкевич Д. Г. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (в)
 Станкевич Д. Г. — *див.* Шкуратов Ю. Г. (д)
 Старостенко В. И. — *див.* Мостовой С. В.
 Стасев Ю. В., Барсов В. И., Сорока Л. С. Метод
 синхронизации сигналов, использующих моду-
 ляцию с минимальным сдвигом в системах
 космической связи и управления // 1999.—5,
 № 1.—С. 52—58. (а)
 Стасев Ю. В., Горбенко И. Д., Макаренко Б. И.,
 Ивашкин А. В., Воронов Д. Н. Применение
 сложных сигналов в командно-телеметриче-
 ских радиоперелиниях // 1997.—3, № 5/6.—
 С. 104—108. (б)
 Стасев Ю. В., Горбенко И. Д., Пастухов Н. В.
 Аутентификация в космических системах связи
 и управления с множественным доступом //
 1997.—3, № 1/2.—С. 83—86. (в)
 Стасев Ю. В., Пастухов Н. В. Алгоритм синтеза и
 свойства ортогональных систем сигналов //
 1996.—2, № 5/6.—С. 69—73. (г)
 Стасев Ю. В. — *див.* Горбенко И. Д. (а)
 Стасев Ю. В. — *див.* Горбенко И. Д. (б)
 Стефанишин Я. І. — *див.* Зубко В. П. (б)
 Стешенко Н. В. — *див.* Гершберг Р. Е.
 Стрижало В. А., Скрипник Ю. Д. Методика испы-
 таний конструкционных материалов на цикли-
 ческую прочность в условиях околоземного
 космического пространства // 1996.—2,
 № 5/6.—С. 38—45.
 Суханов К. Ю. — *див.* Федоровский А. Д. (в)
 Суханов К. Ю. — *див.* Федоровский А. Д. (г)
 Суханов К. Ю. — *див.* Федоровский А. Д. (е)
 Суханов К. Ю. — *див.* Федоровский А. Д. (е)
 Суханов К. Ю. — *див.* Федоровський О. Д. (ж)
- Т
- Тарасов В. Г. До питання про уповільнення соняч-
 ного вітру поблизу Марса // 1996.—2,
 № 3/4.—С. 24—28.
 Тарасов В. Г. — *див.* Корепанов В. Є. (б)
 Тарашенко Д. Т. — *див.* Бабич Д. В.
 Таянов С. А. — *див.* Погрібний В. О. (а)
 Телепнев В. Д. — *див.* Верховцева Э. Т.
 Теременко А. А. — *див.* Федоровский А. Д. (ж)
 Теременко А. Н. — *див.* Лялько В. И. (д)
 Тимошенко В. И., Агарков А. В., Мошненко Ю. И.,
 Сиренко В. Н., Кнышенко Ю. В., Ляшен-
 ко Ю. Г. Проблемы термостатирования и обес-
 печения сохранности космического аппарата в
 период предстартовой подготовки и при выве-
 дении на орбиту // 1999.—5, № 5/6.—С. 56—
 64. (а)
 Тимошенко В. И., Белоцерковец И. С. Численное
 моделирование струйных течений для объектов
 ракетно-космической техники // 1999.—5,
 № 1.—С. 78—89. (б)
 Тимошенко В. И., Гусынин В. П. Использование
 гиперзвуковых технологий при создании пер-
 спективных транспортных космических систем
 // 1999.—5, № 1.—С. 97—107. (б)
 Тимошенко В. И. — *див.* Галинский В. П.
 Тимченко А. Н. — *див.* Мурадян Х. К.
 Тимченко А. Н. — *див.* Фролькис В. В. (а)
 Тимченко А. Н. — *див.* Фролькис В. В. (б)
 Тихомиров А. А. Результаты дальнометрирования
 океанической поверхности космическим лида-
 ром БАЛКАН // 1999.—5, № 2/3.—С. 22—30.
 Тихомиров А. А. — *див.* Балин Ю. С. (а)
 Тихомиров А. А. — *див.* Балин Ю. С. (б)
 Тихомиров А. А. — *див.* Зуев В. Е.

- Ткачев А. М. — *див.* Горбенко И. Д. (б)
 Ткаченко А. И. — *див.* Лебедев Д. В.
 Ткаченко В. А. — *див.* Логинов А. А.
 Ткачук О. О. — *див.* Величко О. М. (б)
 Трякин В. П. — *див.* Богомаз Г. И. (б)
 Тютюнник Л. И. — *див.* Волосов В. В.

У

- Уваров В. Н. — *див.* Яцевич С. Е. (б)
 Урусский О. С. Многокритериальный синтез управления процессом выведения авиационно-космических систем на орбиту // 1997.—3, № 1/2.— С. 75—77.

Ф

- Фалько О. Г. — *див.* Юхимук А. К. (а)
 Фалько О. Г. — *див.* Юхимук А. К. (в)
 Фалько О. Г. — *див.* Юхимук А. К. (г)
 Фалько О. Г. — *див.* Юхимук А. К. (д)
 Фалько О. Г. — *див.* Юхимук А. К. (е)
 Федоренко А. К., Івченко В. М. Молекулярна емісія $NO \lambda = 5.3$ мкм у верхній атмосфері Землі як можливий провісник землетрусів // 1998.—4, № 1.—С. 9—16. (а)
 Федоренко А. К., Івченко В. М. Інфрачервоні молекулярні емісії в лімбових спостереженнях верхньої атмосфери Землі (огляд) // 1996.—2, № 5/6.—С. 89—96. (б)
 Федоров А. — *див.* Корепанов В. (г)
 Федоровский А. Д. К вопросу дешифрирования космических снимков природных ландшафтов // 1999.—5, № 5/6.—С. 9—15. (а)
 Федоровский А. Д., Гриневецкий В. Т., Костюченко Ю. В., Кувшинов А. Ю. Ландшафтоведческий подход при дешифрировании космических снимков // 1998.—4, № 1.—С. 39—45. (б)
 Федоровский А. Д., Кононов В. И., Суханов К. Ю. Обоснование методики внешнего контроля космической оптической аппаратуры дистанционного зондирования земной поверхности // 1997.—3, № 3/4.—С. 50—53. (в)
 Федоровский А. Д., Сиренко Л. А., Звенигородский Э. Л., Иванова И. Ю., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г. Оценка экологического состояния водоемов с использованием космической информации // 1996.—2, № 5/6.—С. 103—106. (г)
 Федоровський О. Д., Сіренко Л. Я. Досвід використання космічної інформації у вирішенні водоохоронних завдань // 1999.—5, № 4.—С. 41—43. (д)
 Федоровский А. Д., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г. К вопросу оценки космических снимков для дешифрирования природных ландшафтов // 1999.—5, № 1.—С. 24—31. (е)
 Федоровський О. Д., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г. Просторово-частотний аналіз при дешифруванні космічних знімків водних ландшафтів // 1999.—5, № 4.—С. 44—45. (е)
 Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Новиков Р. И., Пахомов И. П., Суханов К. Ю., Терemenko А. А. Дешифрирование космических снимков: распознавание ландшафтных зон на основе структурного анализа // 2000.—6, № 2/3.—С. 39—44. (ж)
 Федоровский А. Д. — *див.* Кононов В. И.
 Федоровский А. Д. — *див.* Лялько В. И. (в)
 Федоровський О. Д. — *див.* Лялько В. І. (г)
 Федоровский А. Д. — *див.* Лялько В. И. (д)
 Федун В. Н. — *див.* Юхимук А. К. (а)
 Федун В. Н. — *див.* Юхимук А. К. (б)
 Федун В. Н. — *див.* Юхимук А. К. (в)
 Федун В. Н. — *див.* Юхимук А. К. (г)
 Фетисов А. Б. — *див.* Драновский В. И.
 Филиппович В. Е. — *див.* Перерва В. М. (в)
 Філіпович В. Є. — *див.* Перерва В. М. (б)
 Филоненко А. Д. — *див.* Голубничий П. И.
 Флерко С. Н. — *див.* Верещак А. П. (а)
 Флерко С. Н. — *див.* Жалило А. А. (в)
 Флерко С. Н. — *див.* Жалило А. А. (г)
 Фроленко В. М. Методика комплексного дешифрування зональних аерокосмічних знімків з використанням оптичного приладу синтезу // 1997.—3, № 5/6.—С. 47—54.
 Фроленко В. М. Оптимізація вибору спектрального діапазону дистанційного спостереження ландшафту // 1998.—4, № 1.—С. 3—8.
 Фроленко В. М. Оптимальне цифрове синтезування зональних аерокосмічних зображень // 1998.—4, № 2/3.—С. 51—57.
 Фроленко В. М. Цифрове синтезування зональних аерокосмічних зображень, яке забезпечує заданий колір об'єктів // 1999.—5, № 1.—С. 32—37.
 Фроленко В. М. Моделі оптимального синтезування зональних аерокосмічних знімків // 1999.—5, № 2/3.—С. 13—21.
 Фролькис В. В., Мурадян Х. К., Тимченко А. Н., Жеребицкая Е. И., Лимарева А. А. Геропротекторы как гравипротекторы? // 1997.—3, № 3/4.—С. 28—33. (а)
 Фролькис В. В., Мурадян Х. К., Тимченко А. Н., Мозжухина Т. Г. Влияние гипергравитационного стресса на интенсивности газообмена, биосинтеза РНК и белка, терморегуляцию и выживаемость у животных разных видов // 1997.—3, № 3/4.—С. 16—21. (б)

Х

- Харитонов О. М. — *див.* Мостовой С. В.
 Харченко В. С. Выбор технологии проектирования

и базовых архитектур дефектоустойчивых цифровых управляющих и вычислительных систем реального времени // 1997.—3, № 5/6.—С. 109—119. (а)

Харченко В. С., Гридин Ю. В. Модель функционирования бортовых вычислительных систем с категорированием задач в условиях сбоя и отказов аппаратных и программных средств // 1999.—5, № 5/6.—С. 103—109. (б)

Харченко В. С., Зенин А. П., Скляр В. В. Методы многопараметрической адаптации бортовых управляющих и вычислительных систем с раздельным мажоритарным резервированием // 1999.—5, № 5/6.—С. 81—91. (в)

Харченко В. С. — *див.* Гридин Ю. В.

Харченко В. С. — *див.* Кривоносов А. И.

Хода О. О. Перманентна GPS-станція Голосіїв (GLSV): спостереження у 1998 році // 1999.—5, № 4.—С. 75—78.

Хода О. А. Программное обеспечение «Клио» для определения параметров ионосферы // 1999.—5, № 5/6.—С. 25—32.

Ходоровский А. Я. — *див.* Лялько В. И. (б)

Ходоровский А. Я. — *див.* Лялько В. И. (в)

Ходоровский А. Я. — *див.* Лялько В. И. (е)

Хомяков Э. Н. — *див.* Жалило А. А. (г)

Хоркавців Я. Д. — *див.* Демків О. Т.

Хоркавців О. Я., Демків О. Т. Гравітропна реакція протонеми моху *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. та її модифікації світлом // 1999.—5, № 5/6.—С. 110—117.

Хорольский П. П. — *див.* Астапенко В. Н.

Хорошилов В. С. — *див.* Алпатов А. П. (а)

Хорошилов С. В., Шаповаленко В. В. К вопросу построения и решения уравнений колебаний криволинейных стержневых пространственных конструкций космического применения // 1999.—5, № 5/6.—С. 65—70.

Хоряк Н. В. — *див.* Пилипенко В. В. (в)

Храмов Д. А. — *див.* Делямуре В. П.

Хрущ И. К. — *див.* Богомаз Г. И. (б)

Ц

Цветков А. М. — *див.* Ситало В. Г.

Цокурено А. А. Математическое моделирование и оптимизация процесса отбора пробы среды буровым роботом-информатором в экстремальных условиях Марса // 1999.—5, № 2/3.—С. 55—59.

Цокурено А. А. Обеспечение информативности бурового робота при адаптивном управлении технологическими процессами космических экспериментов // 1999.—5, № 4.—С. 22—27.

Цымбал В. Н. — *див.* Драновский В. И.

Цымбал В. Н. — *див.* Ефимов В. Б. (а)

Цымбал В. Н. — *див.* Яцевич С. Е. (а)

Ч

Чабан Х. І. — *див.* Демків О. Т.

Чака Е. Г. — *див.* Березовский В. А.

Чеборин О. Г., Яценко В. А. Криогенный датчик гравиметрических приборов // 1998.—4, № 5/6.—С. 129—140.

Червінка О. О. — *див.* Корепанов В. Є. (б)

Черевченко Т. М., Заіменко Н. В. Тропічні епіфітні орхідеї — об'єкт досліджень космічної ботаніки та елемент дизайну кабіни космічних кораблів і орбітальних станцій // 1998.—4, № 5/6.—С. 141—147.

Черногор Л. Ф. Энергетика процессов на Земле, в атмосфере и околоземном космосе в свете проекта «Попередження» // 1999.—5, № 1.—С. 38—47.

Черняк М. Г., Бондаренко О. М., Коваленко Т. В. Фізико-математичне моделювання вимірювальних перетворювачів тиску з пневмомеханічним резонатором // 1999.—5, № 5/6.—С. 92—102.

Черняк Н. Г., Коваленко Т. В. Проектирование акустоэлектронных тензопреобразователей для мембранных чувствительных элементов датчиков давления // 1998.—4, № 1.—С. 60—63.

Чинок В. М. Інформаційний відеоскоп — базовий елемент автоматизованого робочого місця космонавта-дослідника // 1998.—4, № 4.—С. 103—107.

Чурилов А. Е. — *див.* Шувалов В. А. (а)

Ш, Щ

Шабохин В. А. Экспериментальные результаты определения аэродинамических характеристик спутников в свободномолекулярном потоке газа // 1998.—4, № 1.—С. 68—70.

Шабохин В. А. Оценка характера взаимодействия свободномолекулярного потока газа со спутником по экспериментальным данным // 1998.—4, № 2/3.—С. 113—116.

Шавріна А. В. — *див.* Велесь О. А.

Шавріна А. В. — *див.* Мороженко О. В. (а)

Шавріна А. В. — *див.* Мороженко О. В. (б)

Шаповаленко В. В. — *див.* Хорошилов С. В.

Шатохин А. В. — *див.* Яцевич С. Е. (а)

Шевченко В. Г. Дослідження астероїдів за допомогою космічних апаратів // 1999.—5, № 4.—С. 79—86.

Шевцов А. І. — *див.* Горбулін В. П. (б)

Шептун Ю. Д. — *див.* Ащепкова Н. С.

Шестопалов В. М. — *див.* Лялько В. И. (в)

Шеховцов В. С. — *див.* Горбулін В. П. (б)

Шило С. А. — *див.* Комяк В. А.

Шило С. А. — *див.* Драновский В. И.

Шкуратов Ю. Г., Бондаренко Н. В., Качанов А. С. Задачи лунного полярного спутника после КА

- «Клементина» // 1998.—4, № 1.—С. 46—53. (а)
- Шкуратов Ю. Г., Кайдаш В. Г., Опанасенко Н. В., Станкевич Д. Г., Евсюков Н. Н., Парусимов В. Г. Возможность прогнозирования состава лунной поверхности по данным оптических измерений // 1996.—2, № 5/6.—С. 78—88. (б)
- Шкуратов Ю. Г., Кайдаш В. Г., Опанасенко Н. В., Станкевич Д. Г., Парусимов В. Г. Прогноз содержания железа и титана в лунном реголите для сопоставления с данными КА «Лунар Проспектор» // 1997.—3, № 3/4.—С. 59—70. (в)
- Шкуратов Ю. Г., Креславский М. А., Овчаренко А. А., Муйнонен К., Пийронен Й., Картунен Х. Диагностичность исследований оппозиционного эффекта по космическим изображениям // 1998.—4, № 1.—С. 54—59. (г)
- Шкуратов Ю. Г., Станкевич Д. Г., Корниенко Ю. В., Качанов А. С., Сербин В. И. Предложения по проведению экспериментов «Янус» на лунном полярном спутнике // 1996.—2, № 1-2.—С. 24—30. (д)
- Шкуратов Ю. Г. — *див.* Кислюк В. С.
- Шпак П. Ф. — *див.* Перерва В. М. (в)
- Штепа Ю. Н. — *див.* Лебедев Д. В.
- Шувалов В. А., Быстрицкий М. Г., Чурилов А. Е. Ослабление радиосигналов и искажение радиолокационных характеристик космических аппаратов плазменными струями электрореактивных двигателей // 1999.—5, № 2/3.—С. 81—92. (а)
- Шувалов В. А., Левкович О. А., Кочубей Г. С. Приближенные модели струй электрореактивных двигателей космических аппаратов // 1998.—4, № 5/6.—С. 105—109. (б)
- Шувалов В. А., Приймак А. И., Губин В. В. Моделирование радиационной электризации космических аппаратов в ионосфере и магнитосфере // 1998.—4, № 5/6.—С. 28—35. (в)
- Шувалов В. А., Приймак А. И., Губин В. В., Лазученков Н. М. Система активной плазменной защиты космических аппаратов от электрорадиационного воздействия ионосферы и магнитосферы // 1998.—4, № 5/6.—С. 36—40. (г)
- Шулым В. Ф. — *див.* Патон Б. Е. (б)
- Шустер Н. — *див.* Колобродов В. Г. (г)
- Щербаченко В. Т. — *див.* Айзенберг Я. Е. (в)
- Ю**
- Юхимук А. К., Фалько О. Г., Юхимук В. А., Кучеренко В. П., Федун В. Н. Нелинейное взаимодействие альвеновских и ионно-звуковых волн в магнитоактивной плазме // 1996.—2, № 3/4.—С. 44—48. (а)
- Юхимук А. К., Федун В. Н., Юхимук В. А., Ивченко В. Н. Параметрическое возбуждение верхнегибридных и кинетических альвеновских волн в магнитоактивной плазме // 1998.—4, № 1.—С. 108—112. (б)
- Юхимук А. К., Федун В. Н., Юхимук В. А., Фалько О. Г. Генерация электромагнитного излучения с помощью верхнегибридной волны накачки в замагниченной плазме // 1998.—4, № 1.—С. 102—107. (в)
- Юхимук А. К., Федун В. Н., Юхимук В. А., Фалько О. Г., Сиренко Е. К. Нелинейный механизм генерации нижнегибридных волн в космической плазме // 1998.—4, № 5/6.—С. 41—45. (г)
- Юхимук А. К., Юхимук В. А., Фалько О. Г. Нелинейный механизм электромагнитного излучения в космической плазме // 1995.—1, № 2-6.—С. 65—71. (д)
- Юхимук А. К., Юхимук В. А., Фалько О. Г., Сиренко Е. К. Рассеяние обыкновенной электромагнитной волны на кинетических альвеновских волнах // 1999.—5, № 1.—С. 48—51. (е)
- Юхимук В. А. — *див.* Юхимук А. К. (а)
- Юхимук В. А. — *див.* Юхимук А. К. (б)
- Юхимук В. А. — *див.* Юхимук А. К. (в)
- Юхимук В. А. — *див.* Юхимук А. К. (г)
- Юхимук В. А. — *див.* Юхимук А. К. (д)
- Юхимук В. А. — *див.* Юхимук А. К. (е)
- Юхневич Ю. — *див.* Корепанов В. (г)
- Я**
- Яворський Б. І. — *див.* Драган Я. П.
- Якимчук В. Г. — *див.* Лялько В. І. (г)
- Якимчук В. Г. — *див.* Федоровский А. Д. (г)
- Якимчук В. Г. — *див.* Федоровский А. Д. (е)
- Якимчук В. Г. — *див.* Федоровский О. Д. (е)
- Якимчук В. Г. — *див.* Федоровский А. Д. (ж)
- Яковченко А. И. — *див.* Жалило А. А. (в)
- Яременко В. И. — *див.* Верховцева Э. Т.
- Яцевич С. Е., Ефимов В. Б., Цымбал В. Н., Ачасов А. Б., Шатохин А. В. Исследования земельных ресурсов по материалам многочастотной радиолокационной съемки // 1999.—5, № 2/3.—С. 34—40. (а)
- Яцевич С. Е., Курекин А. С., Уваров В. Н., Левда А. С. Автоматическая внутренняя калибровка радиолокационных систем дистанционного зондирования // 1998.—4, № 2/3.—С. 34—38. (б)
- Яцевич С. Е. — *див.* Драновский В. И.
- Яцевич С. Е. — *див.* Ефимов В. Б. (а)
- Яцевич С. Е. — *див.* Ефимов В. Б. (б)
- Яцевич С. Е. — *див.* Комяк В. А.
- Яценко В. А. — *див.* Чеборин О. Г.
- Яцків Д. Я. Сучасний стан використання лазерної

технології в системах космічного зв'язку, локації та екологічного моніторингу // 1998.—4, № 4.—С. 118—131.

