



**НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ СЕРИИ**  
**(создан приказом ректора МГУ им. М.В. Ломоносова**  
**№ 698 от 25 сентября 2007 г.)**

*Председатель совета:* **Садовничий В.А.**, академик РАН, ректор  
МГУ имени М.В. Ломоносова

*Зам. Председателя совета:* **Салецкий А.М.**, профессор, дирек-  
тор дирекции инновационных проектов 2006–2007 гг.  
МГУ имени М.В. Ломоносова

***Члены совета:***

*Антипенко Э.Е.*, профессор, проректор МГУ;

*Вржещ П.В.*, профессор, проректор МГУ;

*Семин Н.В.*, проректор МГУ;

*Зинченко Ю.П.*, профессор, декан факультета психологии МГУ;

*Касимов Н.С.*, чл.-корр. РАН, декан географического факультета  
МГУ;

*Кирпичников М.П.*, академик РАН, декан биологического факуль-  
тета МГУ;

*Колесов В.П.*, профессор, декан экономического факультета МГУ;

*Лунин В.В.*, академик РАН, декан химического факультета МГУ;

*Мионов В.В.* профессор, проректор МГУ;

*Михалев А.В.* профессор, проректор МГУ;

*Моисеев Е.И.*, академик РАН, декан факультета вычислительной  
математики и кибернетики МГУ;

*Пуцаровский Д.Ю.*, чл.-корр. РАН, декан геологического факуль-  
тета МГУ;

*Ткачук В.А.*, академик РАН, декан факультета фундамен-  
тальной медицины МГУ;

*Третьяков Ю.Д.*, академик РАН, декан факультета наук о мате-  
риалах МГУ;

*Трухин В.И.*, профессор, декан физического факультета МГУ.

Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова

Серия «Инновационный Университет»

**М.И. Панасюк, А.М. Анохина, Е.А. Сигаева**

**ИННОВАЦИОННЫЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ  
И МАТЕРИАЛЫ В ОБЛАСТИ НАУК  
О КОСМОСЕ И ОКОЛОЗЕМНОМ  
ПРОСТРАНСТВЕ**



Издательство Московского университета

2007

УДК 378.1; 52  
ББК 74.58; 22.657  
И66

Серия «Инновационный Университет»

**И66 Инновационные образовательные программы и материалы в области наук о космосе и околоземном пространстве.** Образования. М.И. Панасюк, А.М. Анохина, Е.А. Сигаева. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 72 с.

ISBN 978-5-211-05520-9

Аналитический обзор выполнен в рамках реализации национального проекта «Формирование системы инновационного образования в МГУ им. М.В. Ломоносова» (2006–2007 гг.) В настоящем издании представлены новые образовательные программы и материалы в области наук о космосе и околоземном пространстве, разработанные в Научно-исследовательском институте ядерной физики им. Д.В. Скобельцина в рамках проекта по формированию системы инновационного образования в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

Разработанные программы включают в себя теоретическую и практическую части, и основаны на созданных в НИИЯФ МГУ учебных пособиях, как в традиционном «бумажном» виде, так и в виде мультимедийных курсов, электронных учебников и практикумов. Одним из серьезных отличий новых программ от всего существовавшего ранее является широкое использование в учебном процессе дистанционных методов обучения и самостоятельного ознакомления с материалом, что позволит значительно расширить круг учащихся.

*Серия издается по решению редакционного совета издательства  
Московского университета*

ISBN 978-5-211-05520-9 © Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Краткосрочные программы дополнительного образования</b> .....	10
Учебные планы программ дополнительного образования...	11
Учебные программы курсов дополнительного образования	16
<b>Инновационный космический практикум для программ подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров</b> .....	36
1. Общие положения .....	36
2. Концепция практикума по радиоэлектронике, как часть инновационного космического практикума .....	37
3. Основные направления развития и содержание задач практикума по радиоэлектронике, как составной части инновационного космического практикума .....	38
4. Аннотации задач практикума по радиоэлектронике.....	39
<b>Электронный учебник для студентов и слушателей системы дополнительного образования</b> .....	42
Аннотации лекций.....	43
<b>Мультимедийный курс «Жизнь Земли в атмосфере Солнца»</b> .....	61
<b>Специальный космофизический практикум</b> .....	63
Аннотации задач «Космического практикума».....	64



Задачами созданного в НИИЯФ МГУ центра коллективного пользования «Центр космических технологий и образования» являются развитие научных исследований и профессиональная подготовка и переподготовка специалистов по физике космоса и астрофизике, технологиям создания новых материалов для использования в ракетно-космической отрасли, дистанционному зондированию Земли, проектированию полезных нагрузок научно-образовательных космических аппаратов и информационному обеспечению космических полетов.

Одним из основных направлений деятельности Центра является разработка новых образовательных программ: магистерских, дополнительного образования и повышения квалификации для работников космической отрасли, а также подготовка учебных материалов по соответствующей тематике для дальнейшего использования их в учебном процессе, в том числе с привлечением дистанционных методов обучения, что позволит значительно расширить круг учащихся.

В настоящее время подготовлены краткосрочные программы повышения квалификации по направлениям «Физика космоса и космические исследования», «Космическое материаловедение», «Космическая геоэкология», «Цифровая обработка сигналов и программирование цифровых сигнальных процессоров», «Космическая радиобиология», каждая из которых рассчитана приблизительно на 100 часов обучения, включая практические занятия.

В основу образовательных программ легли созданные в НИИЯФ МГУ учебные пособия, разработанные как в традиционном «бумажном» виде, так и в виде электронных учебников и практикумов.

В настоящее время завершается научное редактирование электронного учебника «Космические исследования и взаимодействия космической среды с системами и материалами космических аппаратов». Девятнадцать глав электронного учебника знакомят учащихся с основными процессами, происходящими в космическом пространстве, и их воздействием на аппаратуру и биологические объекты, как на околоземных орбитах, так и на Земле.

Наряду с электронным учебником специалистами НИИЯФ и ГАИШ разработан мультимедийный курс «Жизнь Земли в атмо-

сфере Солнца», разделы которого («Земля», «Солнце» и «Солнечноземные связи») содержат информацию об основных явлениях в космосе, а также большое количество ссылок на источники научной информации в Интернете.

В системе физического образования традиционно большое внимание уделяется практической работе учащихся. Однако оборудование и аппаратура, используемые для выполнения практикума в области физики космоса и околоземного пространства, являются сложными и дорогостоящими, из-за чего лишь крайне ограниченное количество вузов могут позволить себе организацию подобных практикумов. Кроме того, для изучения процессов в космическом пространстве требуется длительный период наблюдений.

Инновационный практикум по радиоэлектронике для программ дополнительного образования, разработанный в НИИЯФ МГУ, включает разделы, отражающие различные этапы подготовки и проведения космических экспериментов. В том числе изучение детектирующих устройств для регистрации различных компонентов космической радиации; исследование современных методов радиоэлектроники, применяемых в космических средствах и системах; изучение современных методов обработки и анализа телеметрической информации.

В рамках выполнения инновационного проекта разработан электронный физический практикум «Космофизика», основным назначением которого является создание инструмента, с помощью которого учащиеся могут изучать процессы, происходящие в космическом пространстве, и осваивать современные методы работы с научной информацией. Практикум включает в себя два раздела: «Земля», задачи которого позволяют познакомиться с методами исследования Земли из космоса, и «Солнце», задачи которого посвящены исследованию процессов на Солнце и их влиянию на магнитосферу Земли. Кроме того, практикум содержит дополнительный раздел с информацией об основных методах обработки данных, построении оценок физических параметров по экспериментальным данным и проверке их достоверности, что необходимо для правильной интерпретации полученных результатов.

Наряду с электронным практикумом по космофизике сотрудниками НИИЯФ МГУ разработан сборник «Космический практикум» в традиционном «бумажном» виде. Это пособие является



первым в отечественной литературе практикумом по космической физике, построенным на базе данных реальных космических экспериментов.

Кроме знакомства учащихся с важнейшими физическими явлениями в околоземном космическом пространстве, одной из основных целей является обучение учащихся основным методам работы с научной информацией.

В Центре космических технологий и образования создан пункт приема научной и служебной информации с борта космических аппаратов, изначально предназначенный для приема информации и управления полетом спутника «Университетский», запущенного к 250-летию юбилею МГУ. С 2006 года начат прием информации с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли серии NOAA, космического аппарата Тетра и других ИСЗ.

Получаемая спутниковая информация наряду с научной информацией с других российских и иностранных космических аппаратов представлена на информационном портале космического мониторинга. Созданные информационные системы и программные продукты кроме задач получения, анализа, обработки и хранения научной информации позволяют осуществлять визуализацию и анализ данных с использованием моделей космической среды, что необходимо как в образовательных, так и в научных целях.

В созданной в ходе выполнения проекта учебной лаборатории Космофизического практикума с сентября 2006 года проходят регулярные занятия студентов физического факультета МГУ, а также вузов-партнеров по проекту – Ульяновского и Костромского государственных университетов. В июне 2007 года в Костромском университете состоялись защиты пяти дипломных работ, выполненных студентами КГУ на основе обработки экспериментальных данных, полученных на спутнике «Университетский-Татьяна». Работы выполнялись при совместном руководстве сотрудников КГУ и НИИЯФ МГУ. Аттестационная комиссия отметила как высокий уровень выполнения дипломных работ, так и инновационность используемых подходов. Выполненная работа явилась своего рода проверкой разрабатываемых учебных материалов и подходов и продемонстрировала возможности их дальнейшего развития.

## КРАТКОСРОЧНЫЕ ПРОГРАММЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Общая информация о программах дополнительного образования

Название программы	Номер и дата приказа об открытии программы	Объем (час.)	Финансирование	Форма обучения	Сроки обучения (мес.)	План приема на 2007/2008 учебный год
Космическое материальное наследие		128	К	дневная/ вечерняя	4	30
Космическая геоэкология		72	К	дневная/ вечерняя	2,5	20
Космическая радиобиология		100	К	дневная/ вечерняя	3,5	20
Физика космоса и космические исследования		72	К	дневная/ вечерняя	2	20
Цифровая обработка сигналов и программирование цифровых сигнальных процессоров		74	К	дневная/ вечерняя	1,5	18

## УЧЕБНЫЕ ПЛАНЫ ПРОГРАММ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Учебный план программы «Космическое материаловедение»*

**Цель:** повышение квалификации специалистов, работающих в космических отраслях

**Категория слушателей:** инженеры

**Срок обучения** .....128, 16 , 4 ..... (час., нед., мес.)

**Режим занятий** .....4 часа в день, 2 раза в неделю.....(час. в день)

N	Наименование разделов и дисциплин	Всего, час.	в т.ч. лекции	в т.ч. практ. занятия	Форма контроля
1	Введение	2	2		
2	Факторы космического пространства	8	8		
3	Физические процессы воздействия космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов	33	33		
4	Радиационные воздействия на материалы и оборудование космических аппаратов	20	20		
5	Методы математического моделирования процессов взаимодействия космических аппаратов с окружающей средой	14	14		
6	Экологические, социально-экономические и правовые аспекты космической деятельности	9	9		
7	Практические занятия	32		32	зачет
	<b>Итого</b>	<b>128</b>	<b>96</b>	<b>32</b>	<b>экзамен</b>

*Учебный план программы «Космическая геоэкология»*

**Цель:** повышение квалификации специалистов, работающих в космических отраслях

**Категория слушателей:** инженеры, экономисты

**Срок обучения** .....72, 9 , 2 .....(час., нед., мес.)

**Режим занятий** .....4 часа в день, 2 раза в неделю... ..(час. в день)

N	Наименование разделов и дисциплин	Всего, час.	в том числе лекции	в том числе практические занятия	Форма контроля
1	Введение	4	4		
2	Локальные системы мониторинга	4	4		
3	Современные и перспективные системы наблюдений Земли из космоса	8	8		
4	Представление данных дистанционного зондирования в виде многоспектральных изображений	4	4		
5	Оценка параметров состояния объектов с использованием методов вычислительной математики	4	4		
6	Восстановление элементов многоспектрального изображения	4	4		
7	Возможности систем локального мониторинга	8	8		
8	Практические занятия	36		36	зачет
	Итого	72	36	36	экзамен

*Учебный план программы «Космическая радиобиология»*

**Цель:** повышение квалификации специалистов, работающих в космических отраслях

**Категория слушателей:** врачи, инженеры

Срок обучения .....100, 12,5.. , 3 .....(час., нед., мес.)

