

ХАРЬКОВСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ МИНВУЗА УССР

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ  
ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ АН СССР

КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ  
«РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН»  
АН СССР

---

**ВСЕСОЮЗНЫЙ СИМПОЗИУМ  
„ПРОБЛЕМЫ РАДИОМЕТЕОРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ АТМОСФЕРЫ“**

*4 — 6 октября 1977 г.*

Тезисы докладов



ХАРЬКОВ — 1977

ХАРЬКОВСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ МИНВУЗА УССР

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ  
ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ АН СССР

КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ  
«РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН»  
АН СССР

---

ВСЕСОЮЗНЫЙ СИМПОЗИУМ  
„ПРОБЛЕМЫ РАДИОМЕТЕОРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ АТМОСФЕРЫ“

*4 — 6 октября 1977 г.*

Тезисы докладов

## СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ, МАГНИТОСФЕРА ЗЕМЛИ И ВЕТЕР В МЕТЕОРНОЙ ЗОНЕ

*П. Б. БАБАДЖАНОВ, В. М. КОЛМАКОВ*

По материалам многолетних радиолокационных наблюдений дрейфа метеорных следов в Душанбе и по данным аналогичных наблюдений в Обнинске, на о. Хейс и на станции «Молодежная» было проанализировано поведение постоянной составляющей скорости регулярного ветра. Основные особенности полученной картины следующие.

В Душанбе и на ст. «Молодежная» в годы максимальной активности Солнца среднегодовое значение скорости максимально, а в годы минимума — минимально. В Обнинске и на о. Хейс вариаций среднегодовых скоростей в течение одиннадцатилетнего цикла не обнаружено. В годы максимальной активности Солнца на всех широтах сезонные вариации скорости имеют два максимума (летний и зимний). В годы минимальной активности на средних широтах наблюдается только летний максимум, а на высоких — зимний. На средних широтах почти всегда наблюдается направление преобладающего ветра с запада на восток, а на высоких широтах наблюдаются вариации направления.

Анализ полученной картины приводит к выводу, что во время равноденствий в верхних слоях атмосферы имеются максимумы давления над тропиками с небольшим минимумом над экватором. Два максимума давления имеют место над геомагнитными полюсами. Такое распределение давления (исключая суточные вариации) обусловлено неравномерным нагреванием атмосферы на уровне метеорной зоны вследствие изменения положения Земли относительно Солнца, сезонной вариации оптических свойств атмосферы, изменения потока коротковолновой радиации Солнца и изменения интенсивности солнечного ветра в течение одиннадцатилетнего цикла, а также взаимодействия корпускулярных потоков с магнитосферой Земли. На высоких широтах картина осложняется взаимным смещением магнитных и географических полюсов Земли, что приводит к необходимости учета не только широты точки наблюдения, но и ее долготы.

## О ЦИРКУЛЯЦИОННОМ РЕЖИМЕ В СТРАТОМЕЗОСФЕРЕ СРЕДНИХ ШИРОТ

М. Т. БАКАНОВ, К. А. КАРИМОВ

Для полосы средних широт от 35° до 45° с. ш. из синоптических карт и бюллетеней ракетного зондирования атмосферы вычислялись горизонтальные градиенты температуры. Строились высотные профили горизонтальных градиентов температуры, и с помощью уравнений термического ветра вычислялись его высотные профили. Численные расчеты профилей полного ветра проводились для каждой среды месяца в основные сезоны года. Приводится сезонный анализ изменений горизонтального градиента температуры. Отмечаются основные источники и стоки тепла и холода.

Дается детальный анализ высотного поведения зональной компоненты ветра. Экспериментально отмечаемые факты усиления и ослабления глубины модуляции зонального потока, характерные для зимнего периода, на уровнях тропосферной и стратосферной циркуляции, отождествляемые с противофазностью крупномасштабных процессов, можно объяснить высотно-временным поведением горизонтальных градиентов температуры. В геострофическом приближении из высотного распределения температурных градиентов для уровня 25 км были вычислены межсуточные вариации зональной и меридиональной компонент скорости ветра. Показано, что основной составляющей в температурном градиенте являются ее межширотные вариации, что указывает на реальность используемых из ракетных измерений высотных профилей меридиональной составляющей  $\frac{dT}{dn}$ . Спектральный анализ межсуточных вариаций

$\frac{dT}{dn}$  выделил те же периодичности, что и в вариациях ветра. Исходя из расчетных значений ветра, была построена модель циркуляции атмосферы для средних широт Северного полушария от 20 до 100 км.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ДРЕЙФА МЕТЕОРНЫХ СЛЕДОВ С ПРОЦЕССАМИ НА СОЛНЦЕ

Б. В. КАЛЬЧЕНКО

Было установлено, что обнаруженная в экваториальной зоне, а затем и на средних широтах двухсуточная цикличность в дрейфе метеорных следов непосредственно связана с солнечным ветром. В работе показано, что этот механизм действует на все составляющие дрейфа. В данном случае речь может идти только об

относительном вкладе воздействия солнечных магнитных эффектов и других видов воздействия (например, приливных) на компоненты спектра скорости дрейфа метеорных следов.