Яцків Я. С. Космічні дослідження планети Марс на рубежі тисячоліть // 1996.—2, № 3/4.—С. 5—9.

Яцків Я. С. — *див.* Величко О. М. (а)

Яцків Я. С. — *див.* Величко О. М. (б)

Яцків Я. С. — *див.* Горбулін В. П. (а)

Яцків Я. С. — *див.* Каменський К. К.

Яцків Я. С. — *див.* Кислюк В. С.

Яцків Я. С. — *див.* Кручиненко В. Г.

А

Aleksenko E. N. — *see* Pokhyl Yu. A.

Alpatov A. P., Delyamoure V. P., Khramov D. A., Belonozhko P. P. Check of adequacy of mathematical models of the dynamics of highly deformable low-elastic large-area surfaces under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 132 a

Alpatov A. P., Fokov O. A., Statsenko I. M., Rassamakin B. M., Shmireva A. H., Belov D. G., Medvednikov S. V., Tarasov G. I., Perekopskiy I. I., Khoroshilov V. S. Processes of solar energy conversion into electric energy in the advanced multiplayer photo cells in a complex with solar radiation concentrators // 2000.—6, № 4.—P. 131 b

Alpatov A. P., Pirozhenko A. V., Voloshenjuk O. L., Khoroshilov V. S. Study of the basic variables of a cable-tether system intended as an electro-mechanical linkage between space vehicles // 2000.—6, № 4.—P. 129 c

Aristov Yu. V. — *see* Sukhorukov V. I.

Asnis Yu. A. — *see* Paton B. E. a

В

Babich V. M. — *see* Paton B. E. a

Bakalinskaya O. N. Biospecific carbon sorbents and their application for medicine and biotechnology // 2000.—6, № 4.—P. 117

Bakan G. M. — *see* Lyalko V. I. b

Barabash O. M., Nemoshkalenko V. V. Electron beam zone melting of Ni-base eutectic // 2000.—6, № 4.—P. 138

Baraboj V. A., Zinchenko V. A. Influence of hypergravity, microgravity and ionized radiation on the state of oxidant-antioxidant homeostasis of rats // 2000.—6, № 4.—P. 108

Baranenko V. V. Lipid peroxidation intensity and antioxidant system state in plants under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 101

Baranskii P. I. — *see* Paton B. E. a

Bass V. P. Investigation of the gaseous and plasma environment in the vicinity of the ISS by means

of contact diagnostics // 2000.—6, № 4.—P. 55

Bass V. P. Physical and aeronomical experiments aboard of the ISS // 2000.—6, № 4.—P. 57

Belonozhko P. P. — *see* Alpatov A. P. a

Belov D. G. — *see* Alpatov A. P. b

Belyavskaya N. A. — *see* Kondrachuk A. V.

Berezovsky V. A. Maintenance of a capacity for work of astronauts during a space mission: new technology based on selected gaseous mixtures // 2000.—6, № 4.—P. 126

Berezovsky V. A. Skeletal effects of microgravity and protector effects of intermittent gaseous mixtures with low oxygen content on osteopenia // 2000.—6, № 4.—P. 123

Bersudsky E. I. — *see* Nemoshkalenko V. V. b

Bogatina N. I., Kordyum E. L. Effect of the gradient magnetic field on plants under the conditions of the gravitational field weakening // 2000.—6, № 4.—P. 113

Bondarenko S. I., Melenevsky Yu. A., Rusanov K. V., Scherbakova N. S. Space-borne cryogenic facility to study the liquid helium phenomena under microgravity and the relevant experimental program // 2000.—6, № 4.—P. 134

Borisova T. A. — *see* Himmelreich N. H.

Borisova T. A. Influence of microgravity on structural and functional properties of artificial phospholipid membranes // 2000.—6, № 4.—P. 94

Bovt Yu. V. — *see* Sukhorukov V. I.

Boyko A. L., Mischenko L. T. Phytoviruses and virus-infected plants (wheat, tobacco) under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 110

Brik A. B. — *see* Voizianov A. F. b

Bruns A. V. Solar brightness oscillations measurements // 2000.—6, № 4.—P. 88

Budanov O. V. — *see* Sukhorukov V. I.

Buts V. A. — *see* Stepanov K. N.

С, D, E

Cheban A. K. Study of the influence of ionizing radiation and other space factors on a human organism by telemedicine and computer diagnostic technique // 2000.—6, № 4.—P. 124

Chemerinsky G. P. — *see* Nemoshkalenko V. V. b

Cherepin V. T., Kamelin A. B., Kuntsevitch V. M., Lychak M. M. Planning and management of on-board experiments at the scientific orbital laboratory in the structure of the ISS // 2000.—6, № 4.—P. 142

Cherevchenko T. M. Influence of microgravity on growth and development of orchid plants // 2000.—6, № 4.—P. 106

Chumak A. A., Ovsianikova L. M. Evaluation of oxidant and immune homeostasis in persons exposed to adverse influence of space factors. Prophylaxis and correction of pathological

- changes // 2000.—6, № 4.—P. 125
 Churilov V. P. — see Ruzhentsev N. V.
 Delyamoure V. P. — see Alpatov A. P. a
 Dem'yanenko P. A., Zinkovskiy Yu. F., Prokof'ev M. I. Digital precision sensor of superlow accelerations // 2000.—6, № 4.—P. 27
 Demkiv O. T. Growth and morphogenesis of moss protonema in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 107
 Didkovskij L. V. — see Khizhnyak A. I.
 Dovgij S. A. — see Lyalko V. I. b
 Dubodelov V. I., Kyryyevskyy B. A., Seredenko V. A., Shcherba A. A. Development of elements of principally new magneto-hydrodynamic technology for making alloys with the peculiar structure under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 26
 Dyachenko N. S. Influence of space flight factors on DNA and RNA genomic viruses and the «virus — cell» system // 2000.—6, № 4.—P. 109
 Egorov A. M., Fainberg Ya. B., Karas' V. G., Kharchenko I. F., Nazarenko O. K., Sitalo V. G. Modeling of the processes and phenomena in the near space using the complex of charge-particle sources and EHF-generator // 2000.—6, № 4.—P. 81
 Eremenko N. A. — see Kuz'kov V. P.
 Eremenko V. V., Gavrylov R. V., Pokhyl Yu. A. Space project «Penta» complex // 2000.—6, № 4.—P. 43
 Eru I. I., Myshenko V. V., Shulga V. M. Space-borne millimetre-wave nadir ozone sounder (SMNOS) // 2000.—6, № 4.—P. 64
 Estrela-Liopis V. R., Popova A. F. Microalga biomineralisation under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 118
 Evtushenko N. Yu. Influence of microgravity on the physiological state and reproductive ability of oligochetae // 2000.—6, № 4.—P. 116

F, G, H, I

- Fainberg Ya. B. — see Egorov A. M.
 Fedorov O. P. — see Nemoshkalenko V. V. b
 Fedorovsky A. D. — see Lyalko V. I. b
 Fillipov V. B. — see Paderno Yu. B.
 Firstov S. A., Vasil'ev A. D. Development of bearings and turbine rotors and other frictional parts made of ceramics // 2000.—6, № 4.—P. 32
 Fokov O. A. — see Alpatov A. P. b
 Frolkis V. V. Life span and aging in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 121 a
 Frolkis V. V., Muradjan Kh. K. Gravity effects during space flights upon aging and longevity of the living organisms: modeling the gravity of Solar system planets // 2000.—6, № 4.—P. 121 b
 Frolov G. A. — see Trefilov V. I. c
 Gab I. I. — see Najdich Yu. V.

- Gamulya G. D., Ostrovska O. L., Yukhno T. P. Study of the adequacy of the friction and wear data obtained for antifriction and wear-resistant materials directly in space at orbital stations and in laboratory conditions // 2000.—6, № 4.—P. 44
 Gavrylov R. V. — see Eremenko V. V.
 Gopasyuk S. I. Solar-oriented telescope // 2000.—6, № 4.—P. 87
 Goryachev Yu. M. — see Trefilov V. I. d
 Grodzinsky D. M. Influence of microgravity on kinetics and nutrition of plant meristem // 2000.—6, № 4.—P. 97
 Gvozdyak R. I. Aggression of pathogenic bacteria in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 111
 Gvozdyak R. I. Viruses of phytopathogenic bacteria (bacteriophages) in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 110
 Himmelreich N. H., Borisova T. A. Influence of microgravity on the nervous signal transmission // 2000.—6, № 4.—P. 102
 Itsenko A. I. — see Trefilov V. I. e
 Ivaschenko R. K. — see Milman Yu. V.

K

- Kamelin A. B. — see Cherepin V. T.
 Karas' V. G. — see Egorov A. M.
 Kharchenko I. F. — see Egorov A. M.
 Khizhnyak A. I., Didkovskij L. V. Approach of space debris to the orbital spacecraft // 2000.—6, № 4.—P. 82
 Khoroshilov V. S. — see Alpatov A. P. b
 Khoroshilov V. S. — see Alpatov A. P. c
 Khramov D. A. — see Alpatov A. P. a
 Khymentko O. A. — see Kuz'kov V. P.
 Klimov S. I. — see Korepanov V. E.
 Klymchuk D. A. Influence of microgravity on division capability and expansion growth of plant cells *in vitro* // 2000.—6, № 4.—P. 99
 Komissarenko S. V. Influence of space flight factors on processes of thrombus formation and destruction in human blood // 2000.—6, № 4.—P. 124
 Kondrachuk A. V., Belyavskaya N. A. Use of the magnetic field for evaluation of the plant graviperceptive apparatus and for compensation of the absence of the vector of gravity // 2000.—6, № 4.—P. 114
 Kondratyuk S. Ya. Protective properties of fungus structures (lichen) in outer space // 2000.—6, № 4.—P. 120
 Kordyum E. L. Biology of a cell under microgravity; cytoskeleton arrangement, calcium homeostasis, mechanisms of gravisensitivity of living systems at the cellular and molecular levels // 2000.—6, № 4.—P. 91 a
 Kordyum E. L. Impact of altered gravity on the cytoskeleton dynamics and calcium homeostasis

- during development of graviperceiving and gravi-responding root cells // 2000.—6, № 4.—P. 92 **b**
- Kordyum E. L. Interaction of eukaryotic (plants, animals, human), prokaryotic (pathogenic, symbiotic and associated) organisms and viruses in microgravity; changes of microflora and its pathogenic properties in the cabin of space vehicles // 2000.—6, № 4.—P. 109 **c**
- Kordyum E. L. Prebiotic synthesis in open space and exobiology // 2000.—6, № 4.—P. 119 **d**
- Kordyum E. L. Space biology, biotechnology and medicine // 2000.—6, № 4.—P. 90 **e**
- Kordyum E. L., Korkushko O. V. Working out space cell biotechnology, the methods of space planting, waste utilization, and equipment monitoring // 2000.—6, № 4.—P. 115 **f**
- Kordyum E. L., Nedukha O. M. Structural-metabolic aspects of carbohydrate metabolism in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 97 **g**
- Kordyum E. L., Popova A. F. Influence of microgravity on vegetative and generative stages of ontogenesis and plant seed reproduction // 2000.—6, № 4.—P. 105 **h**
- Kordyum E. L. — see Bogatina N. I.
- Kordyum E. L. — see Kordyum V. A. **c**
- Kordyum V. A. Greenhouse of modular design for short-term and long-term growing of higher and lower plants // 2000.—6, № 4.—P. 107 **a**
- Kordyum V. A. Use of the magnetic field to study the plant graviperceptive apparatus // 2000.—6, № 4.—P. 113 **b**
- Kordyum V. A., Kordyum E. L. Developmental biology in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 105 **c**
- Korepanov V. E., Klimov S. I. Study of electromagnetic environment of the ISS // 2000.—6, № 4.—P. 55
- Korkushko O. V. Influence of space flight factors on blood microcirculation and its rheological properties in human // 2000.—6, № 4.—P. 125
- Korkushko O. V. Space medicine // 2000.—6, № 4.—P. 122
- Korkushko O. V. — see Kordyum E. L. **f**
- Korotaev G. K. — see Lyalko V. I. **b**
- Korsunov A. N. — see Sukhorukov V. I.
- Kostornov A. G., Shapoval A. A. Small-sized and miniature heat pipes for cooling systems and thermal stabilization of space instrumentation and hardware // 2000.—6, № 4.—P. 37
- Kostornov A. G. — see Trefilov V. I. **d**
- Kostyuk P. G. Influence of microgravity on growth, structure, and functions of nervous, endocrine and transformed cells // 2000.—6, № 4.—P. 102
- Kozlov A. V. — see Nemoshkalenko V. V. **c**
- Kozyrovska N. A. Exchange of genetic information between bacteria in microbiocenosis under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 112
- Kravets V. S. Influence of microgravity on protein biosynthesis // 2000.—6, № 4.—P. 100
- Kravets V. S. Role of polyphosphatidylinositols in signal transduction in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 95
- Kresanov V. S. — see Olikier V. E.
- Krishnamurthy S. Space Technology for National Development India's Example // 1996.—2, № 3/4.—C. 95—101.
- Kugel V. I. — see Kuz'kov V. P.
- Kundiev Yu. I. Psychophysiological monitoring of astronauts // 2000.—6, № 4.—P. 126
- Kuntsevich V. M. Planning and management of the experiments // 2000.—6, № 4.—P. 142
- Kuntsevitch V. M. — see Cherepin V. T.
- Kuprianova E. A. — see Trefilov V. I. **e**
- Kurchii B. A. Role of ethylene and abscisic acid in biological effects of microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 96
- Kuz'kov V. P., Eremenko N. A., Khymenko O. A., Kugel V. I., Yatsenko V. A. Concept of a multichannel system installed at the iss for study of the Earth's surface and atmosphere // 2000.—6, № 4.—P. 65
- Kyryyevskyy B. A. — see Dubodelov V. I.

L

- Lazebny B. V. — see Sukhorukov V. I.
- Litvinenko L. N. — see Sukhorukov V. I.
- Litvinenko L. N. Research of the Earth and near-Earth space // 2000.—6, № 4.—P. 54
- Lobanov L. M. Methods and equipment for control of defectiveness and stressed state of constructions // 2000.—6, № 4.—P. 48 **a**
- Lobanov L. M., Troitskii V. A., Pivtorak V. A., Zagrebely V. I. Development of methods and compact equipment for control of defects and stressed state in welded elements of structures, which operate under the space conditions // 2000.—6, № 4.—P. 48 **b**
- Lototskaya V. A. — see Pokhyl Yu. A.
- Lyalko V. I. Remote sensing of the surface and water area of Earth // 2000.—6, № 4.—P. 73 **a**
- Lyalko V. I., Fedorovsky A. D., Dovgij S. A., Bakan G. M., Korotaev G. K., Tcymbal V. N. Remote sensing of the surface and water areas of Earth by the Ukrainian on-board radar complex and the data from multi-spectral surveys and testing areas in the territory of Ukraine // 2000.—6, № 4.—P. 73 **b**
- Lychak M. M. — see Cherepin V. T.

M

- Maiboroda V. P., Molchanovskaya G. M. Microscopic mechanisms of diffusion in melts under micro-

- gravity // 2000.—6, № 4.—P. 22
- Maksimchuk I. N. — *see* Rarenko I. M.
- Medvednikov S. V. — *see* Alpatov A. P. **b**
- Melenevsky Yu. A. — *see* Bondarenko S. I.
- Melenevsky Yu. A. — *see* Shulman L. M.
- Mendzhul M. I. Influence of microgravity on the lysogenic cyanobacteria // 2000.—6, № 4.—P. 112
- Milman Yu. V., Ivaschenko R. K. New method and instrument for definition of mechanical properties of materials in space by local loading with an indenter // 2000.—6, № 4.—P. 37
- Mischenko L. T. — *see* Boyko A. L.
- Moiseenko K. Ya. Daphnia as biotest on general toxicity and mutagenicity of environment in space vehicles // 2000.—6, № 4.—P. 115
- Molchanovskaya G. M. — *see* Maiboroda V. P.
- Morozhenko O. V. Infrared monitoring of the Earth's atmosphere // 2000.—6, № 4.—P. 63
- Morozhenko O. V. Research of the Earth's upper atmosphere by the optical and millimeter-wave technique // 2000.—6, № 4.—P. 62
- Morozov I. A. — *see* Trefilov V. I. **e**
- Morozova R. A. — *see* Trefilov V. I. **e**
- Muradjan Kh. K. — *see* Frolkis V. V. **b**
- Myshenko V. V. — *see* Eru I. I.

N, O

- Najdich Yu. V., Gab I. I., Zhuravlev V. S. Capillary properties of metal melts, non-metal materials and processes of wetting and brazing under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 139
- Nazarenko O. K. — *see* Egorov A. M.
- Nedukha O. M. — *see* Kordyum E. L. **g**
- Nedukha O. M. Aggression of *Xanthomonas Campestris* in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 111
- Nemoshkalenko V. V. Physical-chemical processes under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 133 **a**
- Nemoshkalenko V. V., Fedorov O. P., Zhivolub E. I., Bersudsky E. I., Chemerinsky G. P. Experimental study of solid-liquid interface in transparent substances // 2000.—6, № 4.—P. 135 **b**
- Nemoshkalenko V. V., Kozlov A. V. Development of a new method of producing the materials under microgravity using ultrasonic field // 2000.—6, № 4.—P. 137 **c**
- Nemoshkalenko V. V. — *see* Barabash O. M.
- Oliker V. E., Kresanov V. S. Influence of space factors on properties of metallic and ceramic compositions with coatings // 2000.—6, № 4.—P. 33
- Ostrovskaya O. L. — *see* Gamulya G. D.
- Ovsianikova L. M. — *see* Chumak A. A.

P

- Paderno Yu. B., Fillipov V. B. Thermal emission elements of cathode — neutralizer for plasma thruster of space vehicles // 2000.—6, № 4.—P. 39
- Panashenko V. M. — *see* Trefilov V. I. **e**
- Pasichny V. V. — *see* Paslavsky E. S.
- Pasichny V. V. — *see* Trefilov V. I. **d**
- Paslavsky E. S., Pasichny V. V. Controlled levitators with helio-heating for space technologies // 2000.—6, № 4.—P. 25
- Paton B. E., Asnis Yu. A., Zabolotin S. P., Baranskii P. I., Babich V. M. New capabilities of growing semi-conductor materials by the method of electron beam crucibleless zone melting under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 140 **a**
- Paton B. E., Samilov V. M., Pilishenko I. S. Welded metal transformable shells // 2000.—6, № 4.—P. 52 **b**
- Paton B. E., Trefilov V. I. Production of new unique materials in space // 2000.—6, № 4.—P. 21 **c**
- Paznukhov V. E. — *see* Sukhorukov V. I.
- Pegueta V. P. Regeneration of fish dermoskeleton in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 104
- Perekopskiy I. I. — *see* Alpatov A. P. **b**
- Pilipenko V. V. — *see* Prisnyakov V. F.
- Pilishenko I. S. — *see* Paton B. E. **b**
- Pirozhenko A. V. — *see* Alpatov A. P. **c**
- Pivtorak V. A. — *see* Lobanov L. M. **b**
- Pokhyl Yu. A., Yakovenko L. F., Aleksenko E. N., Lototskaya V. A. Influence of space factors on fatigue fracture resistance of structural materials // 2000.—6, № 4.—P. 45
- Pokhyl Yu. A. — *see* Eremenko V. V.
- Pokrovsky V. A. Study of prebiotic synthesis in outer space conditions // 2000.—6, № 4.—P. 119
- Polulyakh Yu. A., Przhonska O. V. Physical-chemical properties of biological membranes under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 93
- Popova A. F. — *see* Estrela-Liopis V. R.
- Popova A. F. — *see* Kordyum E. L. **h**
- Prima V. I. Gene expression in plants in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 100
- Prisnyakov V. F., Pilipenko V. V. Solar power engineering // 2000.—6, № 4.—P. 129
- Prokof'ev M. I. — *see* Dem'yanenko P. A.
- Przhonska O. V. — *see* Polulyakh Yu. A.