**Режим занятий** .....4 часа в день, 2 раза в неделю .....(час. в день)

N	Наименование разделов и дисциплин	Всего, час.	в т.ч. лекции	в т.ч. практ. занятия	Форма контроля
1	Введение	4	4		
2	Исследование повреждений внутриклеточных структур и клеток тканей в результате воздействия различных ионизирующих излучений	16	16		
3	Действие ионизирующих излучений на системы клеточного обновления	16	16		
4	Сравнительная радиочувствительность различных млекопитающих и ряда других биологических объектов	10	10		
5	Закономерности протекания восстановительных процессов в пострadiационном периоде	16	16		
6	Модели формирования радиационных поражений организма	16	16		
7	Концепция обобщенного дозиметрического функционала. Радиационный риск для космонавтов в процессе осуществления Межпланетных космических полетов	16	16		
8	Практические занятия	6		6	зачет
	<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	<b>94</b>	<b>6</b>	<b>экзамен</b>

*Учебный план программы «Физика космоса  
и космические исследования»*

**Цель:** ознакомление с космическими исследованиями и технологиями заинтересованных слушателей, не имеющих технических или научных специальностей

**Категория слушателей:** инженеры, журналисты, врачи

**Срок обучения** .....72, 9 , 2 .....(час., нед., мес.)

Режим занятий ....4/ 8 часов в день, 2 раза в неделю ...(час. в день)

№	Наименование разделов и дисциплин	Всего, час.	в т.ч. лекции	в т.ч. практ. занятия	Форма контроля
1	Космос, космические объекты и излучения	4	4		
2	Структура материи	4	4		
3	Радио-, рентгеновская и гамма-астрономия	4	4		
4	Нейтрино и нейтринная астрофизика	4	4		
5	Магнитосферы планет. Радиационные пояса Земли.	4	4		
6	Солнце, гелиосфера, солнечные циклы	4	4		
7	Звезды, возможные пути эволюции	4	4		
8	Источники жесткого излучения, Галактика, Млечный путь, Метагалактика	4	4		
9	Космология, Большой взрыв	4	4		
10	Практические занятия в виде ознакомительных экскурсий	36		36	зачет
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	реферат

**Учебный план программы «Цифровая обработка сигналов  
и программирование цифровых сигнальных процессоров»**

**Цель:** повышение квалификации специалистов, занимающихся программированием научной аппаратуры

**Категория слушателей:** инженеры

**Срок обучения** .....72, 6 , 1.5 .....(час., нед., мес.)

**Форма обучения** .....дневная/ .....вечерняя

**Режим занятий** ..... 6 часов в день, 2 раза в неделю ....(час. в день)

№	Наименование разделов и дисциплин	Всего, час.	в т.ч. лекции	в т.ч. практ занятия	Форма контроля
1	Методы анализа сигналов. Цифровая обработка сигналов. Шумы	2	2		
2	Построение цифровых фильтров	2	2		
3	Цифровые сигнальные процессоры	2	2		
4	Программная модель. Ассемблер для ADSP-2181. Основы программирования на СИ для ADSP-2181	2	2		
5	Амплитудный анализ. Многомерный анализ	2	2		
6	Практические занятия	64		64	зачеты
	<b>ИТОГО</b>	<b>74</b>	<b>10</b>	<b>64</b>	<b>зачет</b>

# УЧЕБНЫЕ ПРОГРАММЫ КУРСОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

## Учебная программа курса Космическое материаловедение (128 часов)

### 1. Введение – 2 час.

Предмет и задачи дисциплины. Роль дисциплины в проблеме обеспечения надежности и долговечности космической техники и в повышении ее экономической эффективности. Связь со смежными дисциплинами: физикой и химией плазмы, ядерной физикой, физикой твердого тела и др.

### 2. Лекционные занятия

#### Тема 1. ФАКТОРЫ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА.

Раздел 1. Космическое пространство, межпланетная среда, Солнечная система – 2 час.

Раздел 2. Околосреднее космическое пространство – 4 час.

Раздел 3. Классификация факторов космического пространства – 2 час.

#### Тема 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КА

Раздел 4. Воздействие космического вакуума – 2 час.

Раздел 5. Методы и технические средства испытаний материалов на воздействие вакуума – 2 час.

Раздел 6. Воздействие холодной космической плазмы – 2 час.

Раздел 7. Распыление полимерных и композиционных материалов атомарным кислородом – 2 час.

Раздел 8. Методы и технические средства исследования воздействия на материалы холодной плазмы и атомарного кислорода – 3 час.

Раздел 9. Собственная внешняя атмосфера КА – 3 час.

Раздел 10. Воздействие на материалы электромагнитного излучения Солнца – 2 час.



Раздел 11. Имитаторы солнечного излучения – **2 час.**

Раздел 12. Воздействие на материалы и оборудование метеорной материи и частиц космического мусора – **4 час.**

Раздел 13. Технические средства имитации потоков космической пыли – **2 час.**

Раздел 14. Электризация космических аппаратов – **4 час.**

Раздел 15. Лабораторное моделирование электризации КА – **3 час.**

Раздел 16. Электрическая прочность высоковольтного оборудования в открытом космосе – **2 час.**

Раздел 17. Специфика комплексного воздействия ФКП на материалы и оборудование – **2 час.**

### **Тема 3. РАДИАЦИОННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КА**

Раздел 18. Заряженные частицы высокой энергии в космическом пространстве – **2 час.**

Раздел 19. Прохождение заряженных частиц через вещество и элементы ядерной физики – **2 час.**

Раздел 20. Радиационные повреждения материалов – **4 час.**

Раздел 21. Объемная электризация диэлектриков – **3 час.**

Раздел 22. Функциональные сбои в элементах электронного оборудования КА – **4 час.**

Раздел 23. Радиационная деградация терморегулирующих покрытий и солнечных батарей КА – **4 час.**

Раздел 24. Моделирование на ускорителях и изотопных установках радиационных воздействий на КА – **4 час.**

Раздел 25. Детекторы и лабораторные методы регистрации излучений – **4 час.**

Раздел 26. Космическая дозиметрия – **3 час.**

### **Тема 4. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ**

Раздел 27. Современные средства вычислительной техники и программное обеспечение – **3 час.**

Раздел 28. Построение расчетных математических моделей реальных КА – **3 час.**

Раздел 29. Математическое моделирование процессов электризации и собственной внешней атмосферы КА – **4 час.**

Раздел 30. Математическое моделирование радиационных воздействий и объемного заряжения диэлектриков – **4 час.**

## **Тема 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Раздел 31. Техногенные воздействия на околоземную среду: «космический мусор», воздействие ракетно-космической техники на ионосферу и верхнюю атмосферу, техногенные электромагнитные излучения в космосе – **3 час.**

Раздел 32. Активные эксперименты в космосе, устойчивость космической среды – **3 час.**

Раздел 33. Социально-экономические и правовые аспекты космической деятельности – **3 час.**

## **Тема 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

1. Исследование воздействия холодной плазмы и атомарного кислорода на материалы – **6 час.**

2. Эксперименты на ускорителях заряженных частиц по изучению радиационных воздействий – **10 час.**

3. Лабораторное моделирование и исследование воздействия потоков микрометеорных частиц – **8 час.**

4. Математическое моделирование процессов взаимодействия КА с окружающей средой – **8 час.**

## **3. Методические рекомендации и пособия по изучению курса или дисциплины**

1. А.И. Акишин, Л.С. Новиков. Электризация космических аппаратов, М. Знание, 1985.

2. А.И. Акишин, Л.С. Новиков. Воздействие окружающей среды на материалы космических аппаратов, М. Знание, 1983.

3. А.И. Акишин, Л.С. Новиков. Методика и оборудование имитационных испытаний материалов космических аппаратов, М. Изд-во МГУ, 1989.

4. А.И. Акишин, Л.С. Новиков. Методы имитации воздействия окружающей среды на материалы космических аппаратов, М. Изд-во МГУ, 1986.

5. Л.С. Новиков, Н.Н. Петров, Ю.А. Романовский. Экологические аспекты космонавтики. М. Знание, 1986.

**4. Контрольные задания** – экзамен, зачеты по задачам практикума.

## 5. Литература

1. Авдюшин С.И., Новиков Л.С., Похунков А.А. и др. Электронная концентрация в полярной ионосфере по данным ракетных измерений на о. Хейса. В кн.: «Физика верхней атмосферы». Труды ИЭМ, Вып. 11(95) – М.: Гидрометеиздат, 1982, с. 3–12.

2. Sagdeev R.Z., Managadze G.G., ... Novikov L.S. et al. Experiments with injection of powerful plasma jet into the ionosphere. *Adv. Spase Res.*, 1981, v. 1, <sup>1</sup> 2, p. 129–140.

3. Акишин А.И., Новиков Л.С. Физические процессы на поверхности искусственных спутников Земли. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.

4. Милеев В.Н., Новиков Л.С. Физико-математическая модель электризации ИСЗ на геостационарной и высокоэллиптических орбитах. В кн.: «Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца». – М.: Наука, 1989, вып. 86, с. 64–98.

5. Новиков Л.С., Бабкин Г.В., Морозов Е.П. и др. Комплексная методология определения параметров электростатической зарядки, электрических полей и пробоев на космических аппаратах в условиях их радиационной электризации. Руководство для конструкторов. – М.: Изд-во ЦНИИмаш, 1995.

6. Новиков Л.С., Семкин Н.Д., Куликаускас В. и др. Масс-спектрометрия ионов, эмитируемых при соударении ускоренных пылинок с мишенью. *ЖТФ*, 1988, т. 58, <sup>1</sup> 6, с. 1160–1163.

7. Акишин А.И., Кирюхин В.П., Новиков Л.С., Сливков И.Н. К вопросу об иницировании пробоя в вакууме ударами быстролетающих частиц. *ЖТФ*, 1984, т. 54, <sup>1</sup> 1, с. 179–181.

8. Новиков Л.С. Методы имитации воздействия космической радиации. Препринт НИИЯФ МГУ, 2003, 9 /722.

## **Учебная программа курса КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ (72 часа)**

### **1. Введение.**

Космическое землеведение – как междисциплинарное инновационное направление физико-математических, информационно-динамических, биогеохимических и других аспектов развития приложений данных дистанционного аэрокосмического зондирования. Современные методы и технологии использования данных космического и локального мониторинга природно-техногенной сферы, представленных в виде цифровых многоспектральных изображений. Получение объективной информации о состоянии наблюдаемых объектов. – **4 часа.**

### **2. Лекционные занятия**

**Тема 1. РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Раздел 1. Локальные системы мониторинга (на базе малой авиации с географической привязкой результатов через глобальные системы спутникового позиционирования) – **4 часа.**

Раздел 2. Построение инновационной базы устойчивого развития отдельных регионов в сочетании с создаваемой информационной базой глобального покрытия территорий, а также погодно-климатическими и природно-ресурсными особенностями отдельных регионов с использованием данных космического и локального мониторинга – **4 часа.**

Раздел 3. Современные и перспективные системы наблюдений Земли из космоса, аппаратура дистанционного космического зондирования в видимой, инфракрасной и микроволновой областях спектра – **2 часа.**

Раздел 4. Экологические и информационные особенности решения прикладных задач космического землеведения: природные стихийные бедствия (наводнения, засухи, лесные пожары и др.), загрязнения окружающей среды и т.п. – **2 часа.**

## **Тема 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Раздел 5. Представление исходных данных дистанционного зондирования в виде многоспектральных изображений. Методы распознавания образов природных объектов – **4 часа**.

Раздел 6. Новые подходы к решению задач количественной оценки параметров состояния объектов природно-техногенной сферы по данным дистанционного зондирования с использованием методов вычислительной математики в дополнение к общепринятым методам качественной оценки состояния этих объектов из космоса – **4 часа**.

Раздел 7. Принципы решения прямых задач расчета функционала многоспектральных яркостей и обратных задач восстановления параметров состояния для каждого элемента многоспектрального изображения – **4 часа**.

Раздел 8. Решения глобальных и региональных задач оценки текущего состояния и изменений объектов атмосферы, гидросферы, геосферы, биосферы по многоспектральным аэрокосмическим изображениям разного пространственного и спектрального разрешения – **4 часа**.

Раздел 9. Новые возможности развития систем локального мониторинга объектов природно-техногенной сферы на базе малой авиации, оснащенных техническими средствами глобального спутникового позиционирования, как необходимого условия наземной валидации (подтверждения) получаемой информационной продукции обработки многоспектральных изображений – **4 часа**.

## **Тема 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**

Раздел 10. Восстановление биомассы растительности и других параметров состояния почвенно-растительного покрова для каждого элемента многоспектральных космических изображений разного пространственного разрешения – **36 часов**.

### **3. Методические рекомендации и пособия по изучению курса**

1. Козодеров В.В. Методы дистанционного зондирования Земли. <http://slides.novalink.ru>.

2. <http://www.gisdevelopment.net/tutorials/tuman008.htm>.
3. [http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter1/01\\_e/php](http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter1/01_e/php).

**4. Контрольные задания** – экзамен, зачеты по задачам практикума.

## **5. Литература**

1. Космическое землеведение: информационно-математические основы, под редакцией В.А. Садовниченко. Авторы: В.В. Козодеров, В.С. Косолапов, В.А. Садовниченко, О.А. Тимошин, А.П. Тищенко, Л.А. Ушакова, С.А. Ушаков. М., изд. Московского университета, 1998, 571 с.

2. Космическое землеведение: диалог природы и общества. Устойчивое развитие, под редакцией В.А. Садовниченко. Авторы: В.В. Козодеров, В.А. Садовниченко, Л.А. Ушакова, С.А. Ушаков. М., изд. Московского университета, 2000, 640 с.

3. Козодеров В.В. Биосфера из космоса: интерпретация радиационных образов природных объектов по их многоспектральным изображениям. Журнал «Исследование Земли из космоса», изд. РАН, 2004, № 1, с. 16–29.

# Учебная программа курса КОСМИЧЕСКАЯ РАДИОБИОЛОГИЯ

## 1. Введение

Радиобиология как научная дисциплина и ее связь с другими направлениями научных исследований. Три начальных этапа в развитии радиобиологии, составившие ее фундамент и определившие основные направления исследований. Дозиметрические характеристики для количественного описания основных радиобиологических эффектов. Понятие радиочувствительности. Радиочувствительность различных тканей и всего организма. – **4 часа.**

## 2. Лекционные занятия

**Тема 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ СТРУКТУР И КЛЕТОК ТКАНЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ – 16 час.**

Раздел 1. Молекулярные аспекты прямого и опосредованного действия ионизирующих излучений на физико-химическом уровне.

Раздел 2. Радиационные повреждения и репарация ДНК при действии излучений с различной линейной передачей энергии (ЛПЭ)

Раздел 3. Выживаемость клеток радиочувствительных тканей организма при действии излучений с различными ЛПЭ в зависимости от поглощенной дозы.

Формальные модели для описания кривых выживаемости клеток от дозы.

Кривые выживаемости клеток различных тканей в зависимости от дозы.

Раздел 4. Факторы, влияющие на восстановление клеточных повреждений и выживаемость клеток после облучения. Модификация радиочувствительности клеток различных тканей. Кислородный эффект.

## **Тема 2. ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА СИСТЕМЫ КЛЕТОЧНОГО ОБНОВЛЕНИЯ – 16 час.**

Раздел 5. Костно-мозговое кроветворение – типичный пример системы клеточного обновления. Характер инактивации стволовых кроветворных клеток после острых повторных воздействий и при хроническом облучении с различной мощностью дозы. Изменение содержания кроветворных клеток в костном мозге и периферической крови после острых повторных воздействий и при хроническом облучении с различной мощностью дозы.

Раздел 6. Экспериментальные и медико-гигиенические материалы о формировании поражения и его восстановления в системе кроветворения после острого и в процессе хронического воздействия ионизирующих излучений.

## **Тема 3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И РЯДА ДРУГИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ – 10 час.**

Раздел 7. Выживаемость животных после острых равномерных радиационных воздействий в различных дозах и значения среднелетальных доз для различных млекопитающих, а также других биологических объектов в ближайшем пострадиационном периоде. Кривые выживаемости и значения среднелетальных доз для человека, используемые при расчетах радиационного риска от космических излучений в процессе космических полетов.

Раздел 8. Реакция организма человека, его работоспособность и жизнеспособность при острых облучениях в различных дозах. Характер трансформации кривых выживаемости и среднелетальных доз при снижении мощности дозы радиационного воздействия и в условиях значительного перепада поглощенных доз по телу.

## **Тема 4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОСТРАДИАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ – 16 час.**

Раздел 9. Изменение радиочувствительности и характер протекания восстановительных процессов в ближайшем пострадиационном периоде после воздействия небольших доз.



Раздел 10. Параметры, определяющие скорость восстановления радиационного поражения на уровне организма у различных животных.

**Тема 5. МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ПОРАЖЕНИЯ ОРГАНИЗМА – 16 час.**

Раздел 11. Модели, описывающие закономерности формирования радиационного поражения в процессе облучения и возможное сокращение продолжительности жизни млекопитающих.

Раздел 12. Материалы хронических экспериментов и подходы для разработки и обоснования модели формирования радиационного поражения с учетом восстановительных процессов на тканевом уровне и на уровне целого организма.

Раздел 13. Модель радиационной скорости смертности млекопитающих, определяющая ускоренное их старение и изменение возрастных коэффициентов смертности после острых и хронических облучений с различной мощностью дозы

**Тема 6. КОНЦЕПЦИЯ ОБОБЩЕННОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНАЛА. РАДИАЦИОННЫЙ РИСК ДЛЯ КОСМОНАВТОВ В ПРОЦЕССЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ – 16 час.**

Раздел 14. Определение обобщенного дозиметрического функционала для более точных оценок радиобиологических эффектов в условиях сложного характера радиационного воздействия.

Раздел 15. Материалы к определению коэффициентов, входящих в выражение для определения обобщенных доз.

Раздел 16. Степень модификации ближайших радиационных эффектов и устойчивости организма за счет дополнительного воздействия ряда других физических факторов, присущих длительному космическому полету (ускорения, перегрузки, гипертермия, гипоксия и др.)

**Тема 7. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

**Задача 1.** Определение эффективной остаточной дозы в условиях нахождения человека на Земле в радиационно-опасной

зоне за период до 10 суток и в течение года при постоянном и спадающем значении мощности дозы. Оценка ближайших и отдаленных последствий подобных радиационных воздействий. – **2 час.**

**Задача 2.** Определение эффективной остаточной, среднетканевой и равноценной доз, воздействующих на космонавтов от солнечных протонных событий (СПС) при различных величинах флюенса, жесткости спектра, толщинах защиты. Установление величин риска в межпланетном полете в результате реализации одного из возможных СПС. – **2 час.**

**Задача 3.** Для конкретных толщин защиты радиационного убежища межпланетного корабля при полете к Марсу длительно-стью 2 года при установленной зависимости рисков превышения различных значений среднетканевых доз проведение расчетов суммарного радиационного риска в течение жизни космонавтов, осуществляющих полет в различном возрасте и оценок возможного сокращения предстоящей продолжительности их жизни. – **2 час.**

### **3. Методические пособия по изучению курса**

А.В. Шафиркин. «Биологическое действие космических излучений и вопросы радиационной безопасности космических полетов». Методическое пособие (в печати).

**4. Контрольные задания** – экзамен, зачеты по задачам практикума.

### **5. Литература**

1. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. М.: Высшая школа, 2004.

2. Шафиркин А.В. Разработка и экспериментальное обоснование модели формирования радиационного поражения организма при протяженных воздействиях радиации. Автореферат дисс. канд. биол. наук, Пущино, ИБФ АН СССР, 1983.

3. Григорьев Ю.Г., Попов В.И., Шафиркин А.В., Антипенко Ж.Б. Соматические эффекты хронического гамма-облучения. М.: Энергоатомиздат, 1986.

4. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г. Методика установления опасности радиационного воздействия на космонавтов в условиях длительного космического полета на основе обобщенного дозиметрического функционала //Авиакосмическая и экологическая медицина, 1999, Т. 33. № 2. С. 55–59.

5. Проблемы космической биологии. Т.60 Биофизические основы действия космической радиации. Л.: Наука, 1989.

6. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете. Коэффициенты качества космического излучения на околоземных орбитах. РД 50-25645.220-90 М.: Госстандарт СССР, 1991.

7. Коломенский А.В., Петров В.М., Шафиркин А.В. Методика оценки радиационных воздействий на космонавтов по показаниям штатного дозиметра при орбитальном полете. Авиакосмическая и экологическая медицина, 1998, Т. 32. № 4. С. 44–49.

8. Шафиркин А.В., Венедиктова В.П., Коломенский А.В., Петров В.М., Шуршаков В.А. Алгоритм для расчета радиационного риска в процессе осуществления межпланетных космических полетов // Авиакосмическая и экологическая медицина, 1999. Т. 33. № 3. С. 56–62.

9. Шафиркин А.В., Венедиктова В.П., Коломенский А.В., Петров В.М., Цетлин В.В. Определение радиационного риска для космонавтов в процессе осуществления орбитальных космических полетов на орбите станции «МИР» // Авиакосмическая и экологическая медицина, 1999. Т. 33. № 4. С. 12–17.

10. Шафиркин А.В. Модель радиационной скорости смертности млекопитающих, определяющая отдаленные последствия радиационного воздействия в различных дозах // Авиакосмическая и экологическая медицина, 1999. Т. 33. № 4. С. 64–69.

11. Шафиркин А.В., Венедиктова В.П. Суммарный радиационный риск для космонавтов к концу их профессиональной деятельности и за всю жизнь при осуществлении межпланетных и орбитальных космических полетов // Авиакосмическая и экологическая медицина, 1999. Т. 33. № 5. С. 57–64.

12. Шафиркин А.В., Акатов Ю.А., Архангельский В.В., и др. Методика оценки радиационной опасности для членов экипажей орбитальных станций «МИР» и «МКС» на основе данных бортового индивидуального дозиметрического контроля // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2002. Т. 36. № 1. С. 49–55.

# Учебная программа курса ФИЗИКА КОСМОСА И КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 1. Введение.

Что такое космос, астрофизика, космология. Изучение околоземного космического пространства и дальнего космоса – **4 часа**.

## 1. Лекционные занятия

**Тема 1. КОСМОС, КОСМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ И ИЗЛУЧЕНИЯ.**

Что такое космос. Наблюдаемые космические объекты (планеты, планетные системы, звезды, галактики, скопления галактик, метagalactika). Энергетический спектр и состав первичного космического излучения. Методы регистрации космических излучений – **4 часа**.

**Тема 2. СТРУКТУРА МАТЕРИИ.**

Классификация и взаимодействия элементарных частиц, структура материи – **4 часа**.

**Тема 3. РАДИО-, РЕНТГЕНОВСКАЯ И ГАММА-АСТРОНОМИЯ.**

Нейтральное космическое излучение. Радио-, рентгеновская и гамма-астрономия. Методы регистрации электромагнитного излучения разных спектральных диапазонов – **4 часа**.

**Тема 4. НЕЙТРИНО И НЕЙТРИННАЯ АСТРОФИЗИКА.**

Нейтрино и нейтринная астрофизика. Проблема массы. Слабое взаимодействие. Осцилляции. Эксперименты по регистрации нейтрино – **4 часа**.

**Тема 5. МАГНИТОСФЕРЫ ПЛАНЕТ. РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА ЗЕМЛИ.**

Планеты. Земля. Магнитосферы планет. Радиационные пояса Земли. Приборы для изучения радиационных поясов. Магнитные бури. Полярные сияния – **4 часа**.

**Тема 6. СОЛНЦЕ, ГЕЛИОСФЕРА, СОЛНЕЧНЫЕ ЦИКЛЫ.**

Солнце, гелиосфера, солнечные циклы. Солнечный ветер. Солнечные вспышки. Радио-, рентгеновское и гамма-излучение Солнца – **4 часа**.

**Тема 7. ЗВЕЗДЫ, ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЭВОЛЮЦИИ.**

Звезды, атмосферы звезд, спектральные классы. Ядерные реакции в звездах, главная последовательность, возможные пути эволюции. Красные гиганты, белые карлики, вспышки сверхновых – **4 часа**.

**Тема 8. ИСТОЧНИКИ ЖЕСТКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ГАЛАКТИКА, МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ, МЕТАГАЛАКТИКА.**

Галактика, Млечный путь, Метагалактика. Понятие об астрофизических явлениях и источниках жесткого излучения (рентгеновские двойные системы, пульсары, нейтронные звезды, черные дыры, ядра галактик, гамма-всплески, диффузное излучение) – **4 часа**.

**Тема 9. КОСМОЛОГИЯ, БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ.**

Космология, Большой взрыв, реликтовое излучение. Образование Вселенной, образование звезд и галактик – **4 часа**.