R

- Rarenko I. M., Tkachenko V. G., Maksimchuk I. N., Slunko E. I. Advanced space materials and related technology for the infrared and radiation-resistant electronics // 2000.—6, № 4.—P. 24
- Rassamakin B. M. — *see* Alpatov A. P. **b**
- Rodionova N. V. Influence of microgravity on osteo-

- genesis // 2000.—6, № 4.—P. 103
 Rokhman A. G. — *see* Sukhorukov V. I.
 Rusanov K. V. — *see* Bondarenko S. I.
 Ruzhentsev N. V., Churilov V. P. Scientific hardware and methods for the remote monitoring the Earth's atmosphere and surface by millimeter wavelength radiometry // 2000.—6, № 4.—P. 67

S

- Samilov V. M. — *see* Paton B. E. b
 Sarnatzkaya V. V. Study of microgravity effects on tumor formation in plants by the model of crown gall induction with agrobacterium tumefaciens // 2000.—6, № 4.—P. 99
 Scherbakova N. S. — *see* Bondarenko S. I.
 Schur D. V. — *see* Trefilov V. I. f
 Serbinenko I. A. — *see* Sukhorukov V. I.
 Serechenko V. A. — *see* Dubodelov V. I.
 Shapar V. N. — *see* Svechnikov S. V.
 Shapoval A. A. — *see* Kostornov A. G.
 Shcherba A. A. — *see* Dubodelov V. I.
 Shmireva A. H. — *see* Alpatov A. P. b
 Shnyukova E. I. — *see* Zolotareva H. K. b
 Shulga V. M. — *see* Eru I. I.
 Shulman L. M., Melenevsky Yu. A. On-board infrared telescope // 2000.—6, № 4.—P. 62
 Shuvalov V. O. Diagnostics, monitoring, and study of a set of parameters of the ionospheric plasma and environment near the ISS // 2000.—6, № 4.—P. 60
 Sinitsin V. G. Feasibility of magnetohydrodynamic interferometry in the magnetosphere // 2000.—6, № 4.—P. 70
 Sitalo V. G. — *see* Egorov A. M.
 Sitalo V. G. — *see* Trefilov V. I. c
 Skok M. V. Immune response in microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 103
 Skrypyuk Yu. D. — *see* Stryzhalo V. O.
 Slunko E. I. — *see* Rarenko I. M.
 Solodovnik L. L., Verhovtzeva E. T., Yaremenko V. I. Research of optic-physical properties of structural materials by the monitoring of the factors of a space flight // 2000.—6, № 4.—P. 46
 Sorochinsky B. V. Influence of space flight factors on the integrity and organization of nuclear DNA // 2000.—6, № 4.—P. 101
 Statsenko I. M. — *see* Alpatov A. P. b
 Stepanov K. N., Buts V. A. Generation of artificial plasma formations in space and monitoring of their local parameters // 2000.—6, № 4.—P. 84
 Stryzhalo V. O., Skrypyuk Yu. D. Prospects for study of strength of structural materials at the OSS // 2000.—6, № 4.—P. 41
 Sukhorukov V. I., Serbinenko I. A., Korsunov A. N., Bovt Yu. V., Zabrodina L. P., Litvinenko L. N., Budanov O. V., Lazebny B. V., Paznukhov V. E.,

- Rokhman A. G., Aristov Yu. V. Influence of low-frequency atmospheric electrical processes and near-space electromagnetic signals on the central nervous system functional condition of a man maintaining space systems // 2000.—6, № 4.—P. 71

- Surdu M. N. — *see* Trefilov V. I. c
 Svechnikov S. V., Shapar V. N. Fiber optic rotary joints for non-contact transmission of information to and from rotating equipment // 2000.—6, № 4.—P. 40

T

- Tarasov G. I. — *see* Alpatov A. P. b
 Tcymbal V. N. — *see* Lyalko V. I. b
 Tkachenko V. G. — *see* Rarenko I. M.
 Trefilov V. I. Influence of space factors on properties of materials and orbital constructions // 2000.—6, № 4.—P. 29 a
 Trefilov V. I. Space technology and materials science // 2000.—6, № 4.—P. 20 b
 Trefilov V. I., Frolov G. A., Surdu M. N., Sitalo V. G. Degradation of materials and constructions under the influence of outer space factors // 2000.—6, № 4.—P. 30 c
 Trefilov V. I., Goryachev Yu. M., Pasichny V. V., Kostornov A. G. Solar thermal electric power complex for orbital space station // 2000.—6, № 4.—P. 36 d
 Trefilov V. I., Morozov I. A., Itsenko A. I., Kuprianova E. A., Morozova R. A., Panashenko V. M. Properties of hydrogen-capacious compounds and ceramic materials activated with hydrogen // 2000.—6, № 4.—P. 35 e
 Trefilov V. I., Schur D. V. Properties of metal hydrides under microgravity // 2000.—6, № 4.—P. 34 f
 Trefilov V. I. — *see* Paton B. E. c
 Troitskii V. A. — *see* Lobanov L. M. b
 Tsarenko P. M. Influence of microgravity on structural-functional organisation of unicellular and coenobial green algae // 2000.—6, № 4.—P. 98
 Tsutsaeva A. A. Study of the negative influence of electromagnetic radiation produced by radio electronic devices on board the ISS on the homeostatic system of astronauts // 2000.—6, № 4.—P. 128
 Tsymbal A. M. — *see* Tyrnov O. F.
 Tyrnov O. F., Tsymbal A. M. Diagnostics of active experiment disturbances in the near-Earth space // 2000.—6, № 4.—P. 83

V

- Vasil'ev A. D. — *see* Firstov S. A.
 Verhovtzeva E. T. — *see* Solodovnik L. L.

- Vojtovich I. D. Application of thin-film sensors in space biological experiments // 2000.—6, № 4.—P. 117
- Voloshenjuk O. L. — see Alpatov A. P. c
- Volovik O. I. Influence of microgravity on photosynthesis process // 2000.—6, № 4.—P. 95
- Vozianov A. F. Influence of space flight factors on biological properties of human resident microflora: experiments *in vivo* and *in vitro* // 2000.—6, № 4.—P. 127 a
- Vozianov A. F., Brik A. B. Mechanisms of property changes of biominerals in microgravity and methods for reduction of bone demineralisation in a space flight // 2000.—6, № 4.—P. 122 b
- Y**
- Yakovenko L. F. — see Pokhyl Yu. A.
- Yampolski Yu. M. Research of the Earth's ionosphere // 2000.—6, № 4.—P. 69
- Yampolski Yu. M. Space-borne ionosphere radio sounding by signals of the ground-based HF and VHF broadcasting stations // 2000.—6, № 4.—P. 69
- Yaremenko V. I. — see Solodovnik L. L.
- Yatsenko V. A. — see Kuz'kov V. P.
- Yatskiv Ya. S. Solar-oriented research // 2000.—6, № 4.—P. 86
- Yavorska V. K. Functioning of second messengers (Ca⁺⁺-calmodulin, adenylate cyclase) // 2000.—6, № 4.—P. 94
- Yukhno T. P. — see Gamulya G. D.
- Z**
- Zabolotin S. P. — see Paton B. E. a
- Zabrodina L. P. — see Sukhorukov V. I.
- Zagrebelny V. I. — see Lobanov L. M. b
- Zhivolub E. I. — see Nemoshkalenko V. V. b
- Zhuravlev V. S. — see Najdich Yu. V.
- Zinchenko V. A. — see Baraboj V. A.
- Zinkovskiy Yu. F. — see Dem'yanenko P. A.
- Zolotareva H. K. Influence of microgravity on oxygenic photosynthesis // 2000.—6, № 4.—P. 96 a
- Zolotareva H. K., Shnyukova E. I. Influence of microgravity on structural-functional organization of cyanobacteria // 2000.—6, № 4.—P. 98 b

ДОДАТКИ ДО ЖУРНАЛУ

- Бороденков А. М., Волков Н. В., Дормидонтов А. Г., Стегний А. И. Провидец космических трасс // Космічна наука і технологія. Додаток до журн. (До 100-річчя з дня народження Ю. В. Кондратюка).—1995.—1, № 1.—С. 3—18
- Завалішин А. П. Хто ти такий, Юрію Кондратюк? // Космічна наука і технологія. Додаток до журн. (До 100-річчя з дня народження Ю. В. Кондратюка).—1995.—1, № 1.—С. 19—24.
- Bolotin S., Gaiovitch I., Khoda O., Samoilenko A., Yatskiv Ya. GPS Observational Campaign in the Geodynamics Test Area "SIMEIZ-KATSIVE-LI": Data Processing and Results // Космічна наука і технологія. Додаток до журн.—1995.—1, № 2.
- Демчик М. І., Кириченко А. Г., Кізюн Л. М., Климик В. У., Кудак К. А., Мацо Г. М., Стародубцева О. Є. Результати спостережень і ототожнення геосинхронних космічних об'єктів // Космічна наука і технологія. Додаток до журн.—1996.—2, № 1.
- Андреев В. Л., Конюхов С. М. М. К. Янгель — головний конструктор ракетно-космічних систем (до 85-річчя з дня народження) // Космічна наука і технологія. Додаток до журн.—1996.—2, № 2.
- Завалішин А. П., Даценко А. В. Ю. В. Кондратюк (О. Г. Шаргей) — основоположник космонавтики // Космічна наука і технологія. Додаток до журн.—1997.—3, № 1/2.—С. 3—64.
- УКРАЇНА З КОСМОСУ. Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів / Під ред. члена-кореспондента НАН України В. І. Лялька та члена-кореспондента НАН України О. Д. Федоровського // Космічна наука і технологія. Додаток до журн.—1997.—3, № 3/4.
- Kucherov V. A., Ivanov Yu. S., Efimov Yu. S., Berdyugin A. V., Shakhovskoy N. M. Ultraviolet Low-Resolution Spectropolarimeter for the Space Mission Spectrum-UV (UVSPEPOL Project) // Космічна наука і технологія. Додаток до журн.—1997.—3, № 5/6.
- Kizyun L. M., Kirichenko A. G., Rudenko S. P., Demchuk M. I., Klimik V. U., Kudak K. A., Matso G. M., Starodubtseva O. E. Catalogue GOCKU96 of positions and orbital elements of geosynchronous space objects observed in 1996 // Космічна наука і технологія. Додаток до журн.—1998.—4, № 1.

1995.—1, № 1

- В. П. Горбулін, А. П. Завалишин, О. О. Негода, Я. С. Яцків* 7 *V. P. Gorbulin, A. P. Zavalishyn, O. O. Negoda, and Ya. S. Yatskiv* On the state space program of Ukraine
- Про державну космічну програму України 8
- Про державну космічну програму України 8
- С. Н. Конохов* 12 *S. N. Konyukhov* Scientific and technological trends in designing spacecraft in the M. K. Yangel' Yuzhnoe Design Office
- Научно-технические направления разработок космических аппаратов КБ «Южное» им. М. К. Янгеля
- Я. Е. Айзенберг* 35 *Ya. E. Aizenberg* Concept of developing control system for automatic spacecraft of "Spectr" series
- Концепция построения системы управления АКА серии «Спектр»
- Р. Е. Гершберг, А. М. Зверева, П. П. Петров, В. И. Проник, Н. В. Штешенко* 47 *R. E. Gershberg, A. M. Zvereva, P. P. Petrov, V. I. Pronik, and N. V. Steshenko* The "Spectrum-UV" space project
- Проект космического эксперимента «Спектр-УФ»
- В. В. Абраимов, Н. Н. Агашкова, Л. Боне, И. В. Будняк, Н. И. Величко, А. В. Кревсун, В. И. Костенко, Ф. Лура, А. М. Маркус* 57 *V. V. Abraimov, N. N. Agashkova, L. Bohne, I. V. Budnyak, N. I. Velichko, A. V. Krevsun, V. I. Kostenko, F. Lura, and A. M. Markus* Complex investigations of physical and mechanical properties of light-absorbing coating materials of the Mars-96 and Regata space vehicles under the influence of outer space factors
- Комплексные исследования физико-механических свойств материалов светопоглощающих покрытий космических аппаратов проектов «Марс-96» и «Регата» под воздействием факторов космического пространства
- А. А. Жалило, П. А. Кот, И. Н. Минервин, И. Г. Ноздрин, В. В. Пискорж, Л. П. Рофварг* 69 *A. A. Zhalilo, P. A. Kot, I. N. Minervin, I. G. Nozdrin, V. V. Piskorz, and L. P. Rofvarg* Space vehicle navigation by means of GLONASS and NAVSTAR GPS signals
- Навигация космических аппаратов по сигналам космических навигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR
- А. И. Кривоносов, А. А. Кулаков, Н. К. Байда, В. С. Харченко, Н. П. Благодарный* 74 *A. I. Krivonosov, A. A. Kulakov, N. K. Baida, V. S. Kharchenko, and N. P. Blagodarny* Structure algorithm organization and reliability models of reserved systems
- Структурно-алгоритмическая организация и модели надежности мажоритарно-резервированных систем
- С. И. Бондаренко, А. М. Кислов* 80 *S. I. Bondarenko and A. M. Kislov* Cryogenics in space research: Developments of B. Verkin Institute for low-temperature physics and engineering of National Academy of Sciences of Ukraine
- Криогенная техника в космических исследованиях: разработки ФТИНТ НАН Украины
- М. Я. Коцаренко, В. Є. Корепанов, В. М. Івченко* 96 *N. Ya. Kotsarenko, V. E. Korepanov, and V. N. Ivchenko* Investigations of the ionospheric precursors of earthquakes project "Poperedzhennya"
- Дослідження іоносферних провісників землетрусів (експеримент «Попередження»)
- НАШІ АВТОРИ 117 OUR AUTHORS

1995.—1, № 2-6

- Мороженко О. В., Сосонкін М. Г., Шаврина А. В., Іванов Ю. С.* 3 *Morozhenko O. V., Sosonkin M. G., Shavrina A. V., and Ivanov Yu. S.* Problems in the remote monitoring of global variations in the Earth atmosphere gas components
- Проблеми дистанційного моніторингу глобальних змін газової складової земної атмосфери
- Пискорж В. В., Кирилюк В. М., Верещак А. П.* 18 *Piskorz V. V., Kirilyuk V. M., and Vereshchak A. P.* Radiometric aperture synthesis system for remote sensing of Earth's natural resources from space. I. Potentialities
- Радиометрические системы с синтезированием апертуры для исследования природных ресурсов Земли из космоса. I. Потенциальные возможности
- Пискорж В. В., Кирилюк В. М., Верещак А. П.* 27 *Piskorz V. V., Kirilyuk V. M., and Vereshchak A. P.* Radiometric aperture synthesis system for remote sensing of Earth's natural resources from space. II. Digital processing of signals
- Радиометрические системы с синтезированием апертуры для исследования природных ресурсов Земли из космоса. II. Цифровая обработка сигналов
- Абраимов В. В., Лура Ф., Боне Л., Величко Н. И., Маркус А. М., Агашкова Н. Н., Мирзоева Л. А.* 39 *Abraimov V. V., Lura F., Bohne L., Velichko N. I., Markus A. M., Agashkova N. N., and Mirzoeva L. A.* Investigation of the blistering and flecking effects materials of outer space factors on space optics
- Исследование явлений блистеринга и флеккинга в материалах космической оптики под воздействием факторов космического пространства
- Боднарчук Р. В., Негода А. А., Новиков А. В.* 55 *Bodnarchuk R. V., Negoda A. A., and Novikov A. V.* Investigation of some features of flight dynamics and the cause of scattering of launching-vehicle separating parts
- Исследование особенностей динамики полета и причин рассеивания отделяющихся частей ракет-носителей
- Ситало В. Г., Литвишко Т. Н., Гупал А. М., Цветков А. М.* 60 *Sitalo V. G., Litvishko T. N., Gupal A. M., and Tsvetkov A. M.* Expert system for creation and optimization of aerospace materials
- Экспертная система разработки и оптимизации состава материалов для космической техники
- Юхимук А. К., Юхимук В. А., Фалько О. Г.* 65 *Yukhimuk A. K., Yukhimuk V. A., and Fal'ko O. G.* Nonlinear mechanism of electromagnetic radiation generation in cosmic plasmas
- Нелинейный механизм электромагнитного излучения в космической плазме
- Карачун В. В., Лозовик В. Г.* 72 *Karachun V. V. and Lozovik V. G.* On the impact of acoustic radiation on the dynamics of sensitive elements in gyro stabilized platforms
- О влиянии акустического излучения на динамику чувствительных элементов гиросtabilизированных платформ
- 87

<i>Абраимов В. В., Негода А. А., Завалишин А. П., Кольбаев Л. К.</i> Комплексная имитация факторов космического пространства	76	<i>Abraimov V. V., Negoda A. A., Zavalishin A. P., and Kolybaev L. K.</i> Complex imitation of outer space factors	76
РЕФЕРАТИ (англійською мовою)	81	ABSTRACTS	81
НАШІ АВТОРИ	84	OUR AUTHORS	84
НОВИНИ КОСМІЧНИХ АГЕНТСТВ СВІТУ	89	NEWS FROM SPACE AGENCIES	89
ПЕРІОДИЧНІ ВИДАННЯ З КОСМІЧНОЇ ТЕМАТИКИ	91	PERIODICALS ON THE SPACE SUBJECT MATTER	91

1996.—2, № 1/2

<i>Кислюк В. С., Шкуратов Ю. Г., Яцків Я. С.</i> Космічні дослідження Місяця: задачі, можливості і перспективи української науки і техніки	3	<i>Kyslyuk V. S., Shkuratov Yu. G., and Yatskiv Ya. S.</i> Exploration of the Moon from space: tasks, potentialities, and prospects of the Ukrainian science and engineering	3
<i>Немошкаленко В. В.</i> Дослідження місячного реголіту	16	<i>Nemoshkalenko V. V.</i> Investigation of the lunar regolith	16
<i>Шкуратов Ю. Г., Станкевич Д. Г., Корниенко Ю. В., Качанов А. С., Сербин В. И.</i> Предложения по проведению экспериментов «Янус» на лунном полярном спутнике	24	<i>Shkuratov Yu. G., Stankevych D. G., Kornienko Yu. V., Kachanov A. S., and Serbin V. I.</i> Proposals on the experiments “Janus” on board a lunar polar satellite	24
<i>Зверева А. М.</i> Измерения яркости неба с поверхности Луны на аппарате «Луноход-2» (эксперимент Крымской астрофизической обсерватории)	31	<i>Zvereva A. M.</i> Sky brightness measurements made by the “Lunokhod-2” apparatus from the lunar surface (a Crimean Astrophysical Observatory experiment)	31
<i>Костык Р. И., Кесельман И. Г., Осипов С. Н., Лебедев Н. И., Ораевский В. Н., Жугжда Ю. Д., Копяев И. Н.</i> Гелиосейсмологический эксперимент КОРОНАС—ДИФОС	34	<i>Kostyk R. I., Keselman I. G., Osypov S. N., Lebediev N. I., Oraevskiy V. N., Zhugzhda Y. D., Kopyaev I. M.</i> Helioseismological CORONAS—DIFOS experiment	34
<i>Пискорж В. В., Кирилюк В. М., Верещак А. П.</i> Радиометрические системы с синтезированием апертуры для исследования природных ресурсов земли из космоса. III. Метрологический анализ	41	<i>Piskorz V. V., Kyryliuk V. M., and Vereschak A. P.</i> Radiometric aperture synthesis system for remote sensing of Earth’s natural resources from space. III. Metrological analysis	41
<i>Кононов В. И., Федоровский А. Д.</i> Обоснование методики оценки эффективности космических оптических систем дистанционного зондирования Земли	53	<i>Kononov V. I. and Fedorovskiy A. D.</i> Technique for estimating the efficiency of space optical systems for the exploration of the Earth from outer space	53
<i>Зиятдинов Ю. К.</i> Методы определения оптимальных проектных параметров сложных технических систем при наличии ограничений	57	<i>Ziatdinov Yu. K.</i> Methods for determining optimum design parameters of compound technical systems with restrictions imposed	57
<i>Зиятдинов Ю. К.</i> Метод формирования множества паретооптимальных обликов сложных технических систем	62	<i>Ziatdinov Yu. K.</i> A method for forming a set of Pareto-optimum structural parameters of compound technical systems	62
<i>Карачун В. В., Колосов В. Н.</i> Влияние внешнего акустического излучения на возникновение волновых процессов в многофазных механических структурах бортовой аппаратуры	68	<i>Karachun V. V. and Kolosov V. N.</i> The influence of an external acoustic emission on wave processes arising in multiphase mechanical structures on board spacecraft	68
<i>Присняков В. Ф.</i> К вопросу о деградации солнечных батарей на космических аппаратах	73	<i>Prisniakov V. F.</i> On the degradation of solar batteries aboard space vehicles	73
<i>Присняков В. Ф.</i> О критериях оценки массовых и стоимостных характеристик космических фотопреобразователей	82	<i>Prisniakov V. F.</i> On criteria for estimating the mass and cost characteristics of photoconverters used in space vehicles	82
<i>Патон Б. Е., Лобанов Л. М., Пивторак В. А.</i> Из опыта ИЭС им. Е. О. Патона использования голографической диагностики качества элементов сварочных конструкций эксплуатируемых в условиях космоса	87	<i>Paton B. Ye., Lobanov L. M., and Pivtorak V. A.</i> Some experience gained by the E. O. Paton electric welding institute in the application of holographic diagnostics of quality of welded structure elements employed under the outer space conditions	87
<i>Савостянов О. М., Емец В. В., Ермаков В. Ю.</i> Дослідження фрагментів магніторідинного гермовіброзахисту великогабаритних конструкцій	99	<i>Savostianov O. M., Yemetz V. V., and Yermakov V. Yu.</i> Investigation of fragments of a ferrofluid hermetic-vibration protection device for large-sized constructions	99
НАШІ АВТОРИ	108	OUR AUTHORS	108
КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ	114	NOTES	114
Калмиков Анатолий Иванович	115		115
ПАМ’ЯТКА ДЛЯ АВТОРА	116		116