**Тема 10. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ В ВИДЕ ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫХ ЭКСКУРСИЙ – 36 час.**

**3. Методические пособия по изучению курса**

1. В.С. Мурзин. Введение в физику космических лучей. М.: Изд. МГУ, 1988.

2. Д.А. Киржниц. Строение вещества (от Демокрита до кварков). М.: МГУ, 1995.

3. Г.Т. Зацепин, Ю.А. Смирнов.. Нейтрино и нейтринная астрофизика. М.: Изд. МГУ, 1984.

4. В.П. Шабанский, И.С. Веселовский, А.П. Кропоткин. Физика межпланетного и околоземного пространства. М.: МГУ, 1981.

5. И.М. Капитонов. Введение в физику ядра и частиц. М.: Эдиториал УРСС, 2002.

6. М.И. Панасюк. Странники Вселенной или эхо Большого взрыва. Фрязино, Век 20, 2005.

#### **4. Контрольные задания – защита реферата.**

#### **5. Литература**

1. Физика Космоса, Маленькая Энциклопедия. М. Сов. э., 1986.

2. В.Л. Гинзбург. Астрофизика космических лучей. М. Наука, 1989.

3. Л.Б. Окунь. Лептоны и кварки. М. Наука, 1981.

4. Я.Б. Зельдович, И.Б. Новиков. Строение и эволюция Вселенной. М. Наука, 1976.

5. Б.А. Тверской. Динамика радиационных поясов. М. Наука, 1968.

6. Б.Е. Брюнелли, А.А. Намгаладзе. Физика ионосферы. М. Наука, 1988.

7. Р. Хилльер. Гамма-астрономия. М. Мир, 1987.

8. Л. Лайонс, Д. Уильямс. Физика магнитосферы. М. Мир, 1987.

9. Б.А. Тверской. Основы теоретической космофизики. Динамика радиационных поясов. М.: Эдиториал УРСС, 2004.

## **Учебная программа курса ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ**

**1. Введение.** Основные понятия цифровой обработки сигналов в измерительных системах физического эксперимента. Измерение, сигнал, шум, помеха. Измерительные преобразователи. Детектирование. Фильтрация – **2 часа**.

### **2. Лекционные занятия.**

**Тема 1. МЕТОДЫ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ. ШУМЫ.**

Методы анализа периодических (волновых) и импульсных сигналов. Цифровая обработка сигналов в измерительных системах физического эксперимента. Основные положения теории линейных дискретных систем. Линейные системы, физическая реализуемость, устойчивость, разностные уравнения. Импульсная и частотная характеристики. Дискретный ряд Фурье. Z-преобразование. Геометрическая интерпретация преобразования Фурье. Классификация и характеристики шумов в электронных приборах. Выделение сигналов из шумов методами амплитудного анализа. Методы борьбы с шумами в спектрометрическом тракте – **2 часа**.

**Тема 2. ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ.**

Построение цифровых фильтров. Цифровые фильтры с импульсными характеристиками конечной длины (КИХ). Методы расчета КИХ-фильтров. Метод окон. Виды окон. Метод частотной выборки. Цифровые фильтры с импульсными характеристиками бесконечной длины (БИХ). Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Сравнительные характеристики КИХ- и БИХ-фильтров – **2 часа**.

**Тема 3. ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ**

Обзор семейства цифровых сигнальных процессоров ADSP-21xx на примере ADSP-2181. Функциональные устройства, ин-



терфейс памяти и процессора. Базовая архитектура. Генераторы адресов данных и счетчик команд. Шины. Периферийные устройства. Системный интерфейс. Интерфейс с памятью. Арифметико-логическое устройство. Операции сложения, умножения. Управление программой. Прерывание – **2 часа**.

**Тема 4. ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ. АССЕМБЛЕР ДЛЯ ADSP-2181. ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА СИ ДЛЯ ADSP-2181.**

Программная модель. Ассемблер для ADSP-2181. Генераторы адресов данных. Генератор адресов инструкций. Вычислительные устройства. Набор команд. Инструкции ALU, MAC и SHIFTER. Структуры данных и переменные. Синтаксис описания инструкций.

Основы программирования на СИ для ADSP. Описание данных. Константы, переменные, типы. Форматы основных команд и процедур – **2 часа**.

**Тема 5. АМПЛИТУДНЫЙ АНАЛИЗ. МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ.**

Основы амплитудного анализа. Метод последовательного и параллельного кодирования амплитуды импульсов. Параллельные и последовательные АЦП. Метод поразрядного взвешивания. Методы временного анализа. Способы кодирования временных интервалов. Основы многомерного анализа. Устройства предварительного отбора событий, выделение параметров событий. Особенности организации измерений в многодетекторных системах – **2 часа**.

**Тема 6. ЗАДАЧА ПРАКТИКУМА «ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА АССЕМБЛЕРЕ ДЛЯ ADSP-2181, ПРОГРАММА «МЕАНДР».**

Программирование на языке Ассемблер для ADSP-2181. Основные операции. Обращение к памяти данных и памяти программ. Адресация. Регистры. Модификация программы «Меандр». Освоение операций сложения и умножения – **8 часов**.

**Тема 7. ЗАДАЧА ПРАКТИКУМА «ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА СИ ДЛЯ ADSP-2181, ПРОГРАММА «АМПЛИТУДНЫЙ АНАЛИЗАТОР».**

Программирование на языке СИ для ADSP-2181. Внешнее прерывание. Алгоритм амплитудного анализа (on line). Пиковое детектирование. Самостоятельная разработка программы «Амплитудный анализатор» – **8 часов.**

**Тема 8. ЗАДАЧА ПРАКТИКУМА «МОДЕЛИРОВАНИЕ «ON LINE» ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ ADSP-2181».**

Генерация сигналов заданной формы, с произвольной амплитудой сигнала. Моделирование «On Line» обработки экспериментального сигнала с помощью ADSP-2181. Линия задержки и формирователь со следящим порогом. Случайная амплитуда сигнала, работа с генератором случайных чисел. Моделирование произвольных распределений случайной величины – **16 часов.**

**Тема 9. ЗАДАЧА ПРАКТИКУМА «РАСЧЕТ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ, ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛА».**

Основные положения теории цифровой обработки сигналов – теории линейных дискретных систем. Методы расчета цифровых фильтров. Использование программы автоматизированного расчета коэффициентов фильтров. Моделирование периодической функции. Расчет цифровых фильтров, фильтрация сигнала – **16 часов.**

### **3. Методические пособия по изучению курса**

1. Специальный практикум по ядерной электронике. Изд-во. НИИЯФ МГУ, 2004.

2. Н.Н. Дмитриева, А.С. Ковтюх, Б.А. Кривицкий. Ядерная электроника. – М.: Изд-во. МГУ, 1982.

### **4. Контрольные задания – зачеты по задачам практикума.**

## 5. Литература

1. В.А. Григорьев, А.А. Колюбин, В.А. Логинов. Электронные методы ядерно-физического эксперимента.. М.: Энергоатомиздат. 1988.
2. Х. Шмидт. Измерительная электроника в ядерной физике. М.: Мир. 1989.
3. Р. Бок, Х. Грот, Д. Ноц, М. Реглер. Методы анализа данных в физическом эксперименте. М.: Мир. 1993.
4. Л. Рабинер, Б. Гоулд. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир. 1989.
5. С. Марков. Цифровые сигнальные процессоры. М.: Микроарт. 1996.

# **ИННОВАЦИОННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ, ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

## *1. Общие положения*

Инновационный космический практикум является составной частью программ подготовки, повышения и переподготовки кадров космических отраслей народного хозяйства.

Эти программы охватывают направления подготовки специалистов в области космических исследований в рамках краткосрочных курсов, курсов постдипломного образования и подготовки магистерской диссертации.

Космический практикум наряду с лекциями, семинарскими занятиями и самостоятельной работой (в том числе и с использованием методов дистанционного обучения) является составной частью системы подготовки специалистов-исследователей в области космической физики, космоэкологии, космической радиобиологии и т.п.

Космический практикум включает разделы, отражающие различные этапы подготовки и проведения космических экспериментов. В том числе:

- изучение детектирующих устройств для регистрации различных компонентов космической радиации;
- исследование современных методов радиоэлектроники, применяемых в космических средствах и системах;
- изучение современных методов обработки и анализа телеметрической информации.

Ниже подробно рассмотрена концепция и задачи современного практикума по радиоэлектронике, в рамках которого будущие специалисты исследователи должны приобрести навыки работы с современной радиоэлектронной аппаратурой, ознакомиться с основными принципами построения и эксплуатации электронных узлов на основе аналоговых и цифровых микросхем, сигнальных процессоров, освоить методы измерения характеристик электронных сигналов.

## *2. Концепция практикума по радиоэлектронике, как часть инновационного космического практикума*

В основе инновационного направления развития практикума по радиоэлектронике лежит использование виртуальной лаборатории для разработки и исследования систем сбора и обработки информации, включая выходные данные детектирующих устройств, при проведении практических занятий, поддерживающих лекционные курсы по современным методам космических, космофизических, косморadiобиологических и космоэкологических исследований. Навыки, приобретенные слушателями при работе в практикуме по радиоэлектронике с использованием виртуальной лаборатории, помогут им в дальнейшем с большой эффективностью использовать радиоэлектронные методы в практической деятельности в народном хозяйстве, в том числе и при проектировании новых космических средств и систем. При этом занятия в практикуме по радиоэлектронике могут вестись в рамках, как краткосрочных курсов и курсов постдипломного образования, так и по программам подготовки магистров.

Слушатели, выполняя задачи по современной радиоэлектронике, приобретают навыки работы с измерительной аппаратурой и осваивают основные методы передачи и обработки информации как путём создания основных электронных узлов из транзисторов и серий микросхем, так и путём работы с макетами, состоящими из наиболее существенных электронных устройств, которые необходимо соединять между собой. При этом изучаются наиболее характерные их свойства и методика согласования детектирующих систем с устройствами цифровой обработки импульсов, микропроцессорные системы, а так же современные методы амплитудного анализа посредством фильтрации и переформирования сигналов.

Предполагается использовать в практикуме современные системы сбора и цифровой обработки информации. При подготовке и проведении современных космических экспериментов приходится использовать подключаемые или встраиваемые в персональный компьютер цифровые осциллографы, DAC/ADC платы, генераторы сигналов, цифровые мультиметры и другие устройства. Проблема создания программного обеспечения эффек-

тивно решается с помощью программного комплекса LabVIEW, который де-факто является международным стандартом в системах сбора данных и управления. При этом, мощные компьютерные платформы, использующие многозадачные операционные системы и имеющие улучшенные графические возможности, могут быть естественным образом задействованы для решения разнообразных проблем ядерно-физического эксперимента. Внедрение нового поколения подсистем обработки сигнала предоставляет пользователям уникальные и неоспоримые преимущества.

### *3. Основные направления развития и содержание задач практикума по радиоэлектронике, как составной части инновационного космического практикума*

В рамках развития практикума по радиоэлектронике как составной части инновационного космического практикума предлагается разработать макетные платы позволяющие макетировать электронные схемы, используемые при выполнении учебных задач по курсу ядерной электроники:

При этом рабочее место студента должно состоять из:

- персонального компьютера,
- дополнительного блока осциллографа (ОСЦ) на базе ПК,
- источника напряжения,
- макетной платы (МП) с микросхемой ПЛИС, контроллера USB с разъёмом, загрузочного кабеля ПЛИС.

Для питания платы должен использоваться адаптер с понижающим трансформатором. 220 – 12 В. На макетной плате должны быть выделены места для установки деталей для разных задач.

Основные задачи практикума по радиоэлектронике:

- Операционный усилитель.
- Амплитудный дискриминатор и формирователь на логических элементах.
- Формирователь временной метки.
- Изучение основ программирования цифровых сигнальных процессоров.
- Генерация сигналов заданной формы с помощью сигнального процессора.

– Амплитудный анализ с помощью сигнального процессора.  
Основные направления работ по разработке, созданию и развитию практикума по радиоэлектронике:

1. Составление технического задания, макетирование задач.
2. Разработка макетной платы (МП) с микросхемой ПЛИС, контроллера USB с разъёмом, загрузочного кабеля ПЛИС.
3. Изготовление конструкторской документации макетной платы (МП).
4. Разводка макетной платы с последующей доработкой.
5. Изготовление опытного образца макетной платы (МП) с микросхемой ПЛИС, контроллера USB с разъёмом, загрузочного кабеля ПЛИС.
6. Разработка программного обеспечения.
7. Приобретение персонального компьютера с выносным блоком осциллографа.
8. Приобретение комплектующих для одной макетной платы с USB-2 контроллером.
9. Приобретение, установка, подключение к макетным платам 20 персональных компьютеров (20 посадочных мест).
10. Разработка описания задач по ядерной электронике – восемь задач.
11. Приобретение комплектующих, изготовление и монтаж 50 плат (своя макетная плата для каждого студента).
12. Опытная апробация макетной платы.
13. Сдача макетных плат в эксплуатацию.

#### *4. Аннотации задач практикума по радиоэлектронике*

### **Основные аналоговые устройства на основе операционного усилителя**

Изучаются структура и основные характеристики операционного усилителя, собираются и настраиваются устройства с заданными параметрами, позволяющие производить различные операции с аналоговыми сигналами (усиление, инвертирование, сложение, вычитание, деление, интегрирование и дифференцирование), а также вырабатывать импульсы стандартной формы; измеряются и регулируются параметры этих систем.

С помощью специальной программной среды FDAS21K изучается методика расчета коэффициентов рекурсивных и нерекурсивных фильтров для цифровой обработки информации. Сравниваются различные способы расчета фильтров, изучаются графики АЧХ, ФЧХ, диаграммы полюсов и нулей. Предварительно читается вводная лекция и проводятся семинарские занятия со студентами, где подробно изучаются принципы цифровой фильтрации.

### **Изучение основ программирования цифровых сигнальных процессоров**

С помощью программы `meandr.dsp` на языке *Ассемблер*, имитирующую прямоугольные колебания, изучаются основы программирования для процессора ADSP-2181. Изучается использование регистров процессора, организация ввода-вывода информации, организация кольцевого буфера и т.п. Программа модифицируется так, чтобы на выходе генерировались треугольные колебания с заданными характеристиками. Изучается симулятор и система EZKIT lite.

### **Моделирование синусоидального сигнала широкого спектра частот и числовая фильтрация с помощью сигнального процессора ADSP21XX**

С помощью программы на языке СИ моделируется генератор синусоидального сигнала различных частот. На осциллографе наблюдается изменение частоты моделируемого сигнала при генерации внешнего прерывания (INTERRUPT). С помощью программной среды FDAS21K рассчитываются коэффициенты низкочастотного, высокочастотного и полосового фильтров. С помощью программы на языке СИ производится фильтрация смоделированного синусоидального сигнала разных частот с использованием библиотечной подпрограммы `fir`. Тип тестируемого фильтра изменяется с помощью внешнего прерывания. Используется комплект EZ-KIT LITE и PC AT 486.



## **Генерация сигналов заданной формы с помощью сигнального процессора**

С помощью программы на языке СИ моделируется сигнал, подобный реально наблюдаемому в эксперименте (с коротким фронтом и длинным срезом). Изучаются возможности формирования сигнала с помощью смоделированной линии задержки. Различные варианты обработки сигнала исследуются последовательно с помощью генерации внешнего прерывания. С использованием генератора случайных чисел RAND моделируется последовательность импульсов, подобных наблюдаемым в эксперименте, со случайно-равномерным или случайно-нормальным распределением амплитуд. Полученное амплитудное распределение исследуется с помощью ранее смоделированного амплитудного анализатора.

## **Амплитудный анализ с помощью сигнального процессора**

Программируя по индивидуальным заданиям сигнальный процессор ADSP21XX (входящий в комплект EZ-KIT LITE) специальный имитатор спектров сигналов и шума, который через АЦП подключается к РС АТ 486 студенты изучают современные методы амплитудного анализа посредством фильтрации и преобразования сигналов. Использование микропроцессорных систем, состоящих из относительно небольшого числа программируемых элементов, позволяет быстро и эффективно перестраивать логику работы измерительного комплекса при изменении условий и задач эксперимента, а также выполнять все операции по обработке информации.

# **ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ И СЛУШАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

## **«Космические исследования и взаимодействия космической среды с системами и материалами космических аппаратов»**

1. Галактические космические лучи: происхождение, ускорение и распространение (Л.С. Свешникова, Н.Н. Калмыков)
2. Рентгеновское и гамма-излучение во Вселенной (С.И. Свертилов)
3. Нейтринная астрофизика (Л.А. Кузьмичев)
4. Солнце, солнечное излучение и гелиосфера (И.С. Веселовский, О.А. Яковчук)
5. Солнечные космические лучи (В.Г. Курт)
6. Магнитные поля Земли и планет-гигантов: Юпитера и Сатурна (И.И. Алексеев, Е.С. Беленькая, В.В. Калегаев)
7. Магнитные бури и магнитосферные суббури (В.В. Калегаев, И.И. Алексеев, А.П. Кропоткин)
8. Проникновение космических лучей в магнитосферу Земли (Б.Ю. Юшков)
9. Радиационная опасность на околоземных орбитах и межпланетных траекториях космических аппаратов (Н.В. Кузнецов)
10. Взаимодействие заряженных частиц с веществом (А.М. Анохина, В.И. Галкин, Е.А. Мурзина)
11. Воздействие внешней среды на космические аппараты (Л.С. Новиков)
12. Электризация космических аппаратов (Л.С. Новиков, В.Н. Милеев)
13. Эффекты воздействия космической радиации на материалы и элементы оборудования космических аппаратов (Л.С. Новиков)
14. Воздействие космических излучений на атмосферу Земли (Л.Л. Лазутин)
15. Транзиентные световые явления в верхней атмосфере Земли (Б.А. Хренов, Г.К. Гарипов, П.А. Климов)

16. Особенности действия космической радиации на биологические объекты и радиационный риск длительных космических полетов (А.В. Шафиркин, В.В. Бенгин)

17. Методы дистанционного зондирования Земли (В.В. Козодеров)

18. Как космическая погода влияет на нашу жизнь? (Б.М. Владимирский)

19. Геоэффективность солнечной активности и космическая погода (И.Н. Мягкова)

## АННОТАЦИИ ЛЕКЦИЙ

### **Галактические космические лучи: происхождение, ускорение и распространение**

*Авторы: Л.С. Свешникова, Н.Н. Калмыков*

С космическими лучами каждый из нас сталкивается ежедневно, не осознавая этого. Потoki различных частиц пронизывают все пространство Вселенной, падают на атмосферу Земли, вызывают генетические мутации, способствуют климатическим изменениям и, как сейчас думают, образованию молний. Несмотря на почти столетнюю историю изучения космических лучей, происхождение их до сих пор остается предметом исследований. Теперь ясно, что это не локальное явление в околоземном пространстве, а глобальная составляющая пространства, частично формирующая структуру межзвездной среды, имеющая непосредственное отношение к самым катастрофическим процессам во Вселенной и в нашей Галактике. В лекции приведена сводка последних данных о различных характеристиках космических лучей, о роли, которую они играют в астрофизике, о современном понимании происхождения КЛ в целом и новых подтверждениях существующих концепций. Надо, однако, оговориться, что общепринятой точки зрения на эту проблему пока не существует.

## Космическое рентгеновское и гамма-излучение

*Автор: С.И. Свертилов*

В лекции рассматриваются основные проблемы современной астрофизики, для решения которых необходимы наблюдения в коротковолновой части электромагнитного спектра – рентгеновском и гамма-диапазонах. Лекция содержит следующие основные разделы:

*I. Гамма-астрономия как часть современной всеволновой астрономии, ее связь с физикой космических лучей*

Понятие об электромагнитном спектре. Основные диапазоны рентгеновской и гамма-астрономии. Основные методы наблюдений в разных энергетических диапазонах. Основные явления и объекты, изучаемые методами рентгеновской и гамма-астрономии. Физические процессы, приводящие к возникновению рентгеновского и гамма-излучения, связь этих процессов с взаимодействиями космических лучей в Галактике. Основные методы наблюдений в разных энергетических диапазонах.

*II. Механизмы генерации рентгеновского и гамма-излучения в астрофизических объектах и межзвездной среде*

Понятие о континууме и излучении в «линиях». Тормозное, магнитотормозное и изгибное излучение. Обратное комптоновское рассеяние. Электрон-позитронная аннигиляция. Распад нейтральных пионов, образование гамма-излучения при взаимодействиях космических лучей. Радиационный захват нейтрона, гамма-переходы в атомных ядрах. Образование радиоактивных изотопов при взрывах сверхновых и взаимодействиях космических лучей.

*III. Дискретные источники рентгеновского и гамма-излучения в Галактике. Галактическое диффузное гамма-излучение. Гамма-излучение «в линиях»*

Карта неба в диапазоне рентгеновского и гамма-излучения. Основные типы источников: тесные двойные звезды, пульсары. Механизмы светимости тесных двойных звезд и пульсаров, спек-

тральные и временные характеристики. Наблюдательные проявления галактических источников – кандидатов в черные дыры. Спектральные и временные характеристики тесных двойных систем, содержащих черную дыру звездной массы. Гамма-пульсары. Магнетары. Галактическое диффузное излучение, линии в диффузном гамма-излучении. Линии гамма-излучения от молекулярных облаков, остатков сверхновых.

#### *IV. Внегалактические источники. Метагалактический диффузный фон*

Внегалактические источники рентгеновского и гамма-излучения, содержащие сверхмассивные черные дыры: радиогалактики, Сейфертовы галактики, квазары. Свойства активных галактических ядер. Метагалактический диффузный фон.

#### *V. Космические гамма-всплески*

История открытия и изучения гамма-всплесков. Спектральные и временные характеристики. Методы локализации источников всплесков. Статистика гамма-всплесков. Открытие послесвечения, идентификация с внегалактическими объектами. Основные модели происхождения.

## **Нейтринная астрофизика**

*Автор: Л.А. Кузьмичев*

Лекции посвящены бурно развивающемуся разделу астрофизики – нейтринной астрофизике. Нейтрино, благодаря слабому взаимодействию с веществом, может выходить из объектов, непрозрачных для других видов излучения, и, следовательно, может дать важную информацию о процессах внутри них.

Кратко сформулируем основные направления исследований в области нейтринной астрофизики, проводимые в настоящее время:

1. Исследование внутреннего строения Солнца.
2. Исследование гравитационного коллапса массивных звезд.
3. Поиск нейтрино от объектов, в которых, по-видимому, происходит ускорение космических лучей, таких как бинарные звездные системы, туманности, образовавшиеся после взрыва

сверхновых звезд, ядра активных галактик, источники гамма-всплесков.

4. Поиск темной материи с помощью нейтрино.

5. Исследование нейтринных осцилляций, использующее в качестве источника атмосферные нейтрино или солнечные нейтрино.

6. Поиск нейтрино из недр Земли (геонейтрино).

7. Исследование темпа формирования массивных звезд в ранние эпохи по диффузному потоку нейтрино от всех гравитационных коллапсов

О содержании лекций. Первая лекция посвящена истории открытия нейтрино. В лекции дается общий обзор основных источников нейтрино в природе: от реликтовых нейтрино с энергией  $10^{-3}$  эВ до космологических нейтрино с энергией  $10^{20}$  эВ. Во второй лекции описываются современные детекторы нейтрино – нейтринные телескопы. Подробно рассмотрены вопросы регистрации нейтрино от Солнца, рассказывается об открытии осцилляций при исследовании атмосферных нейтрино и о космических нейтрино высоких и сверхвысоких энергий. Более сложные вопросы (теория нейтринных осцилляций, вывод ограничения Ваксмана-Бакала на поток нейтрино и др.) и вопросы, носящие справочный характер (черенковское излучение, свойства мюона, свойства каскадного ливня и др.) вынесены в приложения.

Список литературы далеко не полон. Приведены только наиболее известные оригинальные работы и обзоры

### **Солнечные космические лучи**

*Автор: В.Г. Курт*

В предлагаемой лекции Вы сможете познакомиться с феноменом солнечной вспышки. Узнаете, что во время развития вспышечного процесса заряженные частицы (ядра, ионы и электроны) могут быть ускорены до релятивистских энергий, узнаете как, взаимодействуя с веществом солнечной атмосферы, эти частицы возбуждают нейтральное излучение высоких энергий в широком диапазоне длин волн и как они покидают окрестности Солнца. Эти убежавшие от Солнца и распространяющиеся в гелиосфере частицы и есть солнечные космические лучи.

Далее излагаются основные законы их движения в межпланетном магнитном поле, и описываются характеристики потоков этих частиц на орбите Земли. В конце концов, вы узнаете, что именно эти частицы высоких энергий определяют космическую погоду, и какова вероятность регистрации радиационно-опасных потоков СКЛ от мощности и координат вспышки и от фазы цикла солнечной активности.