1996.—2, № 3/4

<i>Яцків Я. С.</i> Космічні дослідження планети Марс на рубежі тисячоліть	5	<i>Yatskiv Ya. S.</i> Space research of the planet Mars at the turn of millennium	5
<i>Корепанов В. С., Климов С. И., Тарасов В. Г., Червінка О. О.</i> Хвильовий плазмовий експеримент в проєкті «Марс-96»	10	<i>Korepanov V. Ye., Klymov S. I., Tarasov V. G., and Chervinka O. O.</i> “Mars-96”: Plasma wave complex	10
<i>Брунс А. В.</i> Измерение осцилляций яркости Солнца в проєкте «Марс-96» (эксперимент СОЯ)	18	<i>Brun A. V.</i> Measurement of brightness oscillations on the sun on board “Mars-96” spacecraft (SOYA experiment)	18
<i>Тарасов В. Г.</i> До питання про уповільнення сонячного вітру поблизу Марса	24	<i>Tarasov V. H.</i> On the problem of solar wind deceleration near Mars	24
<i>Парусимов В. Г., Островский Д. Е., Дудник Т. Б., Станкевич Д. Г.</i> Экспертная система сбора и экспресс-анализа наземных наблюдений «Марс-96»	29	<i>Parusimov V. G., Ostrowskij D. E., Dudnik T. B., and Stankevich D. G.</i> An expert system for collection and express analysis of the ground-based observations of “Mars-96”	29

- Корепанов В. С., Климов С. І., Романов С. О.* Дослідження плазмових хвиль в експерименті «Інтербол» 34
- Юхимук А. К., Фалько О. Г., Юхимук В. А., Кучеренко В. П., Федун В. Н.* Нелинейное взаимодействие альвеновских и ионно-звуковых волн в магнитоактивной плазме 44
- Перерва В. М., Лялько В. И., Филиппович В. Е., Шпак П. Ф.* Информация ИСЗ «Сич-1» в решении актуальных проблем нефтегазовой геологии 49
- Карачун В. В., Гнатейко Н. В.* Волновые процессы в механических системах космического аппарата под влиянием акустического излучения 55
- Карачун В. В.* Прохождение волны избыточного давления через многофазную механическую структуру 58
- Роффарг Л. П., Пискорж В. В.* О процедуре ускоренного поиска сигналов спутниковых радионавигационных систем 62
- Брикер В. В., Литвинов В. С., Негода А. А., Новиков А. В.* Методология и результаты анализа точности выведения космических аппаратов ракетой-носителем «Зенит» 66
- Прохоренко В. И.* Предельная точность лазерной локации искусственных спутников Земли 70
- Колобродов В. Г.* Проектирование оптической системы ПЗС-камеры космического базирования 82
- Горностаев Г. Ф.* Волоконно-оптические датчики и перспективы их использования в космической программе Украины 88
- Krishnamurthy S.* Space Technology for National Development India's Example 95
- Кавелин С. С.* Главное дело жизни 102
- НАШИ АВТОРИ 105
- ПАМ'ЯТКА ДЛЯ АВТОРА 112
- Korepanov V. Ye., Klymov S. I., and Romanov S. O.* Plasma wave investigations in the "Interball" experiment 34
- Yukhimuk A. K., Fal'ko O. G., Yukhimuk V. A., Kucherenko V. P., and Fedun V. N.* Nonlinear interaction of Alfvén waves and ionic acoustic waves in a magnetized plasma 44
- Pererva V. M., Lyal'ko B. I., Filippovich V. E., and Shpak P. F.* Information from the "Sich-1" satellite used in solving actual problems in the oil-gas geology 49
- Karatchun V. V. and Gnateiko N. V.* Wave processes in spacecraft mechanical systems under the influence of acoustic emission 55
- Karatchun V. V.* Passage of a redundancy pressure wave through a multiphase mechanical structure 58
- Rofvarg L. P. and Piskorz V. V.* On a procedure for quick search of GPS signals 62
- Briker V. V., Litvinov V. S., Negoda A. A., and Novikov A. V.* Methodology and results of analysing the accuracy of sc injection by the "Zenit" launch vehicle 66
- Prokhorenko V. I.* The limit accuracy of laser ranging of Earth artificial satellites 70
- Kolobrodov V. G.* Designing the optical system of a satellite-borne CCD-camera 82
- Gornostaev G. F.* Fiber-optics sensors and prospects for their application in the space programme of Ukraine 88
- Krishnamurthy S.* Cosmic technique and national development — example of India 95
- Kavelin S. S. V. M. Kovtunenکو: His life-work 102*
- OUR AUTHORS 105
- 112

1996.—2, № 5/6

- Закон України «ПРО КОСМІЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ» 3
- Беглий О. В.* Закон України «Про космічну діяльність» і витoki національного космічного права 13
- Лебедев Д. В., Ткаченко А. И., Штепа Ю. Н.* Магнитная система управления угловым движением микроспутника 17
- Волохов С. А., Кильдишев А. В.* Измерительные контуры и селективные функции для определения тессеральных мультиполей интегральным преобразованием магнитных сигнатур 26
- Карачун В. В.* Об одномерных механических колебаниях тела под действием акустического излучения 31
- Карачун В. В.* О перемещении деформируемого тела в акустической среде 34
- Стрыжало В. А., Скрипник Ю. Д.* Методика испытаний конструкционных материалов на циклическую прочность в условиях околоземного космического пространства 38
- Леонов М. А.* Бортовой прискорювач електронів на накопичувачах-ємностях: основні співвідношення та оцінки 46
- Курекин А. А., Лукин В. В., Зеленский А. А.* Применение методов векторной медианной фильтрации при обработке многоканальных радиолокационных данных дистанционного зондирования 53
- Горбенко И. Д., Стасев Ю. В.* Безопасность информации в космических системах связи и управления 64
- Стасев Ю. В., Пастухов Н. В.* Алгоритм синтеза и свойства ортогональных систем сигналов 69
- Куликов С. П.* Алгоритм синтеза радионавигационной системы наблюдения космического базирования для однократного обзора поверхности Земли 74
- Шкуратов Ю. Г., Кайдаш В. Г., Опанасенко Н. В., Станкевич Д. Г., Евсюков Н. Н., Парусимов В. Г.* Возможность прогнозирования состава лунной поверхности по данным оптических измерений 78
- Федоренко А. К., Івченко В. М.* Інфрачервоні молекулярні емісії в лімбових спостереженнях верхньої атмосфери Землі (огляд) 89
- The Ukrainian law "ON SPACE ACTIVITIES" 3
- Beglyi O. V.* The Ukrainian law "On Space Activities" and sources of the national space law 13
- Lebedev D. V., Tkachenko A. I., and Shtepa Yu. N.* Magnetic system for controlling the angular motion of a micro-satellite 17
- Volkhov S. A. and Kil'dishev A. V.* Measuring loops and selective functions for tesseral multipole determination by integral transforms of magnetic signatures 26
- Karachun V. V.* On the univariate mechanical oscillations of a body under the influence of acoustic emission 31
- Karachun V. V.* On the motion of a strained body in an acoustic medium 34
- Stryzhalo V. A. and Skrypnik Yu. D.* Technique for testing construction materials for the cyclic strength under the outer space conditions 38
- Leonov M. A.* The on-board electron accelerator with a capacitance storage: main correlations and estimations 46
- Kurekin A. A., Lukin V. V., and Zelenskii A. A.* Application of vector median filtering methods to multichannel remote sensing radar data processing 53
- Gorbenko I. D. and Stasev Yu. V.* Information security in space communication and control systems 64
- Stasev Yu. V. and Pastukhov N. V.* Algorithm for the synthesis of orthogonal systems of signals and their properties 69
- Kulikov S. P.* Algorithm for the synthesis of a space-based radio-navigational observation system for a single survey of the Earth surface 74
- Shkuratov Yu. G., Kaidash V. G., Opanasenko N. V., Stankevich D. G., Evsyukov N. N., and Parusimov V. G.* A Possibility of prognosticating the lunar surface composition prediction from optical measurement data 78
- Fedorenko A. K. and Ivchenko V. M.* Infrared molecular emission in limb sounding investigation of the upper Earth atmosphere: a review 89

Гвченко М. В., Бленці Я. Генерація іонно-циклотронних хвиль в подіях перенесення потоку	97	<i>Ivchenko M. V. and Blecki J.</i> Generation of ion-cyclotron waves in flux transfer events
Федоровський А. Д., Сиренко Л. А., Звенигородський Э. Л., Іванова І. Ю., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г. Оцінка екологічного стану водойм з використанням космічної інформації	103	<i>Fedorovskii A. D., Sirenko L. A., Zvenigorodskii E. L., Ivanova I. Yu., Sukhanov K. Yu., and Yakimchuk V. G.</i> Assessing the ecological state of water bodies with the use of information from space apparatuses
НАШІ АВТОРИ	107	OUR AUTHORS
КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ	112	NOTES

1997.—3, № 1/2

Указ Президента України	3	Decree of the President of Ukraine
Величко О. М., Макаренко Б. І., Камінський В. Ю., Качесв Б. Л., Сафронов Ю. І., Сидоренко Г. С., Яцків Я. С. Державна служба єдиного часу і еталонних частот — необхідний елемент розвитку наземної космічної інфраструктури України	7	<i>Velychko O. M., Makarenko B. I., Kaminskii V. Yu., Kashcheyev B. L., Safronov Yu. I., Sydorenko H. S., Yatskiv Ya. S.</i> The state service of the unified time and standard frequencies — the necessary element of development of ground-based space infrastructure of Ukraine
Зувєв В. Е., Балін Ю. С., Тихомиров А. А., Знаменський І. В., Мельников В. Е. Лазерне зондирование Земли из космоса. I. Російський лідар космічного базирования БАЛКАН	16	<i>Zuev V. E., Balin Yu. S., Tikhomirov A. A., Znamenskii I. V., and Mel'nikov V. E.</i> Remote laser sensing of the Earth from space. I. The Russian spaceborne BALKAN lidar
Балін Ю. С., Тихомиров А. А. Лазерне зондирование Земли из космоса. II. Методологічні основи лідарних вимірювань з борту орбітальної станції	26	<i>Balin Yu. S., Tikhomirov A. A.</i> Remote laser sensing of the Earth from space. II. Methodological aspects of lidar measurements aboard an orbiting station
Кузнєцова В. Г., Максимчук В. Ю., Городиський Ю. М., Сєдова Ф. І. Комплекс наземних спостережень для вивчення аномальних електромагнітних явищ, пов'язаних із землетрусами	34	<i>Kuznietsova V. G., Maksymchuk V. Yu., Horodys'kii Yu. M., and Siedova F. I.</i> Ground-based observations for studying anomalous electromagnetic phenomena related to earthquakes
Евсюков Н. Н. Особенности геологии планет разного состава	43	<i>Evsyukov N. N.</i> Geological peculiarities of planets of different composition
Айзенберг Я. Е., Бек А. В., Златкин Ю. М., Каменев В. П., Конорев Б. М., Щербаченко В. Т. Динамическая отработка программного обеспечения бортовых цифровых вычислительных машин систем управления объектов ракетно-космической техники	61	<i>Aiseberg Ya. E., Bek A. V., Zlatkin Yu. M., Kamenev V. P., Konorev B. M., and Shcherbachenko V. T.</i> Dynamic testing of on-board embedded computer software of missile and spacecraft control system
Уруський О. С. Многокритериальный синтез управления процессом выведения авиационно-космических систем на орбиту	75	<i>Uruskii O. S.</i> Multicriteria synthesis of the management of the injection of an aircraft-space system into the orbit
Буданов О. В., Просвірнин С. Л. Осесимметричное возбуждение сферического сегмента импульсным диполем	78	<i>Budanov O. V. and Prosvirnin S. L.</i> Axisymmetric excitation of spherical segment by an impulse dipole
Стасев Ю. В., Горбенко І. Д., Пастухов Н. В. Аутентификация в космических системах связи и управления с множественным доступом	83	<i>Stasev Yu. V., Gorbenko I. D., and Pastukhov N. V.</i> Authentication in space system communication and control with numerous access
Переверзев Е. С. Проблема подтверждения ресурсных характеристик комплектующих систем космических аппаратов с длительными сроками функционирования	87	<i>Pereverzev E. S.</i> Problem on the confirmation of characteristic life for space vehicle component systems of a long-term functioning
Беглий О. В. Так починалось міжнародне космічне право	92	<i>Bieglyi O. V.</i> This is how the international space law came
ХРОНІКА	101	NEWS
Пилипенко В. В. Конюхову Станіславу Николаевичу — генеральному конструктору ГКБ «Южное», академіку НАН України — 60 лет	103	<i>Pilipenko V. V.</i> 60th birthday of Stanislav Nikolaevich Konyukhov, the principal designer of the design office Pivdenne, Member of the National Academy of Science of Ukraine
НАШІ АВТОРИ	105	OUR AUTHORS
ПАМ'ЯТКА ДЛЯ АВТОРА	112	

1997.—3, № 3/4

Укази Президента України	3	Decrees of the President of Ukraine
Кордюм Є. Л. Космічна біологія: сучасний стан в світі та України	5	<i>Kordyum E. L.</i> Space biology: Current status in the World and in Ukraine
Фролькіс В. В., Мурадян Х. К., Тимченко А. Н., Мозжухина Т. Г. Влияние гипергравитационного стресса на интенсивности газообмена, биосинтеза РНК и белка, терморегуляцию и выживаемость у животных разных видов	16	<i>Frol'kis V. V., Muradian Kh. K., Timchenko F. N., Mozzhukhina T. G.</i> Effects of hypergravity stress on intensities of gaseous exchange, rna and protein synthesis, thermoregulation, and survival of animals of different species
Гвоздяк Р. І., Коробко О. П., Азімцев О. Г. Бактеріальне ураження огірків в умовах космічного польоту	22	<i>Gvozdiak R. I., Korobko A. P., Azimtscev A. G.</i> Bacterial disease of cucumbers in space-flight conditions
Фролькіс В. В., Мурадян Х. К., Тимченко А. Н., Жеребицька Е. І., Лимарева А. А. Геропротекторы как гравипротекторы?	28	<i>Frol'kis V. V., Muradian Kh. K., Timchenko A. N., Zherebitskaia E. I., Limareva A. A.</i> Geroprotectors as graviprotectors?

- Демків О. Т., Хоркавців Я. Д., Кардаш О. Р., Чабан Х. І. Гравітчувлива протонема моху — модельний об'єкт космічної біології 34
- Лялько В. І., Федоровський О. Д., Сіренко Л. Я., Рябоконеко О. Д., Костюченко Ю. В., Якимчук В. Г. Використання космічної інформації у вирішенні водогосподарських і водохоронних завдань 40
- Федоровский А. Д., Кононов В. И., Суханов К. Ю. Обоснование методики внешнего контроля космической оптической аппаратуры дистанционного зондирования земной поверхности 50
- Лялько В. И., Сахацкий А. И., Ходоровский А. Я. Интеркалибровка разновременных многозональных космических снимков для экологического мониторинга (на примере исследований зоны влияния аварии на ЧАЭС) 54
- Шкуратов Ю. Г., Кайдаш В. Г., Опанасенко Н. В., Станкевич Д. Г., Парусимов В. Г. Прогноз содержания железа и титана в лунном реголите для сопоставления с данными КА «Лунар Проспектор» 59
- Патон Б. Е., Лапчинский В. Ф., Михайловская Е. С., Гордонная А. А., Сладкова В. Н., Шулым В. Ф., Незнамова Л. О. Некоторые особенности формирования серебряных покрытий в различных гравитационных условиях 71
- Беляева А. И., Камышова И. В. Анализ физических моделей влияния иллюминатора криогенной экспериментальной камеры на деформацию волнового фронта 76
- Карачун В. В. Механизм прохождения акустической волны через плоскопараллельные элементы конструкции носителей 86
- Гуляев В. И., Завражина Т. В. Динамика пространственных движений космического упругого робота-манипулятора 90
- Куликов С. П. Об использовании радионавигационных систем наблюдения космического базирования при летных испытаниях элементов авиационных космических ракетных комплексов 96
- Малюта Ю. М., Губарев В. Ф., Аксенов Н. Н., Обиход Т. В. Катализ протонного распада в теории суперструн 101
- Зотов В. Г. Формализация дискретных рекурсивных корректирующих алгоритмов с моделью для машинного синтеза 103
- НОВИНИ КОСМІЧНИХ АГЕНТСТВ СВІТУ 105
- НАШІ АВТОРИ 108
- Demkiv O. T., Khorkavtsiv Ya. D., Kardash O. R., Chaban Kh. I. Gravity sensitive moss protonema — a model object of the space biology 34
- Lial'ko V. I., Fedorovskii O. D., Sirenko L. Ya., Riabokonenko O. D., Kostiuchenko Yu. V., Yakymchuk V. H. Using the space information for solving the problems of water management and water guard 40
- Fedorovskii A. D., Kononov V. I., Sukhanov K. Yu. Basis for the technique of the external control of the optical equipment for the remote sounding of the Earth surface 50
- Lial'ko V. I., Sakhatskii A. I., Khodorovskii A. Ja. Intercalibration of multitemporal multispectral space images for the ecological monitoring (by the example of the Chernobyl disaster area) 54
- Shkuratov Yu. G., Kajidash V. G., Opanasenko N. V., Stankevich D. G., Parusimov V. G. Prognosis of iron and titanium distributions on the Lunar surface for comparison with the «Lunar Prospector» data 59
- Paton B. E., Lapchinskii V. F., Mikhailovskaia E. S., Gordonnaia A. A., Sladkova V. N., Shulyim V. F., Neznamova L. O. Some peculiarities of formation of silver coatings under various gravitation conditions 71
- Beliaeva A. I., Kamyshova I. V. Analysis of physical models for the effect of the cryogenic camera window on wave front deformation 76
- Karachun V. V. Mechanism of the propagation of acoustic waves through parallel-plate elements of carrier vehicle structures 86
- Gouliaev V. I., Zavrazhina T. V. Dynamics of space elastic robot-manipulator 90
- Kulikov S. P. On the use of space-based radio navigational observation systems in flight tests of aerospace rocket system elements 96
- Malyuta Yu. M., Gubarev V. F., Aksenov N. N., Obikhod T. V. Catalysis of proton decay in superstring theory 101
- Zotov V. G. Formalization of linear discrete recursive correction algorithms with a model for machine synthesis 103
- NEWS FROM SPACE AGENCIES 105
- OUR AUTHORS 108