### **Магнитные поля Земли и планет-гигантов: Юпитера и Сатурна**

*Авторы: И.И. Алексеев, Е.С. Беленькая, В.В. Калегаев*

В этом разделе электронного учебника описаны основные понятия, используемые при описании плазмы космического пространства. Дается определение плазмы, рассмотрено движение заряженной частицы в электрическом и магнитном поле. Кратко описано Дебаевское экранирование зарядов в плазме. Приведены основные параметры плазмы в ионосфере, плазмосфере, магнитосфере и в солнечном ветре. Рассмотрено движение частицы в дипольном поле, описаны процессы ускорения частиц и их инжекции в кольцевой ток.

Описана структура магнитосферы Земли, формирующейся при взаимодействии геомагнитного поля с набегающим потоком солнечного ветра. Пересоединение межпланетного магнитного поля с геомагнитным полем формирует открытые силовые линии. Полярные шапки Земли становятся доступны для энергичных заряженных частиц, генерируемых солнечными вспышками. Кратко описаны глобальные токовые системы, формирующие магнитосферное магнитное поле. Токовая система хвоста магнитосферы определяет динамические процессы в магнитосфере. Её динамика существенна во время магнитосферной суббури и магнитной бури.

Динамика внешнего радиационного пояса, анализ потоков энергичных частиц во внешней магнитосфере существенен для прогноза радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и понимания механизмов защиты космических аппаратов от радиационных повреждений.

Планеты-гиганты Юпитер и Сатурн, также как и Земля, обладают собственным магнитным полем. Взаимодействие последнего с солнечным ветром приводит к формированию магнитосфер этих планет. Магнитосфера Юпитера является самым большим объектом в солнечной системе. В магнитосфере Юпитера имеется мощный источник плазмы, формируемый вулканическими выбросами спутника Юпитера Ио. Под влиянием быстрого вращения планеты внутри магнитосферная плазма образует мощный магнетодиск, определяющий размеры и энергетику магнитосферы Юпитера.

Неполное увлечение магнитосферной плазмы в совместное вращение с планетой приводит к возникновению сильных продольных токов и связанных с ними полярных сияний в высокоширотной верхней атмосфере Юпитера. Эти сияния могут наблюдаться с космического телескопа Хаббл, находящегося на околоземной орбите.

Размеры Юпитера и Сатурна близки друг другу, однако собственное магнитное поле Сатурна слабее, чем поле Юпитера, поэтому размеры магнитосферы оказываются примерно в пять раз меньше, чем у Юпитера. Описаны глобальные токовые системы, существующие в магнитосферах планет гигантов и построенные модели этих магнитосфер.

### **Магнитные бури и магнитосферные суббури**

*Авторы: В.В. Калегаев, И.И. Алексеев, А.П. Кропоткин*

Современная наука показала, что фантастические картины полярных сияний, которые с древних времен привлекали и зачаровывали людей в северных странах, порождаются физическими процессами, происходящими далеко от Земли, в плазме околоземного космоса. Они протекают в магнитосфере Земли и являются одним из проявлений сложной динамики, свойственной этой самой внешней оболочке нашей планеты. Космические исследования показали, что время от времени в ней возникают мощные процессы с взрывообразным началом и с общей продолжительностью около часа, которые были названы суббуриями. Именно магнитосферные суббури порождают разнообразные и



яркие картины в свечении верхней атмосферы Земли – мощные полярные сияния.

Суббуре свойственны определенные вариации магнитосферной конфигурации. Эти вариации образуют последовательную смену фаз накопления магнитной энергии в магнитосфере и конверсии ее в энергию плазменных потоков и в тепло. Возникновение и частота суббурь тесно связаны с вариациями электрического и магнитного полей в межпланетной среде. Особо важна роль южной компоненты магнитного поля.

При суббуре происходят специфические вариации магнитосферных электрических полей и конвекции плазмы. Суббуревая трехмерная магнитосферно-ионосферная токовая система содержит так называемый суббуревой токовый клин и мощную западную электрострую в ионосфере. Это порождает сильные наземные магнитные вариации – бухты магнитного поля, наблюдаемые в высоких широтах. Суббуря сильно влияет на потоки энергичных частиц во внутренней магнитосфере. Она приводит к инжекции частиц в кольцевой ток. Это, а также то, что при суббуре сильно варьируют магнитные поля от токов геомагнитного хвоста и магнитопаузы, приводит к теснейшей связи суббури с явлением планетарной магнитной бури.

Современные теоретические модели суббуревых срывов равновесия в магнитоплазменной системе магнитосферы содержат альтернативу: магнитное пересоединение на вновь возникшей нейтральной линии магнитного поля в геомагнитном хвосте либо «разрыв» тока в околоземной части плазменного слоя хвоста. Разрешение этой альтернативы и решение проблемы временной последовательности событий – цели новейших проектов спутниковых исследований магнитосферы Земли.

Планетарная магнитная буря является откликом магнитосферы на внезапное увеличение динамического давления солнечного ветра. Она связана с интенсивным энерговыделением в магнитосфере и в ионосфере, которое контролируется главным образом величиной и направлением межпланетного магнитного поля. Характерным проявлением магнитной бури является вариация геомагнитного поля, измеряемого на поверхности Земли и описываемого с помощью Dst-индекса. Такая вариация на поверхности Земли создается магнитосферными и ионосферными источниками

ми магнитного поля, а также токами, протекающими в земной коре и препятствующими проникновению внешнего поля внутрь Земли. Принято выделять начальную фазу бури («внезапное начало»), когда горизонтальная компонента поля на Земле возрастает из-за «обжатия» магнитосферы вновь пришедшим потоком солнечного ветра, обладающим высоким динамическим давлением. За начальной фазой следует главная фаза, при которой поле на Земле становится ниже его спокойного уровня вследствие развития буревых магнитосферных токовых систем, на этой фазе плазма инжектируется в область кольцевого тока из внешней магнитосферы. Третья фаза – фаза восстановления, характеризующаяся распадом кольцевого тока вследствие, главным образом, перезарядки заряженных частиц на нейтралах экзосферы. Вся буря продолжается обычно несколько суток.

Главными магнитосферными источниками депрессии поля во время магнитной бури являются токи на магнитопаузе, кольцевой ток и токи хвоста магнитосферы. При этом различные токовые системы характеризуются отличающейся друг от друга динамикой, временем реакции и распада. Кольцевой ток порождает медленные и длительные вариации магнитосферного магнитного поля. Усиления токов хвоста магнитосферы приводят к интенсивным кратковременным вариациям магнитосферного магнитного поля. Магнитное поле токов на магнитопаузе реагирует почти мгновенно на изменения параметров межпланетной среды.

Относительная роль магнитосферных токовых систем зависит от мощности бури. Динамика магнитосферы во время бури в целом демонстрирует зависимость глобальных токовых систем как от параметров солнечного ветра, так и от факторов магнитосферного происхождения.

Магнитные бури и магнитосферные суббури являются результатом воздействия межпланетной среды на магнитосферу Земли в условиях меняющейся солнечной активности. Они демонстрируют тесную связь геомагнитных процессов с активными процессами, происходящими на поверхности Солнца.

## Проникновение космических лучей в магнитосферу Земли

*Автор: Б.Ю. Юшков*

В данной главе рассматриваются вопросы проникновения галактических (ГКЛ) и солнечных (СКЛ) космических лучей в магнитосферу Земли. На качественном уровне эти вопросы можно исследовать с помощью разработанной Штермером теории движения заряженных частиц в поле магнитного диполя. Основным методом исследования для реального геомагнитного поля является численное интегрирование уравнения движения. Аналитические и численные методы показывают, что существует максимальная жесткость (импульс, отнесенный на единицу заряда), выше которой частица может попасть из бесконечности (реально – с границы магнитосферы) в заданную точку в магнитном поле с любого направления, и минимальная жесткость, ниже которой частица вообще не может попасть в заданную точку. Область между этими жесткостями (пенумбра) содержит как разрешенные (приходящие из бесконечности), так и запрещенные траектории, перемежающиеся сложным образом. Поэтому используется усредненная характеристика – эффективная жесткость обрезания. Планетарное распределение эффективной жесткости обрезания в первом приближении соответствует описанию геомагнитного поля как поля смещенного относительно центра Земли и наклоненного диполя. Анализ данных глобальной сети нейтронных мониторов во время больших солнечных вспышек позволяет определить спектр протонов СКЛ вплоть до нескольких ГэВ. В высокоширотных областях (геомагнитная широта более  $60^\circ$ ) штермеровское определение жесткости обрезания не применимо, т.к. геомагнитное поле становится существенно неаксиально-симметричным (сказывается вытягивание силовых линий в хвост магнитосферы). В этой области используются главным образом экспериментальные данные по проникновению СКЛ во время вспышек. Частицы низких энергий (до сотен МэВ) проникают в полярные шапки, при этом динамика низкоширотной границы проникновения СКЛ определяется геомагнитной возмущенностью.

## **Радиационная опасность на околоземных орбитах и межпланетных траекториях космических аппаратов**

*Автор: Н.В. Кузнецов*

Обсуждаются представления, которые лежат в основе количественных оценок радиационной опасности, существующей для материалов и приборов бортового оборудования космических аппаратов из-за возникновения в них радиационных эффектов при воздействии высокоэнергичных ( $> \sim 100$  кэВ) заряженных частиц космической радиации.

В лекции рассматриваются:

- механизмы образования радиационных эффектов в твердом теле и их классификация применительно к условиям космического пространства,
- характеристики радиационного воздействия (линейные потери энергии, поглощенная доза, частота одиночных сбоев) и расчетные методы, используемые для количественной оценки изменения свойств материалов и приборов, подвергающихся воздействию ионизирующих излучений,
- модели потоков заряженных частиц космического пространства и их применение для расчетов радиационной опасности на космических аппаратах с учетом влияния глобальных факторов космического пространства (солнечная активность, магнитосфера Земли) и локальных факторов космического полета (траектория полета, конструкция космических аппаратов),
- расчетная методика прогнозирования радиационных условий и характеристик радиационного воздействия на траекториях (орбитах) космических аппаратов.

Рассмотренные вопросы иллюстрируются примерами, которые относятся к проблеме радиационной стойкости и работоспособности радиоэлектронной аппаратуры на борту космических аппаратов.

## **Взаимодействие заряженных частиц с веществом**

*Авторы: А.М. Анохина, В.И. Галкин, Е.А. Мурзина*

Задача о прохождении частиц (излучения) через вещество и связанных с этим потерях энергии была поставлена при самом возникновении современных представлений о структуре атомов. Этапы в решении этой задачи совпали с этапами развития квантовой теории и теории относительности. Опыты по прохождению частиц через вещество послужили экспериментальной основой для проверки справедливости этих теорий.

Трудно переоценить значение теорий явлений, связанных с прохождением частиц через вещество, для становления современной физики. Большая часть методов исследования атомных ядер и элементарных частиц, а также интерпретация измерений в ядерной физике, физике высоких энергий и космических лучей основывается на выводах этой теории.

Большая часть данной главы посвящена изучению электромагнитных взаимодействий частиц с веществом, которое в основном определяют проникающую способность частиц, вероятность различных процессов взаимодействия и зависимость их от природы и параметров частиц и свойств вещества.

Электромагнитные взаимодействия – лишь один из четырех типов взаимодействия, известных в настоящее время. Остальные три типа взаимодействия здесь подробно не рассматриваются.

## **Воздействие внешней среды на космические аппараты**

*Автор: Л.С. Новиков*

По оценкам отечественных и зарубежных экспертов, более половины отказов и сбоев в работе бортовой аппаратуры космических аппаратов (КА) обусловлено неблагоприятным воздействием факторов космического пространства (ФКП).

На КА в полете воздействует обширный комплекс ФКП: потоки электронов и ионов высокой энергии, холодная и горячая космическая плазма, солнечное электромагнитное излучение, метеорная материя, твердые частицы искусственного происхождения и другие факторы. В результате такого воздействия в мате-

риалах и элементах бортового оборудования КА протекают разнообразные физико-химические процессы, приводящие к ухудшению их эксплуатационных параметров, что в конечном итоге и приводит к различным аномалиям в работе бортовых систем КА.

В этой главе рассмотрены явления, возникающие при взаимодействии КА с окружающей средой, описаны методы, применяемые при проведении исследований в данной области, сформулированы наиболее важные задачи современных и будущих исследований.

## **Электризация космических аппаратов**

*Авторы: Л.С. Новиков, В.Н. Милеев*

**Электризацией КА** называется накопление электрического заряда на элементах его конструкции и соответственно возникновение электрического потенциала КА по отношению к окружающей космической плазме.

Факторы космического пространства, вызывающие электризацию КА:

- космическая плазма
- солнечное электромагнитное излучение
- потоки заряженных частиц высокой энергии.

Следствия электризации КА:

- электрические поля на поверхности и в окружающем пространстве
  - электрические разряды на поверхности КА и в элементах его конструкции
  - сбои и отказы в работе бортовых систем
  - искажения показаний научной аппаратуры

**В лекции рассматриваются** физические явления, приводящие к электризации КА, расчетно-теоретические и экспериментальные методы исследования этого явления, методы защиты КА от воздействия статического электричества.

## **Эффекты воздействия космической радиации на материалы и элементы оборудования космических аппаратов**

*Автор: Л.С. Новиков*

Воздействие космической радиации на материалы и элементы оборудования является одной из главных причин возникновения отказов в работе бортовых систем КА. Радиационные условия в космическом пространстве определяются совокупностью потоков частиц и квантов, энергии которых лежат в диапазоне  $\sim 10^3 - 10^{21}$  эВ.

В результате радиационных воздействий в материалах и элементах оборудования КА возникают обратимые и необратимые эффекты. Такие эффекты принято разделять на два класса:

1. обусловленные суммарной поглощенной дозой космической радиации (в некоторых случаях следует рассматривать также эффекты, связанные с мощностью поглощенной дозы);
2. вызываемые попаданием в элементы оборудования одиночных заряженных частиц.

Дозовые эффекты проявляются в постепенной деградации (ухудшении свойств) материалов, а эффекты, которые вызываются одиночными заряженными частицами, опасными прежде всего для элементной базы современной микроэлектроники, возникают непосредственно после воздействия.

## **Воздействие космических излучений на атмосферу Земли**

*Автор: Л.Л. Лазутин*

**Космические излучения** по типу делятся на корпускулярные и волновые (электромагнитные), а по происхождению на галактические, солнечные и магнитосферные.

**Воздействия** могут приводить к изменению параметров атмосферы (таких как температура, плотность, ионный состав) и вызывать специфические процессы (полярные сияния, электроджет) в различных слоях атмосферы. Эти изменения и процессы, в свою очередь, могут воздействовать на другие природные факторы, например, на климат и биосферу Земли, на радиосвязь, навигацию и ряд других процессов прикладного значения.

**Воздействия** могут быть непрерывными, модулированными (например, суточной волной) или иррегулярными, внезапными. Большинство иррегулярных воздействий вызывается корпускулярным излучением.

В лекции рассмотрены процессы, вызываемые космическими излучениями в ионосфере Земли, полярные сияния, токи и пульсации магнитного поля, электрические поля и ОНЧ-излучения, воздействия на озонный слой и влияние на погоду и биосферу.

### **Транзиентные световые явления в верхней атмосфере Земли**

*Авторы: Б.А. Хренов, Г.К. Гарипов, П.А. Климов*

Лекция дает представление о новом экспериментальном явлении в верхней атмосфере Земли: кратковременных (транзиентных) вспышках электромагнитного излучения, сопровождающих электрический разряд между облачным слоем и ионосферой. Содержание лекции:

1. Открытие транзиентных световых явлений в атмосфере..
2. Строение атмосферы. Электрическое поле в атмосфере. Образование ионов.
3. Детекторы вспышек. Феноменология разрядов и вспышек электромагнитного излучения в верхней атмосфере.
4. Немного теории. Возможная взаимосвязь между явлениями в верхней атмосфере и магнитосфере.
5. Данные детектора УФ на спутнике МГУ «Гатьяна».
6. Предстоящие комплексные эксперименты по изучению транзиентных вспышек излучения в различных диапазонах длин волн.
7. Заключение.

### **Особенности действия космической радиации на биологические объекты и радиационный риск длительных космических полетов**

*Авторы: А.В. Шафиркин, В.В. Бенгин*

Материалы этого раздела курса направлены на понимание основных эффектов на клеточном, тканевом, организменном, популяционном уровнях при действии на человека ионизирующих излучений на Земле и в условиях космического пространства. Они



знакомят с методами количественных оценок ближайших и отдаленных неблагоприятных последствий действия радиации в зависимости от дозы и мощности дозы радиационного воздействия.

Рассматриваются вопросы биологической эффективности различных видов излучений и особенности действия на организм Галактических космических лучей (ГКЛ), солнечных космических лучей (СКЛ) и протонов радиационных поясов Земли.

Представляются подходы к определению суммарного радиационного риска для космонавтов в течение всей их жизни и оценки возможного сокращения ее продолжительности в результате осуществления межпланетного полета к Марсу и длительных полетов на орбитальных станциях «Мир» и «МКС».

Эти материалы обобщают результаты экспериментальных и теоретических исследований по проблеме обеспечения радиационной безопасности космических полетов, проводимых с 1964 г. в Институте медико-биологических проблем МЗ СССР, Институтах биофизики АН СССР и Минздрава СССР, Государственном НИИИ Военной медицины МО СССР и др.

## **Методы дистанционного зондирования Земли**

*Автор: В.В. Козодеров*

Рассматриваются современные спутниковые системы наблюдений (метеорологические, океанографические, природно-ресурсные и др.) и аппаратура дистанционного зондирования Земли из космоса. Приводятся примеры наблюдения различных районов земного шара с геостационарных и солнечно-синхронных полярно-орбитальных спутниковых систем. Описываются характерные особенности соответствующих систем и отображения природных объектов (облачные образования, ледовая обстановка на морях и океанах, сельскохозяйственные поля и др.) на многоспектральных космических изображениях как основной формы цифрового представления результатов дистанционного зондирования Земли.

В проблемах дистанционного зондирования вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы основное внимание уделяется описанию аппаратуры, получившей название «зондировщики» (sounders). Их отличительной чертой является то,

что они могут быть ориентированы вертикально вниз для получения информации об отдельных слоях атмосферы либо на большие трассы так называемого наклонного лимбового зондирования. Даются конкретные примеры дистанционного космического зондирования атмосферы в инфракрасной области спектра.

Обосновывается выбор основных типов аппаратуры дистанционного зондирования Земли с точки зрения энергетики процессов в атмосфере и на земной поверхности, трансформации солнечного и собственного теплового излучения в атмосфере с учетом существования характерных линий и полос поглощения водяного пара, кислорода, углекислого газа, озона и других газовых составляющих атмосферы. Показаны реальные возможности многоспектральных сканирующих систем высокого и среднего разрешения, которые по качеству не уступают современным фотографическим системам наблюдения Земли из космоса, но превосходят их по оперативности получения информации.

Основные принципы интерпретации данных многоспектральных сканирующих систем дистанционного аэрокосмического зондирования природных объектов сводятся к тому, что каждое конкретное природное образование имеет характерные спектральные особенности их отражательной способности. Тем самым появляются возможности различения нормально вегетирующей растительности и растительности, находящейся в стрессовом состоянии под влиянием дефицита увлажнения, загрязнений окружающей среды и др. Даются также примеры пассивного и активного (радиолокаторы) микроволнового дистанционного зондирования Земли в применении к объектам гидрометеорологии и геологии.

Результаты обработки многоспектральных спутниковых изображений увязаны с методами космического земледения – междисциплинарного направления исследований, объединяющих физико-математические, информационно-динамические, биогеохимические и другие аспекты дистанционного зондирования Земли. Показаны новые возможности восстановления таких параметров, как объем биомассы растительности для каждого элемента обрабатываемого изображения на основе использования методов вычислительной математики и математической геофизики.

Демонстрируются примеры реализации новых технологий оценки состояния природных объектов по их многоспектральным изображениям (растительность суши, Мировой океан, весь земной шар). Уточняются требования к валидации получаемых результатов на основе создания систем локального мониторинга объектов природно-техногенной сферы. Такие системы развиваются на базе малой авиации с минимальным составом аппаратуры в виде цветной панорамной камеры, приемниками глобального спутникового позиционирования, использованием текущей картографической информации и возможностью ее обновления с помощью спутниковых систем наблюдения высокого пространственного разрешения.

### **Как космическая погода влияет на нашу жизнь?**

*Автор: Б.М. Владимирский*

В последние десятилетия в биофизике сделан ряд открытий фундаментальной важности. Может быть, самым впечатляющим и, одновременно, самым масштабным является надежное обнаружение **исключительно высокой чувствительности** биологических систем к внешним воздействиям разной природы.

Большие дозы ионизирующей радиации губительны для большинства организмов. Но, как выяснилось, микродозы радиоактивных излучений для жизни, видимо, необходимы.

Данная лекция знакомит с воздействием космической погоды на биосферу – медицину и биологические ритмы, социальные явления и техносферу.

### **Геоэффективность солнечной активности и космическая погода**

*Автор: И.Н. Мягкова*

В представляемой лекции рассматриваются современные представления о влиянии различных проявлений солнечной активности на состояние околоземного космического пространства (ОКП), то есть на космическую погоду, и обсуждаются основные физические явления, наблюдающиеся в околоземном простран-

ве и на Земле, вызванные указанными проявлениями солнечной активности.

Представлены существующие на сегодняшний день возможности мониторинга и прогнозирования космической погоды, приводятся данные о имеющихся сайтах, на которых доступна информация о состоянии ОКП и уровне солнечной активности на данный момент, а также методы и результаты прогнозов космической погоды.

## **МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ КУРС «ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ В АТМОСФЕРЕ СОЛНЦА»**

Задача мультимедийного курса «Жизнь Земли в атмосфере Солнца» состоит в ознакомлении учащихся с основными физическими свойствами Земли, ближайшего космического пространства и Солнца, которое, в основном, формирует свойства указанных объектов и отвечает за их вариации (так называемая «космическая погода»).

### **Содержание курса**

#### **1. Планета Земля**

1. Земля в космическом пространстве.
2. Основные параметры (масса, размеры, движение).
3. Внутреннее строение.
4. Магнитное поле и его происхождение.
5. Структура атмосферы.
6. Тропосфера и стратосфера.
7. Средняя атмосфера Земли.
8. Озоносфера.
9. Ионосфера.
10. Верхняя атмосфера.
11. Радиационные пояса.
12. Магнитосфера.
13. Прохождение и распространение радиоволн в атмосфере Земли.
14. Прохождение космических излучений через атмосферу Земли.
15. Энергетический баланс атмосферы.
16. Экологическая роль Солнца для обеспечения жизни на Земле.

#### **2. Солнце**

1. Параметры Солнца (масса, светимость, радиус).
2. Электромагнитное излучение Солнца.
3. Корпускулярное излучение Солнца.

4. Строение Солнца.
  5. Источники его энергии.
  6. Солнечная активность.
  7. Цикличность солнечной активности и ее прогнозирование.
3. **Солнечно-земные связи**
1. Солнечная гелиосфера и земная магнитосфера.
  2. Проявления солнечной активности в геофизических явлениях.
  3. Магнитные бури.
  4. Полярные сияния.
  5. Солнце, погода и климат.
  6. Биологические проявления солнечной активности.

## СПЕЦИАЛЬНЫЙ КОСМОФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Предлагаемое учебное пособие – первый в отечественной литературе практикум по космической физике, построенный на базе данных экспериментов НИИЯФ МГУ на ИСЗ «Университетский-Татьяна», который был выведен на околоземную орбиту 20 января 2005 года – в канун 250-летнего юбилея МГУ, и других ИСЗ.

Основной целью практикума является знакомство учащихся с важнейшими физическими явлениями в околоземном космическом пространстве, а также обучение основным методам работы с экспериментальными данными, получаемыми с искусственных спутников Земли (ИСЗ).

Издание состоит из двух частей. В первой изложены современные научные представления о магнитных полях и плазменных структурах в околоземном космическом пространстве, рассмотрена методика измерений и обработки экспериментальных данных, приведены основные характеристики приборов на ИСЗ «Университетский-Татьяна», рассмотрены данные других космофизических экспериментов, представленные в Интернете. Вторая часть содержит сами задачи практикума, при необходимости с дополнительным материалом.

Задачи практикума достаточно универсальны и могут использоваться для обучения студентов физических специальностей университетов и других ВУЗов. Эти задачи относятся к курсам общей физики («Механика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная физика» и «Ядерная физика»), курсам теоретической физики («Электродинамика» и «Статистическая физика»). Их можно также использовать в лабораторных занятиях по курсам физики плазмы, астрофизики и геофизики.