1997.—3, № 5/6

- Визначна подія в українсько-американському космічному співробітництві 3
- Указ Президента України 5
- Беглий О. В., Кудрявченко О. В., Передерій Р. В. Правові проблеми сприяння інвестиціям в космічній галузі України 10
- Алпатов А. П., Драновский В. И., Закржевский А. Е., Пироженко А. В., Хорошилов В. С. Космические тросовые системы. Обзор проблемы 21
- Авдеев В. В. Оцінка деформації структури супутник—субсупутник під впливом опору атмосфери 30
- Ащепкова Н. С., Шептун Ю. Д. Математическая модель движения космического аппарата с манипулятором 34
- Алпатов А. П., Науменко Р. Н. Оптимизация конструкции геостационарного космического аппарата, содержащего два элемента большой парусности 43
- Фроленко В. М. Методика комплексного дешифрування зональних аерокосмічних знімків з використанням оптичного приладу синтезу 47
- Колобродов В. Г. О пространственном разрешении космических ИК-систем дистанционного зондирования Земли 55
- Войнов О. А. Почвенный мониторинг как элемент системы-подспутниковых полигонных исследований 60
- Пилипенко В. В. Техническая механика в ракетно-космических исследованиях: разработки ИТМ НАН и НКА Украины 65
- Outstanding event in the Ukrainian-American co-operation 3
- Decree of the President of Ukraine 5
- O. Bieglyi, O. Kudriavchenko, R. Perederii Law problems in the promotion of investments in the space industry and research in Ukraine 10
- Alpatov A. P., Dranovskii V. I., Zakrzhevskii A. E., Pirozhenko A. V., Khoroshilov V. S. Tethered satellite systems. Review of the problem 21
- Avdeev V. V. Estimating the distortion of satellite — subsatellite structure under aerodynamic drag 30
- Ashchepkova N. S., Sheptun Yu. D. Mathematical model of the motion of a space vehicle with a manipulator 34
- Alpatov A. P., Naumenko R. N. Optimization of geostationary spacecraft design with two elements of large size-to-mass ratio 43
- Frolenko V. M. Synthesis technique for complex interpretation of zonal aerospace images with the use of an optical device 47
- Kolobrodov V. G. About spatial resolution of infrared systems for earth observations 55
- Voinov O. A. Monitoring of soils within the scope of space research of testing areas 60
- Pilipenko V. V. Industrial mechanics in the space rocket research: Developments of the Institute of Industrial Mechanics of the NAS Ukraine and the National Space Agency of Ukraine 65

- Леонов М. А.* Бортовой прискорювач електронів на накопичувачах-ємностях: особливості
Карачун В. В. Двумерная задача упругого взаимодействия акустического излучения маршевых двигателей с плоскими элементами конструкции КА
Потапова Е. Р. О механизме взаимодействия акустического излучения с плоскими элементами конструкции
Стасев Ю. В., Горбенко И. Д., Макаренко Б. И., Ивашкин А. В., Воронов, Д. Н. Применение сложных сигналов в командно-телеметрических радиоприемниках
Харченко В. С. Выбор технологии проектирования и базовых архитектур дефектоустойчивых цифровых управляющих и вычислительных систем реального времени
Белов Д. Г. Формирование полетной программы работы космического аппарата при наличии электроэнергетических ограничений
- НАШІ АВТОРИ
 НОВИНИ КОСМІЧНИХ АГЕНТСТВ СВІТУ
- 84 *Leonov M. A.* Onboard electron accelerator with the capacitance storage: peculiarities
 92 *Karachun V. V.* Two-dimensional problem on the elastic interaction of the acoustic radiation from sustained engines with plate elements of space vehicle construction
 98 *Potapova E. R.* On a mechanism of interaction of acoustic emission with flat construction elements
 104 *Stasev U. V., Gorbenko I. D., Makarenko B. I., Ivashkin A. V., Voronov D. N.* Complex signals in command radio telemetering
 109 *Kharchenko V. S.* Choice of design technologies and basic architectures for the defect-tolerant digital control and computing real-time systems
 120 *Belov D. G.* Forming the program of spacecraft operation under electric power constraints
- 127 OUR AUTHORS
 132 NEWS FROM SPACE AGENCIES

1998.—4, № 1

- Фроленко В. М.* Оптимізація вибору спектрального діапазону дистанційного спостереження ландшафту
Федоренко А. К., Івченко В. М. Молекулярна емісія NO $\lambda = 5.3$ мкм у верхній атмосфері Землі як можливий провісник землетрусів
Колобродов В. Г., Шустер Н. К выбору параметров оптико-электронной системы космического инфракрасного сканера
Балин Ю. С., Самойлова С. В., Тихомиров А. А. Лазерное зондирование Земли из космоса. III. Результаты космических экспериментов по зондированию подстилающей поверхности и облаков лидаром «Балкан»
Колобродов В. Г., Бородийчук П. В., Микитенко В. И. Оптические системы видеоспектрометров дистанционного зондирования Земли
Федоровский А. Д., Гриневетский В. Т., Костиюченко Ю. В., Кувшинов А. Ю. Ландшафтоведческий подход при дешифрировании космических снимков
Шкуратов Ю. Г., Бондаренко Н. В., Качанов А. С. Задачи лунного полярного спутника после КА «Клементина»
Шкуратов Ю. Г., Креславский М. А., Овчаренко А. А., Муинонен К., Пийронен Й., Картунен Х. Диагностичность исследований оппозиционного эффекта по космическим изображениям
Черняк Н. Г., Коваленко Т. В. Проектирование акустоэлектронных тензопреобразователей для мембранных чувствительных элементов датчиков давления
Айзенберг Я. Е., Батаев В. А., Кузьмин А. И. Высокоточная система стабилизации ракеты-носителя асимметричной конфигурации с учетом возможности отказа одного двигателя
Шабохин В. А. Экспериментальные результаты определения аэродинамических характеристик спутников в свободномолекулярном потоке газа
Карачун В. В., Петрик А. В. О специфике работы наземных испытательных комплексов при определении акустической устойчивости конструкции КА
Завражина Т. В., Завражина Н. М. Исследование динамики быстродействующего упругого кинематически управляемого робота-манипулятора
Делямуре В. П., Храмов Д. А. Математическая модель динамики большой космической конструкции
Иванова Г. А., Макарова А. С., Завелион В. И., Кострицын О. Ю. Алгоритм глобального теплового расчета систем терморегулирования космических аппаратов
Макарова А. С., Иванова Г. А., Завелион В. И. Некоторые аспекты моделирования систем термостатирования космических аппаратов
- 3 *Frolenko V. M.* Monochromatic single-channel colour optimization of choosing a spectral zone for remote sensing of a landscape
 9 *Fedorenko A. K., Ivchenko V. N.* Molecular NO emission at $\lambda = 5.3 \mu\text{M}$ in the upper atmosphere as a possible earthquake precursor
 17 *Kolobrodov V. G. and Schuster N.* Choosing the parameters of optical electronics system for an infrared scanner
 22 *Balin Yu. S., Samoilova S. V., Tikhomirov A. A.* Remote laser sensing of the Earth from space. III. Some results of the sounding of the Earth surface and cloud fields by the lidar Balkan
 29 *Kolobrodov V. G., Borodiichuk P. V., Mikitenko V. I.* Optical systems of imaging spectrometers for the remote sensing of the Earth
 39 *Fedorovskiy A. D., Grinevetzkiy V. T., Kostiuhenko Yu. V., Kuvshinov A. Yu.* Landscape-investigation approach in decoding space images
 46 *Shkuratov Yu. G., Bondarenko N. V., Kachanov A. S.* Objectives for a Lunar polar spacecraft after the «Clementine» mission
 54 *Shkuratov Yu. G., Kreslavskiy M. A., Ovcharenko A. A., Muinonen K., Piironen J., Karttunen H.* Opposition effect in the brightness of celestial bodies as a diagnostic factor
 60 *Chernyak M. G., Kovalenko T. V.* Designing acoustic-electric strain-gauge converters for sensitive diaphragm elements
 64 *Aizenberg Ya. Ye., Bataev V. A., Kuzmin A. I.* High accuracy stabilization system of launch vehicle with asymmetric configuration when one engine failure is possible
 68 *Shabokhin V. A.* Experimental results of determining aerodynamic satellite characteristics in free-molecule gas flow
 71 *Karachun V. V., Petrik A. V.* On some peculiarities in the operation of ground complexes when determining the acoustic stability of spacecraft construction
 74 *Zavrzhina T. V., Zavrzhina N. M.* Studying the dynamics of high-speed elastic kinematically controlled robot-manipulator
 83 *Delamoure V. P., Khramov D. A.* Mathematical model of the dynamics of a big space structure
 87 *Ivanova G. A., Makarova A. S., Zavelion V. I., Kostriцыn O. Yu.* Algorithm for global thermal calculations of temperature control systems in space vehicles
 90 *Makarova A. S., Ivanova G. A., Zavelion V. I.* Some aspects of the simulation of temperature control systems for space vehicles

Мазманішвілі А. С., Рафалович О. Я. Численные модели помехоустойчивости для украинских региональных сетей спутниковой связи
Юхимук А. К., Федун В. Н., Юхимук В. А., Фалько О. Г. Генерация электромагнитного излучения с помощью верхнегибридной волны накачки в замагниченной плазме
Юхимук А. К., Федун В. Н., Юхимук В. А., Ивченко В. Н. Параметрическое возбуждение верхнегибридных и кинетических альвеновских волн в магнитоактивной плазме
Гусынин В. П. Авиационно-космическая система «Пегас». Обзор по материалам открытой зарубежной печати за 1988—1996 гг. I. Проект «Pegasus»
Конюхов С. Н. Гавранеку Борису Николаевичу — 60 лет

НАШІ АВТОРИ

92 *Mazmanishvili A. S., Rafalovich O. Ya.* Numerical noise-stability modeling of ukrainian regional satellite communication networks
 102 *Yukhimuk A. K., Fedun V. N., Yukhimuk V. A., Falko O. G.* Generation of electromagnetic radiation by an upper hybrid pumping wave in a magnetized plasma
 108 *Yukhimuk A. K., Fedun V. N., Yukhimuk V. A., Ivchenko V. N.* Parametric excitation of upper hybrid and kinetic alfvén waves in a magnetized plasma
 113 *Gusynin V. P.* Aerospace system «Pegasus». Review based on foreign press materials for 1988—1996. I. Project «Pegasus»
 120 *Konyukhov S. N.* 60th birthday of Gavranek Boris Nikolaevich
 122 OUR AUTHORS

1998.—4, № 2/3

Указ Президента України

Величко О. М., Сафронов Ю. І., Клейман О. С., Соловйов В. С., Ткачук О. О., Яцків Я. С. Державна служба єдиного часу і еталонних частот України: структура і основні засади забезпечення країни високоточною частотно-часовою інформацією

Драновський В. І., Дюняшев В. В., Евдокимов А. П., Ефимов В. Б., Иголкин В. В., Калмыков А. И., Комяк В. А., Крыжановский В. В., Курекин А. С., Левантовский В. Ю., Левда А. С., Рыбин В. В., Салтыков Ю. Д., Фетисов А. Б., Цымбал В. Н., Шило С. А., Яцевич С. Е. Комплекс радиопизической аппаратуры ИСЗ «Січ-1»

Комяк В. А., Левда А. С., Рыбин В. В., Шило С. А., Яцевич С. Е. Сканирующий СВЧ-радиометр РМ-08 ИСЗ «Січ-1»

Ефимов В. Б., Калмыков И. А., Яцевич С. Е. Особенности наблюдения снежного покрова радиолокационной системой бокового обзора ИСЗ «Січ-1»

Яцевич С. Е., Курекин А. С., Уваров В. Н., Левда А. С. Автоматическая внутренняя калибровка радиолокационных систем дистанционного зондирования

Лукин В. В. Цели, методы и алгоритмы локально-адаптивной устойчивой фильтрации радиолокационных изображений
Фроленко В. М. Оптимальные цифровые синтезування зональних аерокосмічних зображень

Войнов О. А. Використання дистанційного зондування для оцінки дії стресових факторів на рослинність

Галинский В. П., Тимошенко В. И. Проблемы научно-методического обеспечения расчета аэродинамики ракет-носителей

Крючков Е. И. Чувствительность гравиинерциальных датчиков

Леонов М. А. Бортовой прискорювач електронів на накопичувачах-ємностях: експеримент Г60С

Карачун В. В., Петрик А. В. Генератор аеродинамічного шуму в наземних іспитальних комплексах КА

Мостовой С. В., Старостенко В. И., Харитонов О. М. Комплекс наземных сейсмопрогностических наблюдений, методов их обработки и анализа совместно с данными космических наблюдений

Верховцева Э. Т., Яременко В. И., Телепнев В. Д. Газоструйный имитатор ВУФ- и УМР-излучения Солнца и воздействие его излучения на материалы

Карачун В. В., Петрик А. В., Гнатейко М. В. Особенности формирования акустического излучения с помощью роторных сирен

Шабохин В. А. Оценка характера взаимодействия свободно-молекулярного потока газа со спутником по экспериментальным данным

4 Decree of the President of Ukraine
 8 *Velychko O. M., Safronov Yu. I., Kleyman O. S., Solovyyov V. S., Tkachuk A. A., and Yatskiv Ya. S.* Ukrainian state service of the united time and standard frequencies: Structure and basic principles for providing the country with high-precision time and frequencys information
 12 *Dranovskiy V. I., Dyunyashhev V. V., Evdokimov A. P., Efimov V. B., Igolkin V. V., Kalmykov A. I., Komyak V. A., Kryzhanovskiy V. V., Kurekin A. S., Levantovskiy V. Yu., Levda A. S., Rybin V. V., Saltykov Yu. D., Fetisov A. B., Tsybmal V. N., Shilo S. A., Yatsevich S. E.* Radiophysical instrumentation complex of the «Sich-1» satellite
 21 *Komyak V. A., Levda A. S., Rybin V. V., Shilo S. A., Yatsevich S. A.* Scanning microwave radiometer RM-08 of the «Sich-1» satellite
 27 *Efimov V. B., Kalmykov I. A., Yatsevich S. E.* Peculiarities of snow cover observations with the side-looking radar of the «Sich-1» satellite
 34 *Yatsevich S. E., Kurekin A. S., Uvarov V. N., Levda A. S.* Automatic internal calibration of remote sensing systems
 39 *Lukin V. V.* Goals, methods, and algorithms of locally-adaptive robust filtering of radar images
 51 *Frolenko V. M.* Optimal digital synthesis of zonal aerospace images
 58 *Voinov O. A.* Use of remote sensing methods for evaluating the action of stress factors on vegetation
 64 *Galinskiy V. P., Timoshenko V. I.* Problems in developing scientific methods for calculating aerodynamic parameters of boost vehicles
 73 *Kryuchkov E. I.* Sensitivity of inertial-gravitational instruments
 78 *Leonov M. A.* Onboard electron accelerator with a capacitance storage: Experiment G60S
 87 *Karachun V. V., Petrik A. V.* Generator of aerodynamic noise in ground complexes for spacecraft testing
 93 *Mostovoy S., Starostenko V., Kharitonov O.* Ground-based observations for predicting seismic events and techniques for their processing and analysis together with the data of ionosphere monitoring from space
 102 *Verkhovtseva E. T., Yaremenko V. I., and Telepnev V. D.* Gas jet simulator of the solar VUV and USX radiation and the effect of its radiation on some materials
 110 *Karachun V. V., Petrik A. V., Hnatejko M. V.* On some peculiarities in the generation of acoustic noise with the help of rotor sirens
 113 *Shabokhin V. A.* Assessing the interaction between free-molecule gas flow and a satellite from experimental data

<i>Макарова А. С., Давыдов С. А., Сорокина Л. А., Давыдова А. В.</i> Моделирование работоспособности средств обеспечения сплошности топлива КА	117	<i>Makarova A. S., Davydov S. A., Sorokina L. A., Davydova A. V.</i> Simulating the efficiency of the means ensuring fuel continuity in space vehicles
<i>Гусынин В. П.</i> Авиационно-космическая система «Пегас». Обзор по материалам открытой зарубежной печати за 1988—1996 гг. II. Характеристики и конструктивные особенности	119	<i>Gusynin V. P.</i> Aerospace system «Pegasus». Review based foreign on materials for 1988—1996. II. Characteristics and construction features
<i>Перерва В. М.</i> Спутниковая информация в изучении флюидо-проводящих структур литосферы	126	<i>Pererva V. M.</i> Space information in the investigation of fluid-conducting lithosphere structures
<i>Лобанов Л. М.</i> Академику Борису Евгеньевичу Патону — 80 лет	133	<i>Lobanov L. M.</i> 80th birthday of Academician Boris Evgenievich Paton
НОВИНИ КОСМІЧНИХ АГЕНТСТВ СВІТУ	135	NEWS FROM SPACE AGENCIES
НАШІ АВТОРИ	139	OUR AUTHORS
ПАМ'ЯТКА ДЛЯ АВТОРА	144	

1998.—4, № 4

<i>В. В. Грицик</i> Інформаційні технології і системи в космічних дослідженнях: стан і перспективи	3	<i>V. V. Hrytsyk</i> Information technologies and systems in space research: State and prospects
<i>К. С. Войчишин, Г. В. Микитин</i> Концептуальні аспекти стандартизації засобів інформатизації у галузі космічних досліджень	21	<i>K. S. Voichyshyn and G. W. Mykytyn</i> Conceptual aspects of standardization of informatization means in space research
<i>В. О. Погрібний, А. Собульський, І. В. Рожанківський, Я. В. Грень, З. Джицімський</i> Адаптивний кореляційний аналіз локально-стаціонарних випадкових сигналів для бортових експериментів	30	<i>V. O. Pohribnyi, A. Sobulskyi, I. V. Rozhankivskyi, Ya. V. Hren', and Z. Dzycimskyi</i> Adaptive correlational analysis of local-stationary casual signals for onboard experiments
<i>Б. Я. Олексів</i> Організація обчислень, керованих потоками даних для бортової обробки інформації в реальному часі	36	<i>B. Ya. Oleksiv</i> Organization of dataflow-controlled calculations for onboard real-time information processing
<i>В. О. Погрібний, І. В. Рожанківський, С. А. Таянов</i> Бортова інформаційна система для дослідження потоків часток в навколосемному просторі	44	<i>V. O. Pohribnyi, I. V. Rozhankivskyi, and S. A. Taianov</i> Onboard information system for the investigation of particle fluxes in the circumterrestrial space
<i>В. А. Вальковський, Д. Д. Зербино</i> К проблеме использования клеточных автоматов в качестве космических бортовых вычислительных устройств	49	<i>V. A. Val'kovskii and D. D. Zerbino</i> On the use of cellular automata as space-borne calculation systems
<i>Б. А. Мандзій, В. П. Беляев, Б. Ю. Волочий</i> Метод надійнісного моделювання самовідновлюваних бортових інформаційних систем	55	<i>B. A. Mandziy, V. P. Belyaev, and B. Yu. Volotchiy</i> Method for the reliability modeling of selfrepairing onboard information systems
<i>І. І. Кравець, Ю. В. Опотяк</i> Нарощувані системи збору інформації та їх застосування на борту пілотованих космічних станцій	61	<i>I. I. Kravets, and Yu. V. Opotiak</i> Scalable data gathering systems and their implementation onboard flying space stations
<i>Ф. Э. Гече</i> Обработка дискретных космических изображений в расширенном пороговом базисе	67	<i>F. E. Geche</i> Processing of discrete space images within broadened threshold base
<i>И. Н. Айзенберг</i> Эффективные алгоритмы обработки космических изображений и их реализация на клеточных нейросетях	74	<i>I. N. Aizenberg</i> Efficient algorithms for space image processing and their realization in cellular neural networks
<i>Я. П. Драган, Б. І. Яворський</i> Методика побудови підсистем візуалізації космічної інформації	85	<i>Ya. P. Dragan and B. I. Yavorskyi</i> Method for the development of subsystems of space information visualization
<i>Б. Т. Деркач</i> Структуры данных для высокопроизводительных систем обработки космической информации	93	<i>B. T. Derkach</i> Data structures for space data computation on high-performance computer systems
<i>Р. А. Воробель</i> Ковзні рангові перетворення аерокосмічних зображень з класифікацією елементів за характеристиками об'єктів	97	<i>R. A. Vorobel</i> Moving rank transformations of airspace images with pixel classification by object characteristics
<i>В. М. Чинок</i> Інформаційний відеоскоп — базовий елемент автоматизованого робочого місця космонавта-дослідника	103	<i>V. M. Chynok</i> Information vision system — a basic element of an automated working place for astronaut researchers
<i>О. І. Коваль, Р. Я. Косаревич, Б. П. Русин</i> Про один підхід до підвищення роздільної здатності складноструктурованих зображень у космічних дослідженнях	108	<i>O. I. Koval, R. Ya. Kosarevych, and B. P. Rusyn</i> One more approach to the improvement of resolution of complex-structured images
<i>Р. Я. Косаревич</i> Апроксимація контурів образів для їх класифікації при дистанційному зондуванні Землі	114	<i>R. Ya. Kosarevych</i> Approximation of image boundaries for their classification in the remote sensing of the Earth
<i>Д. Я. Яцків</i> Сучасний стан використання лазерної технології в системах космічного зв'язку, локації та екологічного моніторингу	118	<i>D. Ya. Yatskiv</i> The current state of the art in the use of the lasers in space communication, laser ranging and remote sensing
<i>К. С. Войчишин</i> Аналіз закономірностей мікро-макроструктури сонячної циклічності	132	<i>K. S. Voichyshyn</i> Analysis of micro-macrostructure regularities in the cyclic recurrence of the solar activity
<i>Б. В. Кисіль</i> Імітаційне моделювання, методи теорії хаосу та фракталів в космічних дослідженнях	138	<i>B. V. Kysil'</i> Imitative modelling and methods of chaos theory and fractals in space research
<i>Р. А. Бунь, М. І. Густі, В. І. Ліщенко</i> Спеціалізована ГІС для оцінки вуглецевого балансу Карпатського регіону на базі даних дистанційного зондування Землі	145	<i>R. A. Bun', M. I. Husti, V. I. Lishchenyuk</i> Specialized GIS for estimating the carbon budget of the Carpathian region based on the Earth remote sensing data

- Б. О. Попов* Представлення функцій у системах керування 151
Р. М. Камінський Моделювання динаміки оперативності космонавта в умовах тривалого перебування в пілотованих системах 156
B. O. Popov Representation of functions in control systems
R. M. Kaminskyi Modelling the astronaut operativity dynamics in condition durable stay in pilotage systems

1998.—4, № 5/6

- Кошовий В. В., Сорока С. О.* Акустичне збурення іоносферної плазми наземним випромінювачем. I. Експериментальне виявлення акусто-іоносферних збурень 3
Верхоглядова О. П., Івченко В. М. Методика визначення положення областей магнітосфери за даними вимірювань космічних апаратів: експериментальні критерії та емпіричне моделювання 18
Шувалов В. А., Приймак А. І., Губин В. В. Моделирование радиационной электризации космических аппаратов в ионосфере и магнитосфере 28
Шувалов В. А., Приймак А. І., Губин В. В., Лазученков Н. М. Система активной плазменной защиты космических аппаратов от электрорадиационного воздействия ионосферы и магнитосферы 36
Юхимук А. К., Федун В. Н., Юхимук В. А., Фалько О. Г., Сиренко Е. К. Нелинейный механизм генерации нижнегибридных волн в космической плазме 41
Верещак А. П., Пискорж В. В., Жалило А. А., Литвинов В. А., Волох К. Ф. Концепция создания системы навигационного обеспечения Украины 46
Верещак А. П., Жалило А. А., Ноздрин И. Г., Флерко С. Н. Потенциальные возможности реализации широкозонной дифференциальной навигации по сигналам космических навигационных систем GPS и ГЛОНАСС в Украине 56
Горбенко И. Д., Стасев Ю. В., Потий А. В., Ткачев А. М. Предложения по обеспечению безопасности информации в единой спутниковой системе передачи информации 62
Зубко В. П., Іськов П. Я., Подоліух І. Я., Стефанішин Я. І. Огляд стану та тенденцій розвитку дистанційного зондування Землі 67
Лялько В. І., Федоровський А. Д., Теременко А. Н., Рябоконтенко А. Д. Использование космической информации для исследования экологического состояния городских агломераций 88
Патон Б. Е., Лапчинский В. Ф., Аснис Е. А., Заболотин С. П., Баранский П. И., Бабич В. М. Актуальные задачи получения материалов электронной техники в условиях микрогравитации 95
Абраимов В. В. Имитация воздействия атомарного кислорода на материалы космических аппаратов 99
Шувалов В. А., Левкович О. А., Кочубей Г. С. Приближенные модели струй электрореактивных двигателей космических аппаратов 105
Місюра В. І., Прісняков В. Ф. Експериментальне дослідження стійкості течії у дискових гідромашинах космічних енергоустановок 110
Пироженко А. В. О влиянии диссипации энергии в материале нити на эволюцию ротационного движения космической тросовой системы 116
Антонов А. Е., Киреев В. Г. Электромеханические исполнительные устройства для космических аппаратов 125
Чеборин О. Г., Яценко В. А. Криогенный датчик гравиметрических приборов 129
Черевченко Т. М., Займенко Н. В. Тропічні епіфітні орхідеї — об'єкт досліджень космічної ботаніки та елемент дизайну кабіни космічних кораблів і орбітальних станцій 141
Гусынин В. П. Авиационно-космическая система «Пегас». Обзор по материалам открытой зарубежной печати за 1988—1996 гг. III. Модификации, летные испытания и эксплуатация 148

1999.—5, № 1

- Кручиненко В. Г., Волощук Ю. І., Кащев Б. Л., Казанцев А. М., Лупішко Д. Ф., Яцків Я. С.* Метеорно-астероїдна небезпека та доплив космічної речовини на Землю 3
- Верхоглядова О. П., Панченко М. Г.* Порівняння емпіричних моделей магнітного поля у внутрішній магнітосфері Землі 18
- Федоровський А. Д., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г.* К вопросу оценки космических снимков для дешифрирования природных ландшафтов 24
- Фроленко В. М.* Цифрове синтезування зональних аерокосмічних зображень, яке забезпечує заданий колір об'єктів 32
- Черногор Л. Ф.* Энергетика процессов на Земле, в атмосфере и околоземном космосе в свете проекта «Попередження» 38
- Юхимук А. К., Юхимук В. А., Фалько О. Г., Сиренко Е. К.* Рассеяние обыкновенной электромагнитной волны на кинетических альвеновских волнах 48
- Стасев Ю. В., Барсов В. И., Сорока Л. С.* Метод синхронизации сигналов, использующих модуляцию с минимальным сдвигом в системах космической связи и управления 52
- Жалило А. А., Флерко С. Н., Яковченко А. И.* Мониторинг геометрической конфигурации многобазисной сети широкозонной дифференциальной подсистемы спутниковых радионавигационных систем GPS и ГЛОНАСС 59
- Гридин Ю. В., Харченко В. С.* Обработка измерительной информации в бортовых отказоустойчивых телеметрических системах с категорированием заявок 69
- Негода А. А.* О постановке задачи формирования структуры ракетно-космической отрасли промышленности Украины 74
- Тимошенко В. И., Белоцерковец И. С.* Численное моделирование струйных течений для объектов ракетно-космической техники 78
- Пилипенко В. В., Довгоцько Н. И., Долгополов С. И., Николаев А. Д., Серенко В. А., Хоряк Н. В.* Теоретическое определение амплитуд продольных колебаний жидкостных ракет-носителей 90
- Тимошенко В. И., Гусьнин В. П.* Использование гиперзвуковых технологий при создании перспективных транспортных космических систем 97
- Панов А. П., Гусьнин В. П., Сердюк И. И., Карпов А. С.* Условия безопасности разделения ступеней авиационно-космических систем 108
- Корепанов В. С., Михайлова С. Д., Ноздрачов М. М.* Температурный режим на борту КА «Интербол-1» 112
- Kruchynenko V. G., Voloshchuk Yu. I., Kashcheev B. L., Kazantsev A. M., Lupishko D. F., Yatskiy Ya. S.* Hazards due to meteors and asteroids and influx of cosmic matter on the Earth 3
- Verkhoglyadova O. P., Panchenko M. G.* Comparison of empirical models of the Earth's inner magnetosphere 18
- Fedorovskiy A. D., Sukhanov K. Yu., Yakimchuk V. G.* Selection and assessment of space images for the interpretation of landscapes structures 24
- Frolenko V. N.* The digital synthesizing of the zonal aerospace images, which provides the given colour of objects 32
- Chernogor L. F.* Energetics of the processes occurring on the Earth, in the atmosphere and near-Earth space in connection with the project "Early Warning" 38
- Yukhimuk A. K., Yukhimuk V. A., Fal'ko O. G., Sirenko E. K.* Scattering of ordinary electromagnetic wave on the kinetic Alfvén wave 48
- Stasev Yu. V., Barsov V. I., Soroka Z. S.* Method for synchronizing the signals modulated with the minimum shift in space communication and control systems 52
- Zhalilo A. A., Flerko S. N., Yakovchenko A. I.* Monitoring of the geometric configuration of the multibase wide-area differential subsystem network of the GPS/GLONASS space navigation systems 59
- Gridin Yu. V., Kharchenko V. S.* Analysis of measurement information in fault-tolerant board telemetering systems with request categorization 69
- Negoda O. O.* On the statement of the problem of forming the structure of the rocket-space branch of industry of Ukraine 74
- Timoshenko V. I., Belotserkovets I. S.* Numerical simulation of jet streams in objects of space rocket engineering 78
- Pilipenko V. V., Dovgot'ko N. I., Dolgoplov S. I., Nikolaev A. D., Serenko V. A., Khoryak N. V.* Theoretical evaluation of the amplitudes of POGO vibrations in liquid propellant launch vehicles 90
- Timoshenko V. I., Gusynin V. P.* Use of hypersonic technologies in creating promising transport space systems 97
- Panov A. P., Gusynin V. P., Serdyuk I. I., Karpov A. S.* Safety conditions for the separation of aerospace system stages 108
- Korepanov V. Ye., Mykhailova Ye. D., Nozdrachov M. M.* Temperature condition aboard the Interbol-1 spacecraft 112
- НАШІ АВТОРИ 117
- OUR AUTHORS

1999.—5, № 2/3

- Негода А. А., Сорока С. А.* Перспективы развития исследований атмосферы и ионосферы с использованием искусственного акустического воздействия 3
- Фроленко В. М.* Моделі оптимального синтезування зональних аерокосмічних знімків 13
- Тихомиров А. А.* Результаты дальнометрирования океанической поверхности космическим лидаром БАЛКАН 22
- Перерва В. М., Бусел Г. Ф., Архипов О. І., Філіпович В. Є.* Нові супутникові технології у процесах пошуку, розвідки і розробки родовищ нафти і газу 31
- Яцевич С. Е., Ефимов В. Б., Цымбал В. Н., Ачасов А. Б., Шатохин А. В.* Исследования земельных ресурсов по материалам многочастотной радиолокационной съемки 34
- Кочубей С. М.* Сравнение информативных возможностей многозональной съемки и спектроскопии высокой разрешающей способности при дистанционном зондировании растительного покрова 41
- Negoda A. A., Soroka S. A.* Prospects in the investigations of the atmosphere and ionosphere with the use of artificial acoustic influence 3
- Frolenko V. N.* Models of optimal synthesis of zonal aerospace snapshots 13
- Tikhomirov A. A.* Some results of the ranging of the ocean surface with the space-based lidar BALKAN 22
- Pererva V. M., Busel H. F., Arkhypov O. I., Filipovych V. Ye.* New satellite technologies for prospecting, exploration and development of oil and gas fields 31
- Yatsevich S. Ye., Yefimov V. B., Achasov A. B., Shatokhin A. V.* Investigations of land resources from multifrequency radar surveying data 34
- Kochubei S. M.* Comparison of the information power of multispectral imaging and high-resolution spectroscopy in the remote sounding of vegetation cover 41

<i>Велесь О. А., Мороженко О. В., Шаврина А. В.</i> Метод экспрессной обработки данных мониторингу химического состава атмосферы	49	<i>Veles A. A., Morozhenko O. V., Shavrina A. V.</i> Express method for the treatment of the atmosphere chemical composition monitoring data
<i>Цокуренько А. А.</i> Математическое моделирование и оптимизация процесса отбора пробы среды буровым роботом-информатором в экстремальных условиях Марса	55	<i>Tsokurenko A. A.</i> Mathematical modeling and optimization of medium sampling by a drill robot-informant in extreme conditions of Mars
<i>Галась М. И., Романюта А. А.</i> Универсальный головной обтекатель космических ракет-носителей	60	<i>Galas' M. I., Romanyuta A. A.</i> Multipurpose nose fairing for space launch vehicles
<i>Богомаз Г. И., Гусынин В. П., Легеца В. С., Соболевская М. Б.</i> Методика оценки динамической нагруженности ракеты-носителя космического аппарата при старте с самолета-носителя	66	<i>Bogomaz G. I., Gusynin V. P., Legeza V. S., Sobolevskaya M. B.</i> Methods for estimating the dynamic loading response of the launchers which start from airplane carriers
<i>Карачун В. В., Кубрак Н. А., Потанова Е. Р., Гнатейко Н. В.</i> Влияние акустического излучения на динамику упругих подвесов приборов управления ракет-носителей	73	<i>Karachun V. V., Kubrak N. A., Potarova E. R., Gnateyko N. V.</i> Influence of acoustic emission on the dynamics of resilient suspenders of rocket control devices
<i>Кубрак Н. А.</i> Волновые задачи рассеяния энергии акустического излучения в упругих подвесах приборов управления ракет-носителей	78	<i>Kubrak N. A.</i> Wave problems of the scattering of acoustic radiation energy in elastic mountings of control devices in launch vehicles
<i>Шувалов В. А., Быстрицкий М. Г., Чурилов А. Е.</i> Ослабление радиосигналов и искажение радиолокационных характеристик космических аппаратов плазменными струями электрореактивных двигателей	81	<i>Shuvalov V. A., Bystritskii M. G., Churilov A. E.</i> Deterioration of radio signals and distortion of spacecraft radar characteristics by plasma jets from electric propulsion engines
<i>Жалило А. А., Хомяков Э. Н., Флерко С. Н., Волох К. Ф.</i> Высокооточные траекторные определения низкоорбитальных космических аппаратов с использованием сигналов глобальной навигационной спутниковой системы GNSS	93	<i>Zhalilo A. A., Khomyakov E. N., Flerko S. N., Volokh K. F.</i> High-precision trajectory determinations of low orbital space vehicles using the signals from the GNSS global navigation satellite system
<i>Пироженко А. В.</i> К построению новых форм уравнений возмущенного кеплерова движения	103	<i>Pirozhenko A. V.</i> On constructing new forms of equations of perturbed Keplerian motion
<i>Негода С. А.</i> Правовые аспекты проблемы «космического мусора»	108	<i>Negoda S. A.</i> Legal aspects in the problem of space debris
<i>Присняков В. Ф.</i> Об одном удивительном подобии структуры Солнечной системы и модели молекулы воды	113	<i>Prisnyakov V. F.</i> On a wonderful similarity of the Solar system structure and a water molecule model
НАШИ АВТОРИ	119	OUR AUTHORS

1999.—5, № 4

<i>Іванченко А. М.</i> Особливості ракетної рушійної установки на пастоподібному паливі	3	<i>Ivanchenko A. M.</i> A paste-propellant rocket propulsion system
<i>Богомаз Г. И., Драновский В. И., Семенов Л. П., Трякин В. П., Хрущ И. К.</i> Прогнозирование нагруженности панелей солнечных батарей космического аппарата в процессе раскрытия с учетом их конструкционного исполнения и технологии изготовления	11	<i>Bogomaz G. I., Dranovskiy V. I., Semenov Z. P., Tryakin V. P., Khrushch I. K.</i> Prediction of the solar panel loading in spacecraft in the course of panel opening with the panel construction and manufacture technology taken into account
<i>Бабич Д. В., Луговой П. З., Тарашченко Д. Т.</i> Численный алгоритм определения спектральных характеристик неоднородных оболочечных конструкций	16	<i>Babich D. V., Lugovoi P. Z., Tarashchenko D. T.</i> Numerical algorithm for the determination of spectral characteristics of non-homogeneous shell structures
<i>Цокуренько А. А.</i> Обеспечение информативности бурового робота при адаптивном управлении технологическими процессами космических экспериментов	22	<i>Tsokurenko A. A.</i> Ensuring the information from a drill robot under the adaptive control of technological processes in space experiments
<i>Мурадян Х. К., Тимченко А. Н.</i> Влияние гипергравитационного стресса на интенсивность газообмена и выживаемость молодых и старых морских свинок	28	<i>Muradian Kh. K., Timchenko A. N.</i> Effect of hypergravity stress on gaseous exchange and survival of young and old guinea pigs
<i>Астапенко В. Н., Бушувев Е. И., Зубко В. П., Хорольский П. П.</i> Оценка объема спроса национального рынка на информацию дистанционного зондирования Земли	31	<i>Astapenko V. N., Bushuev E. I., Zubko V. P., Khorol'skii P. P.</i> Estimating the demand of the national market for the earth remote sensing information
<i>Федоровський О. Д., Сіренко Л. Я.</i> Досвід використання космічної інформації у вирішенні водоохоронних завдань	41	<i>Fedorovsky O. D., Sirenko L. Ya.</i> Experience on use of space information for solving water protection problems
<i>Федоровський О. Д., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г.</i> Просторово-частотний аналіз при дешифруванні космічних знімків водних ландшафтів	44	<i>Fedorovsky O. D., Sukhanov K. Yu., Yakimchuk V. G.</i> Two-dimensional frequency analysis in the interpretation of space images of water landscapes
<i>Лялько В. И., Ходоровский А. Я., Сахацкий А. И.</i> Экологический мониторинг окружающей среды по мезозональным космическим снимкам	46	<i>Lyal'ko V. I., Khodorovskii A. Ya., Sakhatskii A. I.</i> Ecological monitoring of environment using multiband space images
<i>Огороднийчук Н. Д.</i> Оптимальный метод совместной обработки траекторных данных измерителей наземного и космического базирования для летных испытаний элементов авиационных космических ракетных комплексов	49	<i>Ogorodniichuk N. D.</i> Optimal method for joint processing of the trajectory data obtained from ground-based and space-borne meters for flight tests of elements of aerospace rocket complexes

<i>Курманов А. С., Мазманишвили А. С.</i> Широкие особенности электромагнитной совместимости в региональных сетях спутниковой связи	54	<i>Kurmanov A. S., Mazmanishvili A. S.</i> Latitude peculiarities of electromagnetic compatibility in regional satellite networks
<i>Волосов В. В., Тютюнник Л. И.</i> Синтез законов управления ориентацией космического аппарата с использованием кватернионов	61	<i>Volosov V. V., Tyutyunnik L. I.</i> Synthesis of spacecraft attitude control algorithms using quaternions
<i>Карацун В. В., Потапова Е. Р., Мельник В. Н.</i> О погрешности построения вертикали при старте носителей	70	<i>Karachun V. V., Potapova E. R., Mel'nik V. N.</i> On the fault in constructing the vertical in rocket launch
<i>Хода О. О.</i> Перманентна GPS-станція Голосіїв (GLSV): спостереження у 1998 році	75	<i>Khoda O.</i> Permanent GPS station Golosiiv (GLSV): 1998 observations
<i>Шевченко В. Г.</i> Дослідження астероїдів за допомогою космічних апаратів	79	<i>Shevchenko V. G.</i> Investigation of asteroids with the use of space vehicles
<i>Голубничий П. І., Филоненко А. Д.</i> Детектирование космических лучей сверхвысоких энергий с помощью искусственного спутника Луны	87	<i>Golubnichii P. I., Filonenko A. D.</i> Detection of cosmic rays of superhigh energies with a moon's artificial satellite
<i>Присняков В. Ф., Приснякова Л. М.</i> Рынок запусков космических объектов (теория вопроса)	93	<i>Prisniakov V. F., Prisniakova L. M.</i> Space service market (theoretical aspect)
НАШІ АВТОРИ	98	OUR AUTHORS
НОВИНИ КОСМІЧНИХ АГЕНТСТВ СВІТУ	102	NEWS FROM SPACE AGENCIES