## *Аннотации задач «Космического практикума»*

### **НАБЛЮДЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ПОЯСОВ НА ВЫСОТАХ 400–1000 КМ**

*Авторы: Л.Л. Лазутин, И.Н. Мягкова*

Цель данной задачи – изучение методики исследования временных и пространственных вариаций потоков электронов и протонов радиационных поясов Земли (РПЗ) по данным низковысотных ИСЗ. В задаче используются данные ИСЗ «*Университетский-Татьяна*», полученные на высоте  $H < 1000$  км, и *КОРОНАС-И* ( $H < 400$  км); эти ИСЗ имеют примерно одинаковое наклонение (около  $80^\circ$ ). Для выполнения задачи необходимы навыки работы с данными космофизических экспериментов в Интернете, а также владение какой-либо программой для построения графиков. Данная задача может быть рекомендована студентам физических факультетов университетов и других ВУЗов (в рамках общего ядерного практикума).

### **ВНУТРЕННИЙ РАДИАЦИОННЫЙ ПОЯС И ПОТОКИ ЗАХВАЧЕННЫХ ЧАСТИЦ В ОБЛАСТИ ЮЖНО-АТЛАНТИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ**

*Авторы: Н.А. Власова, А.С. Ковтюх*

Цель задачи – изучение физических эффектов, связанных с воздействием аномалий геомагнитного поля на движение частиц РП и распределения их потоков на малых высотах. Задача предназначена для студентов физических факультетов университетов и других ВУЗов. Она может использоваться также для факультативных занятий учащихся старших классов средней школы.



## **ДИНАМИКА ПОТОКОВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ВНЕШНЕГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ЗЕМЛИ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНЫХ БУРЬ**

*Авторы: Н.А. Власова, А.С. Ковтюх*

Динамика потоков релятивистских ( $c E > 1$  МэВ) электронов внешнего радиационного пояса Земли – одна из наиболее актуальных проблем физики магнитосферы. Потоки релятивистских электронов – один из важнейших факторов космической погоды. Обладая высокой проникающей способностью, они воздействуют на электронные приборы, в том числе микропроцессорные системы, установленные на борту ИСЗ, приводя к сбоям в их работе. Известны случаи, когда высокие потоки релятивистских электронов приводили к нарушениям в системах управления ИСЗ и даже к гибели ИСЗ.

Данная задача может быть рекомендована студентам физических факультетов университетов и других ВУЗов, специализирующихся по физике плазмы, астрофизике, солнечно-земной физике и геофизике.

## **СОЛНЕЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ**

*Авторы: С.Н. Кузнецов, И.Н. Мягкова, С.И. Свертилов*

Цель данной задачи – ознакомление с методами исследования динамики потоков и спектров солнечных космических лучей (СКЛ) по данным ИСЗ. Изучение СКЛ важно не только для исследования фундаментальной проблемы ускорения частиц на Солнце и в гелиосфере, но и для решения прикладных задач, поскольку СКЛ являются одним из важнейших факторов «космической погоды». При выполнении задачи используются данные ИСЗ «Университетский-Гатьяна», «КОРОНАС-Ф», *GOES* и *ACE*. Для выполнения задачи необходимы навыки работы с базами космофизических данных в Интернете, а также владение графическим редактором.

## **ПРОНИКНОВЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В МАГНИТОСФЕРУ ЗЕМЛИ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНЫХ БУРЬ**

*Авторы: С.Н. Кузнецов, Л.Л. Лазутин, И.Н. Мяжкова*

Цель данной задачи – ознакомление с методикой исследования динамики границы проникновения солнечных космических лучей (СКЛ) в магнитосферу Земли на главной фазе магнитной бури. Изучение проникновения СКЛ в магнитосферу Земли во время магнитных бурь важно не только для фундаментальных исследований структуры магнитосферы, но и для решения важных прикладных задач, поскольку СКЛ существенно влияют на радиационную безопасность пилотируемых космических полетов. При выполнении задачи используются данные ИСЗ «Университетский-Татьяна» и «КОРОНАС-Ф». Для выполнения задачи необходимы навыки работы с базами геофизических данных в Интернете, а также владение графическим редактором.

## **СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР В ГЕЛИОСФЕРЕ**

*Авторы: С.А. Красоткин, А.С. Ковтюх*

Цель задачи – знакомство со структурой межпланетного магнитного поля, гелиосферы, с распространением солнечного ветра и вспышечных выбросов солнечного вещества, а также с методом восстановления данных о местоположении солнечной вспышки, вызвавшей геомагнитную бурю. Работа рассчитана на студентов, изучающих физику космоса, астрономию, естествознание.

## **УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ НОЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ**

*Авторы: Б.А. Хренов, Г.К. Гарипов, В.И. Тулунов*

Цель задачи – знакомство с методикой измерений ультрафиолетового излучения (УФ) с помощью специального прибора, установленного на ИСЗ. В работе изучаются следующие физические эффекты: флуоресценция атмосферы, рассеяние света в атмосфере, обратный поток УФ из атмосферы.

Описание работы содержит краткие сведения по физике этих явлений. Задача основана на данных ИСЗ «Университетский-Татьяна». Для выполнения работы требуются минимальные навыки извлечения данных из сети Интернет. Эта задача относится к курсам общей физики («Оптика» и «Атомная физика»), а также к спецкурсам по физике плазмы, астрофизике и геофизике. Она может использоваться также для факультативных занятий учащихся старших классов средней школы.

## **ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ**

*Авторы: В.И. Тулунов, Г.К. Гарипов, Б.А. Хренов*

Полярные сияния изучаются в данной задаче по данным прибора ДУФ об ультрафиолетовом излучении, полученном на спутнике «Университетский-Татьяна». Эта задача относится к курсам общей физики («Оптика» и «Атомная физика»), а также к спецкурсам по физике плазмы, астрофизике и геофизике. Она может использоваться также для факультативных занятий учащихся старших классов средней школы.

## **ВАРИАЦИИ ПЛОТНОСТИ АТМОСФЕРЫ НА ОРБИТЕ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ**

*Автор: В.М. Журавлев*

Цель задачи – проверка простой модели действия силы молекулярного сопротивления атмосферы на спутники с низковысотными круговыми орбитами.

Изучаются физические эффекты, связанные с учетом влияния молекулярного трения в атмосфере Земли на изменчивость кеплеровских параметров орбиты спутника. Кроме этого, задача позволяет ознакомиться с влиянием солнечной активности на характеристики верхней атмосферы Земли.

В качестве измеряемого параметра в задаче выбран удельный коэффициент сопротивления движению спутника в атмосфере (коэффициент сопротивления, отнесенный к массе спутника). В качестве параметра, позволяющего оценить изменчивость удельного коэффициента, взят фокальный параметр орбиты, рассчиты-

ваемый по среднему движению (число оборотов в день). По данным о скорости изменения фокального параметра вычисляется удельный коэффициент сопротивления спутника, что позволяет оценить относительную изменчивость плотности атмосферы спутника на орбите. Для спутников с известными площадью поперечного сечения и массой вычисляется абсолютное значение плотности атмосферы на высоте орбиты спутника.

На последнем этапе предполагается проведение сравнительного анализа активности Солнца с изменениями абсолютной и относительной плотности атмосферы на высоте орбиты. В задаче предполагается использовать элементы самостоятельной обработки студентом реальной базы данных о положении спутника в любой подходящей системе программирования.

Задача может быть рекомендована студентам физических факультетов университетов и других ВУЗов.

## **Сведения об авторах:**

*Михаил Игоревич Панасюк* – доктор физико-математических наук, профессор, директор НИИЯФ МГУ

*Анна Михайловна Анохина* – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры физики космоса физического факультета МГУ

*Екатерина Александровна Сигаева* – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник НИИЯФ МГУ

*Научное издание*

## **Инновационные образовательные программы и материалы в области наук о космосе и околоземном пространстве**

Подписано в печать 23.11.2007 г.  
Печать офсетная. Формат 64×94 1/16.  
Гарнитура Times New Roman.  
Объем 4,5 печ. л.  
Тираж 1000 экз.

Ордена «Знак Почета» Издательство Московского университета.  
125009, Москва, ул. Б. Никитская, 5/7.

Отпечатано в типографии ООО «ГЕО-ТЕК».  
129110, Москва, Проспект Мира, д. 45, стр. 1, ООО «ГЕО-ТЕК»

Жизнь Земли в атмосфере Солнца [www.terraonline.ru](http://www.terraonline.ru) ?

Солнце Солнечно-земные связи Земля Словарь терминов

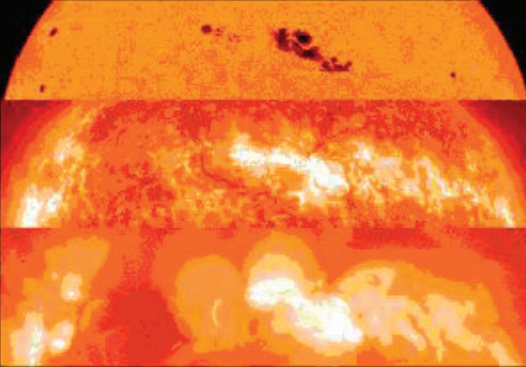
<< Предыдущий >> <> Следующий >>

### 5.2 Солнечные пятна и флоккулы

Фотосфера

Хромосфера

Корона



© ИРГ им. М.В. Ломоносова, 1993/94 гг., д.в. Собрание 2004-2007





Содержание - Mozilla

Электронный учебник

Космические исследования и взаимодействия космической среды с системами и материалами космических аппаратов

ПРИВЕТСТВИЕ   СОДЕРЖАНИЕ   ОБ УЧЕБНИКЕ   КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ   ЛИЦЕНЗИОННОЕ СОГЛАШЕНИЕ   КОНТАКТЫ

СОДЕРЖАНИЕ

[Введение](#)

Глава 1. [Галактические космические лучи. Происхождение, ускорение и распространение](#) (Калмыков Н.Н., Свешникова Л.Г.)

Глава 2. [Рентгеновское и гамма излучение во вселенной](#) (Свертилов С.И.)

Глава 3. [Нейтринная астрофизика](#) (Кузьмичев Л.А.)

Глава 4. [Солнце, солнечное излучение и гелиосфера](#) (Веселовский И. С., Яковчук О. С.)

Глава 5. [Солнечные Космические Лучи](#) (Курт В.Г.)

Глава 6. [Магнитные поля Земли и планет-гигантов: Юпитера и Сатурна](#) (Алексеев И.И., Бельнская Е.С., Калегаев В.В.)

Глава 7. [Радиационная опасность на околоземных орбитах и межпланетных траекториях космических аппаратов](#) (Кузнецов Н.В.)

Глава 8. [Взаимодействие заряженных частиц с веществом](#) (Анохина А.М., Гапкин В.И., Мурзина Е.А.)

**Space Monitoring Data Center**

Skobel'syn Institute of Nuclear Physics MSU

Main   Data   Services   Models   Projects   Links   About

Tatjana coordinates

Data available from 21.01.05 to now

Time interval				Time interval			
1	January	2005	0	1	January	2005	0
1	January	2005	0	1	January	2005	0
Output type				Output type			
<input checked="" type="radio"/> Numeric <input type="radio"/> Graphic				<input checked="" type="radio"/> Numeric <input type="radio"/> Graphic			
Data channels				Data channels			
<input type="checkbox"/> Magnetic local time [h]				<input type="checkbox"/> PPD (3): $E_e > 70 \text{ keV}$ and $E_p > 0.8 \text{ MeV}$ (G=9.7E-02)			
<input type="checkbox"/> Invariant Latitude [degrees]				<input type="checkbox"/> PPD (4): $E_p = 2-14 \text{ MeV}$ (G=9.7E-02)			
<input type="checkbox"/> Magnetic Latitude [degrees]				<input type="checkbox"/> PPD-1 (6): $E_e = 0.3-0.6 \text{ MeV}$ (G=9.7E-02)			
<input type="checkbox"/> Magnetic Longitude [degree]				<input type="checkbox"/> PPD-1 (7): $E_p = 7-16 \text{ MeV}$ (G=9.7E-02)			
<input type="checkbox"/> X (geo) [km]				<input type="checkbox"/> PPD-2 (8): $E_e = 0.7-0.9 \text{ MeV}$ and $E_p > 7 \text{ MeV}$ (G=2.E-02)			
<input type="checkbox"/> Y (geo) [km]				<input type="checkbox"/> PPD-2 (9): $E_p = 1.5-40 \text{ MeV}$ (G=2.E-02)			
<input type="checkbox"/> Z (geo) [km]				<input type="checkbox"/> Sc-1 (12): $E_p = 40-100 \text{ MeV}$ (G=25)			
<input type="button" value="Retrieve"/>				<input type="button" value="Retrieve"/>			