1999.—5, № 5/6

<i>Корепанов В., Негода О., Лизунов Г., Аляйн Г., Баліхін М., Бленскі Я., Дудкін Ф., Федоров А., Юхневич Ю., Климов С., Красносельских В., Лефевр Ф.</i> Проект ВАРИАНТ: вимірювання електромагнітних полів та електричних струмів в іоносферній плазмі на супутнику «Січ-1М»	3	<i>Korepanov V., Negoda O., Lizunov G., Alleyne H., Balikhin M., Blecky J., Dudkin F., Fedorov A., Juchniewich J., Klimov S., Krasnoselskikh V., Lefevre F.</i> Project VARIANT: Measurements of electromagnetic fields and currents in the ionospheric plasmas aboard the Sich-1M satellite
<i>Федоровский А. Д.</i> К вопросу дешифрирования космических снимков природных ландшафтов	9	<i>Fedorovsky A. D.</i> On the interpretation of space images of natural landscapes
<i>Русин Б. П., Мосоров В. Я.</i> Развитие алгоритмов безвратной компрессии изображений на основе анализа перепадов яркости	16	<i>Rusyn B. P., Mosorov V. Ya.</i> Development of lossless image compression algorithms based on the analysis of brightness differences
<i>Александров Е. Е., Рафалович О. Я.</i> К выбору мощности бортового передатчика космических станций для цифровых систем спутниковой связи	21	<i>Alexandrov Ye. Ye., Rafalovich O. Ya.</i> Choosing the power of airborne transmitters in the space stations for digital satellite communication systems
<i>Хода О. А.</i> Программное обеспечение «Клио» для определения параметров ионосферы	25	<i>Khoda O.</i> Klio software for the estimation of the ionospheric parameters
<i>Жалило А. А.</i> Методический подход и алгоритмы реализации дифференциального метода спутниковой навигации по наблюдениям сети контрольных станций	33	<i>Zhalilo A. A.</i> Methodological approach and algorithms for the realization of a differential method of satellite navigation based on the observations of reference station network
<i>Мартыш Е. В.</i> Влияние эмиссии радона, предшествующей землетрясению, на параметры нижней ионосферы	45	<i>Martysh E. V.</i> The influence of the radon emission preceding earthquakes on the lower-ionosphere parameters
<i>Дегтярьов В. В.</i> Вимірювання осьового квадрупольного магнітного моменту	52	<i>Degtyaryov V. V.</i> The measurement of the axial quadrupole magnetic moment
<i>Тимошенко В. І., Агарков А. В., Мошненко Ю. І., Сиренко В. Н., Кнышенко Ю. В., Ляшенко Ю. Г.</i> Проблемы термостатирования и обеспечения сохранности космического аппарата в период предстартовой подготовки и при выведении на орбиту	56	<i>Timoshenko V. I., Agarkov A. V., Moshnenko Yu. I., Sirenko V. N., Knyshenko Yu. V., Lyashenko Yu. G.</i> Problems of thermostatic control and spacecraft safety at the pre-launch period and during orbital injection
<i>Хорошилов С. В., Шаповаленко В. В.</i> К вопросу построения и решения уравнений колебаний криволинейных стержневых пространственных конструкций космического применения	65	<i>Khoroshilov S. V., Shapovalenko V. V.</i> On setting up and solving the equations of oscillations in curvilinear three-dimensional rod constructions destined for space application
<i>Мазманишвили А. С.</i> Прием фазоманипулированных сигналов оптического диапазона квантовым счетчиком	71	<i>Mazmanishvili A. S.</i> Receiving phase-keyed optical signals via quantum detector
<i>Карацун В. В., Потапова Е. Р., Мельник В. Н., Астапова А. Б.</i> О погрешности курсоуказания ракет-носителей	77	<i>Karachun V. V., Potapova E. R., Mel'nik V. N., Astapova A. B.</i> On the fault in the course indication of carrier rocket
<i>Харченко В. С., Зенин А. П., Скляр В. В.</i> Методы многопараметрической адаптации бортовых управляющих и вычислительных систем с раздельным мажоритарным резервированием	81	<i>Kharchenko V. S., Zenin A. P., Sklyar V. V.</i> Methods of the multiparametric adaptation of spaceborne control and computing systems with separate majority reservation
<i>Черняк М. Г., Бондаренко О. М., Коваленко Т. В.</i> Фізико-математичне моделювання вимірювальних перетворювачів тиску з пневмомеханічним резонатором	92	<i>Chernyak M. G., Bondarenko O. M., Kovalenko T. V.</i> Physico-mathematical modeling of transducers with pneumomechanical resonator
<i>Харченко В. С., Гридин Ю. В.</i> Модель функционирования бортовых вычислительных систем с категоризацией задач в условиях сбоев и отказов аппаратных и программных средств	103	<i>Kharchenko V. S., Gridin Yu. V.</i> The model of operation of spacecraft board computer systems with request categorization taking into account hardware and software faults

Хоркавіць О. Я., Демків О. Т. Гравітропна реакція протонемати моху *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. та її модифікації світлом
 Диденко Л. Ф., Пархоменко Н. І., Максименко Л. А., Дяченко Н. С., Зарицький Н. М., Козар Ф. Е. Влияние клиностагирования на вирус курчавой картошки *in vitro* и *in vivo*

НАШІ АВТОРИ

110 *Khorkevtsiv O. Ya., Demkiv O. T. Gravitropic response in protonemata of the moss POHLIA NUTANS (HEDW.) Lindb. and its modulation by light*
 118 *Didenko L. F., Parkhomenko N. I., Maksimenko L. A., Dyachenko N. S., Zaritskiy N. M., Kozar F. E. Influence of clinostating on the curly potato dwarf virus in vitro and in vivo*

123 OUR AUTHORS

2000.—6, № 1

Кифоренко Б. Н., Васильев И. Ю. Проблемы оптимизации пилотируемых межпланетных экспедиций
 Каменський К. К., Кислюк В. С., Яцків Я. С. Топографічні поверхні і гравітаційні поля Землі, Місяця і планет земної групи
 Горбулін В. П., Шевцов А. І., Шеховцов В. С. Міжнародний космічний ринок послуг: місце і перспективи України
 Дорошкевич В. К., Кузнецов В. И., Ковалев Б. А., Гольдштейн Ю. М. Оценка конкурентоспособности транспортной космической системы «Зенит-3SL»
 Ракеты-носители США
 Лялько В. І. Стан та перспективи космічних досліджень США в напрямку «Науки про Землю»

НАШІ АВТОРИ

3 *Kiforenko B. N., Vasil'ev I. Yu. Problems in the optimization of manned interplanetary expeditions*
 56 *Kamensky K. K., Kislyuk V. S., Yatskiy Ya. S. Topographic surfaces and gravitational fields of the Earth, Moon and terrestrial planets*
 64 *Gorbulin V. P., Shevtsov A. I., Shekhovtsov V. S. International space service market: Place and future prospects of Ukraine*
 72 *Doroshkevich V. K., Kuznetsov V. I., Kovalev B. A., Goldstein Yu. M. Estimation of space transportation system Zenit-3SL competitiveness*
 77 *The USA rocket vehicles*
 86 *Lyalko V. I. State of and prospects for the space research in the field of Earth science in the USA*

100 OUR AUTHORS

2000.—6, № 2/3

Дудник А. В., Залюбовский И. И. Научные задачи международного космического эксперимента КОРОНАС-ФОТОН
 Коноваленко О. С., Івченко В. М., Липчук В. П. Томографічна обробка даних бортових фотометричних спостережень
 Гримальський В. В., Івченко В. Н., Лізунов Г. В. Спутниковые наблюдения ионосферных предвестников землетрясений
 Лялько В. И., Сиренко Л. А., Федоровский А. Д., Ходоровский А. Я., Шестопалов В. М. Оценка влияния разломных структур на распределение радионуклидов в донных отложениях с использованием космических снимков
 Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Новиков Р. И., Пахомов И. П., Суханов К. Ю., Теременко А. А. Дешифрирование космических снимков: распознавание ландшафтных зон на основе структурного анализа
 Зубко В. П. Міжнародні принципи щодо дистанційного зондування Землі
 Логинов А. А., Самойленко Ю. И., Ткаченко В. А. Возбуждение меридионального течения дифференциальным вращением в жидком ядре Земли
 Мороженко О. В., Шаврина А. В., Велесь О. А. Концепція моніторингу газового та аерозольного забруднення земної атмосфери (для висот більше 30 км) з борту Міжнародної космічної станції
 Березовский В. А., Литовка И. Г., Чака Е. Г., Магомедов С., Мехед Н. В. Влияние дозированной гипоксии на метаболизм костной ткани в условиях осевой разгрузки задних конечностей
 Дежгарьов В. В. Вимірювання дипольних магнітних моментів технічних об'єктів
 Кирик В. В. Коммутация силовоточных электрических цепей в экстремальных условиях
 Карачун В. В., Мельник В. Н., Лозовик В. Г. Многомерные задачи упругости подвеса поплавкового гироскопа

НАШІ АВТОРИ

3 *Dudnik O. V. and Zalyubovskiy I. I. Scientific tasks of international space experiment KORONAS-PHOTON*
 13 *Konovalenko O. S., Ivchenko V. M., and Lipchuk V. P. Tomographic processing of onboard photometric measurements*
 21 *Grimal'skiy V. V., Ivchenko V. N., and Lizunov G. V. Satellite observations of ionospheric earthquake precursors*
 31 *Lyalko V. I., Sirenko L. A., Fedorovsky A. D., Khodorovsky A. Ya., and Shestopalov V. M. Estimating the influence of fracture-block structures on the distribution of radionuclides in bottom sediments with the use of space images*
 39 *Fedorovsky A. D., Yakimchuk V. G., Novikov R. I., Pakhomov I. P., Sukhanov K. Y., and Teremenko A. A. Interpretation of space snapshots of landscape zones on the basis of the structural analysis*
 45 *Zubko V. P. International principles relating to the remote sounding of the Earth*
 53 *Loginov A. A., Samoilenko Yu. I., and Tkachenko V. A. Excitation of meridional flow by differential rotation in earth's liquid core*
 69 *Morozhenko O. V., Shavrina A. V., and Veles' O. A. Conception of gas and aerosol pollution monitoring of the earth's atmosphere (for altitudes more than 30 km) on board the international space station*
 77 *Berezovskiy V. A., Litovka I. G., Chaka H. G., Magomedov S., and Mehed N. V. Effect of the intermittent hypoxia on the bone tissue state after microgravitation modeling*
 85 *Dehtiar'ov V. V. Measurement of magnetic dipole moments of engineering objects*
 89 *Kyryk V. V. Commutation power of electrical circuits in extreme conditions*
 92 *Karachun V. V., Mel'nik V. N., Lozovik V. G. Multy-dimensional problems of the elasticity of floating gyroscope holder*

98 OUR AUTHORS

2000.—6, № 4

I. BRIEF OVERVIEW OF THE ISS PROJECT:
INTERNATIONAL AND UKRAINIAN PARTICIPATION

I.1.	BRIEF OVERVIEW OF THE ISS PROJECT	10
I.2.	UKRAINE'S PARTICIPATION IN THE ISS. STATUS OF THE UKRAINIAN RESEARCH MODULE	14
I.3.	MANAGEMENT STRUCTURE OF UKRAINE'S PARTICIPATION IN THE ISS	15
I.4.	COORDINATING COMMITTEE FOR SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGICAL EXPERIMENTS ONBOARD THE ORBITAL SPACE STATIONS (CCOSS)	16
I.5.	ANNOUNCEMENT OF OPPORTUNITY FOR SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGICAL EXPERIMENTS ONBOARD THE UKRAINIAN RESEARCH MODULE (FIRST STAGE OF SELECTION)	17
I.6.	ANNOUNCEMENT OF OPPORTUNITY FOR SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGICAL EXPERIMENTS ONBOARD THE UKRAINIAN RESEARCH MODULE (SECOND STAGE OF SELECTION)	19

II. UKRAINIAN SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGICAL EXPERIMENTS
PROPOSED FOR THE ISS

II.1.	SPACE TECHNOLOGY AND MATERIALS SCIENCE — <i>Trefilov V. I.</i>	20
<i>Division 1</i>		
	PRODUCTION OF NEW UNIQUE MATERIALS IN SPACE — <i>Paton B. E., Trefilov V. I.</i>	21
	MICROSCOPIC MECHANISMS OF DIFFUSION IN MELTS UNDER MICROGRAVITY — <i>Maiboroda V. P., Molchanovskaya G. M.</i>	22
	ADVANCED SPACE MATERIALS AND RELATED TECHNOLOGY FOR THE INFRARED AND RADIATION-RESISTANT ELECTRONICS — <i>Rarenko I. M., Tkachenko V. G., Maksimchuk I. N., Slunko E. I.</i>	24
	CONTROLLED LEVITATORS WITH HELIO-HEATING FOR SPACE TECHNOLOGIES — <i>Paslavsky E. S., Pasichny V. V.</i>	25
	DEVELOPMENT OF ELEMENTS OF PRINCIPALLY NEW MAGNETO-HYDRODYNAMIC TECHNOLOGY FOR MAKING ALLOYS WITH THE PEQUILIAR STRUCTURE UNDER MICROGRAVITY — <i>Dubodelov V. I., Kyryyevskyy B. A., Seredenko V. A., Shcherba A. A.</i>	26
	DIGITAL PRECISION SENSOR OF SUPERLOW ACCELERATIONS — <i>Dem'yanenko P. A., Zinkovskiy Yu. F., Prokof'ev M. I.</i>	27
<i>Division 2</i>		
	INFLUENCE OF SPACE FACTORS ON PROPERTIES OF MATERIALS AND ORBITAL CONSTRUCTIONS — <i>Trefilov V. I.</i>	29
	DEGRADATION OF MATERIALS AND CONSTRUCTIONS UNDER THE INFLUENCE OF OUTER SPACE FACTORS — <i>Trefilov V. I., Frolov G. A., Surdu M. N., Sitalo V. G.</i>	30
	DEVELOPMENT OF BEARINGS AND TURBINE ROTORS AND OTHER FRICTIONAL PARTS MADE OF CERAMICS — <i>Firstov S. A., Vasil'ev A. D.</i>	32
	INFLUENCE OF SPACE FACTORS ON PROPERTIES OF METALLIC AND CERAMIC COMPOSITIONS WITH COATINGS — <i>Oliker V. E., Kresanov V. S.</i>	33
	PROPERTIES OF METAL HYDRIDES UNDER MICROGRAVITY — <i>Trefilov V. I., Schur D. V.</i>	34
	PROPERTIES OF HYDROGEN-CAPACIOUS COMPOUNDS AND CERAMIC MATERIALS ACTIVATED WITH HYDROGEN — <i>Trefilov V. I., Morozov I. A., Itsenko A. I., Kuprianova E. A., Morozova R. A., Panashenko V. M.</i>	35
	SOLAR THERMAL ELECTRIC POWER COMPLEX FOR ORBITAL SPACE STATION — <i>Trefilov V. I., Goryachev Yu. M., Pasichny V. V., Kostornov A. G.</i>	36
	SMALL-SIZED AND MINIATURE HEAT PIPES FOR COOLING SYSTEMS AND THERMAL STABILIZATION OF SPACE INSTRUMENTATION AND HARDWARE — <i>Kostornov A. G., Shapoval A. A.</i>	37
	NEW METHOD AND INSTRUMENT FOR DEFINITION OF MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS IN SPACE BY LOCAL LOADING WITH AN INDENTOR — <i>Milman Yu. V., Ivaschenko R. K.</i>	37
	THERMAL EMISSION ELEMENTS OF CATHODE — NEUTRALIZER FOR PLASMA THRUSTER OF SPACE VEHICLES — <i>Paderno Yu. B., Fillipov V. B.</i>	39
	FIBER OPTIC ROTARY JOINTS FOR NON-CONTACT TRANSMISSION OF INFORMATION TO AND FROM ROTATING EQUIPMENT — <i>Svechnikov S. V., Shapar V. N.</i>	40
	PROSPECTS FOR STUDY OF STRENGTH OF STRUCTURAL MATERIALS AT THE OSS — <i>Stryzhalo V. O., Skrypnyk Yu. D.</i>	41
	SPACE PROJECT «PENTA» COMPLEX — <i>Eremenko V. V., Gavrylov R. V., Pokhyl Yu. A.</i>	43
	STUDY OF THE ADEQUACY OF THE FRICTION AND WEAR DATA OBTAINED FOR ANTI-FRICTION AND WEAR-RESISTANT MATERIALS DIRECTLY IN SPACE AT ORBITAL STATIONS AND IN LABORATORY CONDITIONS — <i>Gamulya G. D., Ostrovska O. L., Yukhno T. P.</i>	44
	INFLUENCE OF SPACE FACTORS ON FATIGUE FRACTURE RESISTANCE OF STRUCTURAL MATERIALS — <i>Pokhyl Yu. A., Yakovenko L. F., Aleksenko E. N., Lotoiskaya V. A.</i>	45
	RESEARCH OF OPTIC-PHYSICAL PROPERTIES OF STRUCTURAL MATERIALS BY THE MONITORING OF THE FACTORS OF A SPACE FLIGHT — <i>Solodovnik L. L., Verhovtzeva E. T., Yaremenko V. I.</i>	46

Division 3

METHODS AND EQUIPMENT FOR CONTROL OF DEFECTIVENESS AND STRESSED STATE OF CONSTRUCTIONS — Lobanov L. M.	48
DEVELOPMENT OF METHODS AND COMPACT EQUIPMENT FOR CONTROL OF DEFECTS AND STRESSED STATE IN WELDED ELEMENTS OF STRUCTURES, WHICH OPERATE UNDER THE SPACE CONDITIONS — Lobanov L. M., Troitskii V. A., Pivtorak V. A., Zagrebelny V. I.	48
WELDED METAL TRANSFORMABLE SHELLS — Paton B. E., Samilov V. M., Pilishenko I. S.	52

II.2. RESEARCH OF THE EARTH AND NEAR-EARTH SPACE — Litvinenko L. N. 54

Division 1

INVESTIGATION OF THE GASEOUS AND PLASMA ENVIRONMENT IN THE VICINITY OF THE ISS BY MEANS OF CONTACT DIAGNOSTICS — Bass V. P.	55
STUDY OF ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT OF THE ISS — Korepanov V. E., Klimov S. I.	55
PHYSICAL AND AERONOMICAL EXPERIMENTS ABOARD OF THE ISS — Bass V. P.	57
DIAGNOSTICS, MONITORING, AND STUDY OF A SET OF PARAMETERS OF THE IONOSPHERIC PLASMA AND ENVIRONMENT NEAR THE ISS — Shuvalov V. O.	60

Division 2

RESEARCH OF THE EARTH'S UPPER ATMOSPHERE BY THE OPTICAL AND MILLIMETER-WAVE TECHNIQUE — Morozhenko O. V.	62
ON-BOARD INFRARED TELESCOPE — Shulman L. M., Melenevsky Yu. A.	62
INFRARED MONITORING OF THE EARTH'S ATMOSPHERE — Morozhenko O. V.	63
SPACE-BORNE MILLIMETER-WAVE NADIR OZONE SOUNDER (SMNOS) — Eru I. I., Myshenko V. V., Shulga V. M.	64
CONCEPT OF A MULTICHANNEL SYSTEM INSTALLED AT THE ISS FOR STUDY OF THE EARTH'S SURFACE AND ATMOSPHERE — Kuz'kov V. P., Eremenko N. A., Khymenko O. A., Kugel V. I., Yatsenko V. A.	65
SCIENTIFIC HARDWARE AND METHODS FOR THE REMOTE MONITORING THE EARTH'S ATMOSPHERE AND SURFACE BY MILLIMETER WAVELENGTH RADIOMETRY — Ruzhentsev N. V., Churilov V. P.	67

Division 3

RESEARCH OF THE EARTH'S IONOSPHERE — Yampolski Yu. M.	69
SPACE-BORNE IONOSPHERE RADIO SOUNDING BY SIGNALS OF THE GROUND-BASED HF AND VHF BROADCASTING STATIONS — Yampolski Yu. M.	69
FEASIBILITY OF MAGNETOHYDRODYNAMIC INTERFEROMETRY IN THE MAGNETOSPHERE — Sinitsin V. G.	70
INFLUENCE OF LOW-FREQUENCY ATMOSPHERIC ELECTRICAL PROCESSES AND NEAR-SPACE ELECTRO- MAGNETIC SIGNALS ON THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM FUNCTIONAL CONDITION OF A MAN MAINTAINING SPACE SYSTEMS — Sukhorukov V. I., Serbinenko I. A., Korsunov A. N., Bovt Yu. V., Zabrodina L. P., Litvinenko L. N., Budanov O. V., Lazebny B. V., Paznukhov V. E., Rokhman A. G., Aristov Yu. V.	71

Division 4

REMOTE SENSING OF THE SURFACE AND WATER AREA OF EARTH — Lyalko V. I.	73
REMOTE SENSING OF THE SURFACE AND WATER AREAS OF EARTH BY THE UKRAINIAN ON-BOARD RADAR COMPLEX AND THE DATA FROM MULTI-SPECTRAL SURVEYS AND TESTING AREAS IN THE TERRITORY OF UKRAINE — Lyalko V. I., Fedorovsky A. D., Dovgij S. A., Bakan G. M., Korotaev G. K., Tsybal V. N.	73

Division 5

ACTIVE EXPERIMENTS IN SPACE AND AT THE EARTH'S SURFACE MODELING OF THE PROCESSES AND PHENOMENA IN THE NEAR SPACE USING THE COMPLEX OF CHARGE-PARTICLE SOURCES AND EHF-GENERATOR — Egorov A. M., Fainberg Ya. B., Karas' V. G., Kharchenko I. F., Nazarenko O. K., Sitalo V. G.	81
APPROACH OF SPACE DEBRIS TO THE ORBITAL SPACECRAFT — Khizhnyak A. I., Didkovskij L. V.	82
DIAGNOSTICS OF ACTIVE EXPERIMENT DISTURBANCES IN THE NEAR-EARTH SPACE — Tyrnov O. F., Tsybal A. M.	83
GENERATION OF ARTIFICIAL PLASMA FORMATIONS IN SPACE AND MONITORING OF THEIR LOCAL PARAMETERS — Stepanov K. N., Buts V. A.	84

II.3. ASTROPHYSICS AND EXTRATERRESTRIAL ASTRONOMY

SOLAR-ORIENTED RESEARCH — Yatskiv Ya. S.	86
SOLAR-ORIENTED TELESCOPE — Gopasyuk S. I.	87
SOLAR BRIGHTNESS OSCILLATIONS MEASUREMENTS — Bruns A. V.	88

II.4. SPACE BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY AND MEDICINE — Kordyum E. L. 90

Division 1

BIOLOGY OF A CELL UNDER MICROGRAVITY; CYTOSKELETON ARRANGEMENT, CALCIUM HOMEOSTASIS, MECHANISMS OF GRAVISENSITIVITY OF LIVING SYSTEMS AT THE CELLULAR AND MOLECULAR LEVELS — Kordyum E. L.	91
IMPACT OF ALTERED GRAVITY ON THE CYTOSKELETON DYNAMICS AND CALCIUM HOMEOSTASIS DURING DEVELOPMENT OF GRAVIPERCEIVING AND GRAVIRESPONDING ROOT CELLS — Kordyum E. L.	92

PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF BIOLOGICAL MEMBRANES UNDER MICROGRAVITY — <i>Polulyakh Yu. A., Przhonska O. V.</i>	93
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON STRUCTURAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF ARTIFICIAL PHOSPHOLIPID MEMBRANES — <i>Borisova T. A.</i>	94
FUNCTIONING OF SECOND MESSENGERS (Ca ²⁺ -CALMODULIN, ADENYLATE CYCLASE) — <i>Yavorska V. K.</i>	94
ROLE OF POLYPHOSPHATIDYLINOSITOLS IN SIGNAL TRANSDUCTION IN MICROGRAVITY — <i>Kravets V. S.</i>	95
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON PHOTOSYNTHESIS PROCESS — <i>Volovik O. I.</i>	95
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON OXYGENIC PHOTOSYNTHESIS — <i>Zolotareva H. K.</i>	96
ROLE OF ETHYLENE AND ABSCISIC ACID IN BIOLOGICAL EFFECTS OF MICROGRAVITY — <i>Kurchii B. A.</i> INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON KINETICS AND NUTRITION OF PLANT MERISTEM — <i>Grodzinsky D. M.</i>	96 97
STRUCTURAL-METABOLIC ASPECTS OF CARBOHYDRATE METABOLISM IN MICROGRAVITY — <i>Kordyum E. L., Nedukha O. M.</i>	97
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON STRUCTURAL-FUNCTIONAL ORGANIZATION OF CYANOBACTERIA — <i>Zolotareva H. K., Shnyukova E. I.</i>	98
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON STRUCTURAL-FUNCTIONAL ORGANISATION OF UNICELLULAR AND COENOBIAL GREEN ALGAE — <i>Tsarenko P. M.</i>	98
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON DIVISION CAPABILITY AND EXPANSION GROWTH OF PLANT CELLS IN VITRO — <i>Klymchuk D. A.</i>	99
STUDY OF MICROGRAVITY EFFECTS ON TUMOR FORMATION IN PLANTS BY THE MODEL OF CROWN GALL INDUCTION WITH AGROBACTERIUM TUMEFACIENS — <i>Sarnatzkaya V. V.</i>	99
GENE EXPRESSION IN PLANTS IN MICROGRAVITY — <i>Prima V. I.</i>	100
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON PROTEIN BIOSYNTHESIS — <i>Kravets V. S.</i>	100
LIPID PEROXIDATION INTENSITY AND ANTIOXIDANT SYSTEM STATE IN PLANTS UNDER MICROGRAVITY — <i>Baranenko V. V.</i>	101
INFLUENCE OF SPACE FLIGHT FACTORS ON THE INTEGRITY AND ORGANIZATION OF NUCLEAR DNA — <i>Sorochinsky B. V.</i>	101
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON THE NERVOUS SIGNAL TRANSMISSION — <i>Himmelreich N. H., Borisova T. A.</i>	102
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON GROWTH, STRUCTURE, AND FUNCTIONS OF NERVOUS, ENDOCRINE AND TRANSFORMED CELLS — <i>Kostyuk P. G.</i>	102
IMMUNE RESPONSE IN MICROGRAVITY — <i>Skok M. V.</i>	103
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON OSTEOGENESIS — <i>Rodionova N. V.</i>	103
REGENERATION OF FISH DERMOSKELETON IN MICROGRAVITY — <i>Pegueta V. P.</i>	104
<i>Division 2</i>	
DEVELOPMENTAL BIOLOGY IN MICROGRAVITY — <i>Kordyum V. A., Kordyum E. L.</i>	105
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON VEGETATIVE AND GENERATIVE STAGES OF ONTOGENESIS AND PLANT SEED REPRODUCTION — <i>Kordyum E. L., Popova A. F.</i>	105
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF ORCHID PLANTS — <i>Cherevchenko T. M.</i>	106
GROWTH AND MORPHOGENESIS OF MOSS PROTONEMA IN MICROGRAVITY — <i>Demkiv O. T.</i>	107
GREENHOUSE OF MODULAR DESIGN FOR SHORT-TERM AND LONG-TERM GROWING OF HIGHER AND LOWER PLANTS — <i>Kordyum V. A.</i>	107
INFLUENCE OF HYPERGRAVITY, MICROGRAVITY AND IONIZED RADIATION ON THE STATE OF OXIDANT-ANTIOXIDANT HOMEOSTASIS OF RATS — <i>Baraboj V. A., Zinchenko V. A.</i>	108
<i>Division 3</i>	
INTERACTION OF EUKARYOTIC (PLANTS, ANIMALS, HUMAN), PROKARYOTIC (PATHOGENIC, SYMBIOTIC AND ASSOCIATED) ORGANISMS AND VIRUSES IN MICROGRAVITY; CHANGES OF MICROFLORA AND ITS PATHOGENIC PROPERTIES IN THE CABIN OF SPACE VEHICLES — <i>Kordyum E. L.</i>	109
INFLUENCE OF SPACE FLIGHT FACTORS ON DNA AND RNA GENOMIC VIRUSES AND THE «VIRUS — CELL» SYSTEM — <i>Dyachenko N. S.</i>	109
PHYTOVIRUSES AND VIRUS-INFECTED PLANTS (WHEAT, TOBACCO) UNDER MICROGRAVITY — <i>Boyko A. L., Mischenko L. T.</i>	110
VIRUSES OF PHYTOPATHOGENIC BACTERIA (BACTERIOPHAGES) IN MICROGRAVITY — <i>Gvozdyak R. I.</i>	110
AGGRESSION OF PATHOGENIC BACTERIA IN MICROGRAVITY — <i>Gvozdyak R. I.</i>	111
AGGRESSION OF XANTHOMONAS CAMPESTRIS IN MICROGRAVITY — <i>Nedukha O. M.</i>	111
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON THE LYSOGENIC CYANOBACTERIA — <i>Mendzhul M. I.</i>	112
EXCHANGE OF GENETIC INFORMATION BETWEEN BACTERIA IN MICROBIOCENOSIS UNDER MICRO- GRAVITY — <i>Kozyrovska N. A.</i>	112
<i>Division 4</i>	
USE OF THE MAGNETIC FIELD TO STUDY THE PLANT GRAVIPERCEPTIVE APPARATUS — <i>Kordyum V. A.</i>	113
EFFECT OF THE GRADIENT MAGNETIC FIELD ON PLANTS UNDER THE CONDITIONS OF THE GRAVITATIONAL FIELD WEAKENING — <i>Bogatina N. I., Kordyum E. L.</i>	113
USE OF THE MAGNETIC FIELD FOR EVALUATION OF THE PLANT GRAVIPERCEPTIVE APPARATUS AND FOR COMPENSATION OF THE ABSENCE OF THE VECTOR OF GRAVITY — <i>Kondrachuk A. V., Belyavskaya N. A.</i>	114

Division 5

WORKING OUT SPACE CELL BIOTECHNOLOGY, THE METHODS OF SPACE PLANTING, WASTE UTILIZATION, AND EQUIPMENT MONITORING — <i>Kordyum E. L., Korkushko O. V.</i>	115
DAPHNIA AS BIOTEST ON GENERAL TOXITY AND MUTAGENEITY OF ENVIRONMENT IN SPACE VEHICLES — <i>Moiseenko K. Ya.</i>	115
INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON THE PHYSIOLOGICAL STATE AND REPRODUCTIVE ABILITY OF OLIGOCHETAE — <i>Evtushenko N. Yu.</i>	116
APPLICATION OF THIN-FILM SENSORS IN SPACE BIOLOGICAL EXPERIMENTS — <i>Vojtovich I. D.</i>	117
BIOSPECIFIC CARBON SORBENTS AND THEIR APPLICATION FOR MEDICINE AND BIOTECHNOLOGY — <i>Bakalinskaya O. N.</i>	117
MICROALGA BIOMINERALISATION UNDER MICROGRAVITY — <i>Estrela-Liopis V. R., Popova A. F.</i>	118

Division 6

PREBIOTIC SYNTHESIS IN OPEN SPACE AND EXOBIOLGY — <i>Kordyum E. L.</i>	119
STUDY OF PREBIOTIC SYNTHESIS IN OUTER SPACE CONDITIONS — <i>Pokrovsky V. A.</i>	119
PROTECTIVE PROPERTIES OF FUNGUS STRUCTURES (LICHEN) IN OUTER SPACE — <i>Kondratyuk S. Ya.</i>	120

Division 7

LIFE SPAN AND AGING IN MICROGRAVITY — <i>Frolkis V. V.</i>	121
GRAVITY EFFECTS DURING SPACE FLIGHTS UPON AGING AND LONGEVITY OF THE LIVING ORGANISMS: MODELING THE GRAVITY OF SOLAR SYSTEM PLANETS — <i>Frolkis V. V., Muradjan Kh. K.</i>	121

Division 8

SPACE MEDICINE — <i>Korkushko O. V.</i>	122
MECHANISMS OF PROPERTY CHANGES OF BIOMINERALS IN MICROGRAVITY AND METHODS FOR REDUCTION OF BONE DEMINERALISATION IN A SPACE FLIGHT — <i>Vozianov A. F., Brik A. B.</i>	122
SKELETAL EFFECTS OF MICROGRAVITY AND PROTECTOR EFFECTS OF INTERMITTENT GASEOUS MIXTURES WITH LOW OXYGEN CONTENT ON OSTOPENIA — <i>Berezovsky V. A.</i>	123
STUDY OF THE INFLUENCE OF IONIZING RADIATION AND OTHER SPACE FACTORS ON A HUMAN ORGANISM BY TELEMEDICINE AND COMPUTER DIAGNOSTIC TECHNIQUE — <i>Cheban A. K.</i>	124
INFLUENCE OF SPACE FLIGHT FACTORS ON PROCESSES OF THROMBUS FORMATION AND DESTRUCTION IN HUMAN BLOOD — <i>Komissarenko S. V.</i>	124
INFLUENCE OF SPACE FLIGHT FACTORS ON BLOOD MICROCIRCULATION AND ITS RHEOLOGICAL PROPERTIES IN HUMAN — <i>Korkushko O. V.</i>	125
EVALUATION OF OXIDANT AND IMMUNE HOMEOSTASIS IN PERSONS EXPOSED TO ADVERSE INFLUENCE OF SPACE FACTORS. PROPHYLAXIS AND CORRECTION OF PATHOLOGICAL CHANGES — <i>Chumak A. A., Ovsianikova L. M.</i>	125
MAINTENANCE OF A CAPACITY FOR WORK OF ASTRONAUTS DURING A SPACE MISSION: NEW TECHNOLOGY BASED ON SELECTED GASEOUS MIXTURES — <i>Berezovsky V. A.</i>	126
PSYCHOPHYSIOLOGICAL MONITORING OF ASTRONAUTS — <i>Kundiev Yu. I.</i>	126
INFLUENCE OF SPACE FLIGHT FACTORS ON BIOLOGICAL PROPERTIES OF HUMAN RESIDENT MICROFLORA: EXPERIMENTS IN VIVO AND IN VITRO — <i>Vozianov A. F.</i>	127
STUDY OF THE NEGATIVE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION PRODUCED BY RADIO ELECTRONIC DEVICES ON BOARD THE ISS ON THE HOMEOSTATIC SYSTEM OF ASTRONAUTS — <i>Tsutsaeva A. A.</i>	128
CONCLUSION TO THE «SPACE BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY, AND MEDICINE» CHAPTER	128

II.5. SPACE POWER ENGINEERING AND PROPULSION

SOLAR POWER ENGINEERING — <i>Prisnyakov V. F., Pilipenko V. V.</i>	129
STUDY OF THE BASIC VARIABLES OF A CABLE-TETHER SYSTEM INTENDED AS AN ELECTROMECHANICAL LINKAGE BETWEEN SPACE VEHICLES — <i>Alpatov A. P., Pirozhenko A. V., Voloshenjuk O. L., Khoroshilov V. S.</i>	129
PROCESSES OF SOLAR ENERGY CONVERSION INTO ELECTRIC ENERGY IN THE ADVANCED MULTIPLAYER PHOTO CELLS IN A COMPLEX WITH SOLAR RADIATION CONCENTRATORS — <i>Alpatov A. P., Fokov O. A., Statsenko I. M., Rassamakin B. M., Shmireva A. H., Belov D. G., Medvednikov S. V., Tarasov G. I., Perekopskiy I. I., Khoroshilov V. S.</i>	131
CHECK OF ADEQUACY OF MATHEMATICAL MODELS OF THE DYNAMICS OF HIGHLY DEFORMABLE LOW-ELASTIC LARGE-AREA SURFACES UNDER MICROGRAVITY — <i>Alpatov A. P., Delyamoure V. P., Khramov D. A., Belonozhko P. P.</i>	132

II.6. PHYSICAL-CHEMICAL PROCESSES UNDER MICROGRAVITY

PHYSICAL-CHEMICAL PROCESSES UNDER MICROGRAVITY — <i>Nemoshkalenko V. V.</i>	133
SPACE-BORNE CRYOGENIC FACILITY TO STUDY THE LIQUID HELIUM PHENOMENA UNDER MICROGRAVITY AND THE RELEVANT EXPERIMENTAL PROGRAM — <i>Bondarenko S. I., Melenevsky Yu. A., Rusanov K. V., Scherbakova N. S.</i>	134
EXPERIMENTAL STUDY OF SOLID-LIQUID INTERFACE IN TRANSPARENT SUBSTANCES — <i>Nemoshkalenko V. V., Fedorov O. P., Zhiivolub E. I., Bersudsky E. I., Chemerinsky G. P.</i>	135
DEVELOPMENT OF A NEW METHOD OF PRODUCING THE MATERIALS UNDER MICROGRAVITY USING ULTRASONIC FIELD — <i>Nemoshkalenko V. V., Kozlov A. V.</i>	137
ELECTRON BEAM ZONE MELTING OF Ni-BASE EUTECTIC — <i>Barabash O. M., Nemoshkalenko V. V.</i>	138
CAPILLARY PROPERTIES OF METAL MELTS, NON-METAL MATERIALS AND PROCESSES OF WETTING	

AND BRAZING UNDER MICROGRAVITY — <i>Najdich Yu. V., Gab I. I., Zhuravlev V. S.</i>	139
NEW CAPABILITIES OF GROWING SEMI-CONDUCTOR MATERIALS BY THE METHOD OF ELECTRON BEAM CRUCIBLELESS ZONE MELTING UNDER MICROGRAVITY — <i>Paton B. E., Asnis Yu. A., Zabolotin S. P., Baranskii P. I., Babich V. M.</i>	140
II.7. SYSTEM ANALYSIS	
PLANNING AND MANAGEMENT OF THE EXPERIMENTS — <i>Kuntsevich V. M.</i>	142
PLANNING AND MANAGEMENT OF ON-BOARD EXPERIMENTS AT THE SCIENTIFIC ORBITAL LABORATORY IN THE STRUCTURE OF THE ISS — <i>Cherepin V. T., Kamelin A. B., Kuntsevitch V. M., Lychak M. M.</i>	142
CONCLUDING REMARKS	151

2000.—6, № 5/6

П'ЯТЬ РОКІВ ЖУРНАЛУ «КОСМІЧНА НАУКА І ТЕХНОЛОГІЯ»	3	FIVE YEARS OF JOURNAL «SPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY»
<i>Солодовнік Л. Л.</i> Мас-спектрометричні дослідження верхньої атмосфери і молекулярного оточення космічних апаратів бортовими приладами СКТБ ФТІНТ НАН України	8	<i>Solodovnik L. L.</i> Mass spectrometry of the upper atmosphere and molecular surrounding of spacecraft by on-board SRDB ILTPh&E instruments
<i>Ефимов В. Б., Калмыков И. А., Краснов О. А., Курекин А. С., Цымбал В. Н., Комяк В. А., Яцевич С. Е.</i> Применение радиолокации Земли из космоса в гидрометеорологии	16	<i>Efimov V. B., Kalmykov I. A., Krasnov O. A., Kurekin A. S., Tsymbal V. N., V. A. Komyak, and Yatsevich S. Ye.</i> Radar remote sensing of the Earth from space in hydrometeorology
<i>Киров Б., Георгиева К., Данов Д., Банков Л., Василева А.</i> Воздействие солнечной вспышки на ионосферы Венеры и Земли по данным спутников «Пионер-Венера» и «Dynamics Explorer-B»	29	<i>Kirov B., Georgieva K., Danov D., Bankov L., Vassileva A.</i> Effect of solar flares on the ionospheres of Venus and the Earth from the Pioneer Venus and Dynamics Explorer-B data
<i>Баранец Н. В., Афонин В. В., Гладышев В. А., Соболев Я. П., Комраков Г. П.</i> Модификация ионосферной плазмы в ближнем ВЧ-поле дипольной антенны: активный эксперимент в космосе	35	<i>Baranets N. V., Afonin V. V., Gladyshev V. A., Sobolev Ya. P., Komrakov G. P.</i> Modification of ionospheric plasma in the near RF field of a dipole antenna: Active experiment in space
<i>Баранец Н. В., Ружин Ю. Я., Афонин В. В., Ораевский В. Н., Пулинец С. А., Докукин В. С., Михайлов Ю. М., Соболев Я. П., Жузгов Л. Н., Прутенский И. С.</i> Квазиперпендикулярная к геомагнитному полю инжекция электронных пучков до данным спутника «Интеркосмос-25»: проект АПЭК	49	<i>Baranets N. V., Ruzhin Yu. Ya., Afonin V. V., Oraevsky V. N., Pulinets S. A., Dokoukin V. S., Mikhailov Yu. M., Sobolev Ya. P., Zhuzgov L. N., Prutensky I. S.</i> Electron beam injection quasilateral to the geomagnetic field from the data of Intercosmos-25 satellite: APEX project
НАШІ АВТОРИ	63	OUR AUTHORS
АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК (тт. 1—6, 1995—2000 рр.)	66	AUTHOR INDEX (Volumes 1—6, 1995—2000)
ПОВНИЙ ЗМІСТ тт. 1—6 за 1995—2000 рр.	87	TABLE OF CONTENTS (Volumes 1—6, 1995—2000)
НОВИНИ КОСМІЧНИХ АГЕНТСТВ СВІТУ	105	NEWS FROM SPACE AGENCIES