## **КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЗОСФЕРЫ ЛАЗЕРНЫМ, РАДИОМЕТЕОРНЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ И МЕТОДОМ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

*М. Ф. ЛАГУТИН*

Постановка комплексных исследований мезосферы вызвана необходимостью выяснения влияния метеорного притока на геофизические параметры атмосферы, в частности на динамику натриевого слоя и аэрозольных слоев, обнаруживаемых методом сумеречной фотометрии.

Наблюдаемое при лидарном зондировании увеличение концентрации натрия в период действия таких потоков, как Геминиды, Ориониды и др. находится в противоречии с известным фактом, что приток от спорадического фона превышает приток от потоков. Лазерное зондирование аэрозоля верхней атмосферы не обнаруживает слоев метеорного происхождения.

В настоящем докладе обсуждается методика наблюдений и комплекс аппаратуры, состоящий из: метеорного радиолокатора средней чувствительности, многоканального сканирующего фотометра и лидара, созданных в Харьковском институте радиоэлектроники для работы по единой программе. Для ускорения процесса обработки результатов показаны пути и средства сопряжения аппаратуры с ЭВМ. Обсуждаются возможности комплекса для исследования проблем динамики мезосферы. Пространственное сканирование лидаром и фотометром области атмосферы, зондируемой метеорным локатором, позволит получить независимыми радиофизическими методами параметры движений с высоким разрешением на высоте. Предварительные экспериментальные и теоретические исследования показывают, что некоторые характеристики натриевого слоя можно объяснить метеорным притоком. На основании анализа результатов наблюдений высказывается предположение, что либо мелкие частицы содержат меньше натрия, либо приток вещества на Землю от центральных частей роя существенно превышает спорадический фон.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТНО-ВРЕМЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВЕТРА В МЕТЕОРНОЙ ЗОНЕ**

*Б. Л. КАЩЕЕВ, В. В. ЖУКОВ*

В ПНИЛ радиотехники Харьковского института радиоэлектроники разработан автомат для определения угловых координат, высоты и радиальной скорости дрейфа отражающей области метеор-

ного следа. Приводятся технические характеристики автоматической метеорной РЛС, работающей в импульсном режиме. Представлены результаты наблюдений дрейфа метеорных следов за период в несколько суток в восточном направлении. Анализируются высотно-временные зависимости зональной компоненты горизонтального ветра в метеорной зоне.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РАДИОНАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРНОГО ВЕТРА С РЕДУКЦИЕЙ ЗА СРЕДНЮЮ ВЫСОТУ**

*Б. Л. КАЩЕЕВ*

Незнание координат отражающего участка метеорного следа при изменении дрейфа метеорных следов приводит к ошибкам. Общепринятая методика интерпретации экспериментальных данных не учитывает суточных и сезонных изменений координат отражающих «точек», а также их зависимость от местонахождения пункта наблюдения и ориентации антенн.

Как показали харьковские работы, суточные и сезонные изменения координат отражающих «точек» следов слабо зависят от распределения гелиоцентрических координат радианта и скорости метеора. Это позволило на теоретико-экспериментальной основе построить прогнозирующую функцию координат отражающих «точек» для редукции за высоту наблюдений дрейфа метеорных следов. В результате применения такой процедуры обработки результатов, полученных при радионаблюдениях метеоров, было установлено, что сезонные и суточные вариации оценок метеорного ветра в значительной мере объясняются соответствующими изменениями координат отражающих «точек». Абсолютные значения оценок приливных вариаций и их высотных градиентов при учете прогнозирующей функции в ряде случаев увеличились в 2—5 раз. Это можно объяснить тем, что традиционная интерпретация без привязки оценок скорости ветра к высоте приводила к усреднению по высотному интервалу, часто имеющему один порядок с вертикальной длиной волны оцениваемой приливной моды.

Следует отметить, что прогнозирующая функция построена для спорадических метеоров, поэтому рассмотренная процедура интерпретации не является универсальной.

## **ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЯ «ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ» В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ**

*Г. М. ШВЕД, А. М. СИВКОВ*

Распространение интенсивных внутренних гравитационных волн (ВГВ) в верхней мезосфере и нижней термосфере сопровождается возникновением перемещающихся по вертикали зон неустойчивой температурной стратификации, в которых должна возникать кон-

векция. Проводится численное моделирование конвекции на основе простейшей модели: 1) линейная недиссипирующая ВГВ распространяется в изотермической, стратифицированной по плотности, покоящейся атмосфере; 2) конвективные движения моделируются движением изолированных однородных термик переменной массы. Моделирование подтверждает возможность существования в верхней атмосфере «гидродинамического ускорителя», когда движущийся термик сопровождается зоной неустойчивости в ВГВ. Можно ожидать, что интенсивные ВГВ вызывают в нижней термосфере конвективные движения с вертикальными скоростями  $|\omega| \gtrsim 10$  м/сек. Наблюдение больших  $|\omega|$  может явиться дополнительным индикатором интенсивных ВГВ в нижней термосфере. В случае реализации конвекций из характера самого конвективного движения следует, что величина горизонтального пространственного масштаба изменения  $\omega$  вероятно не превышает нескольких км, причем на протяжении этого масштаба  $\omega$  может менять знак.

## О ПРИРОДЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ МЕТЕОРНОГО ВЕТРА

В. А. НЕЧИТАЙЛЕНКО

Анализ современных теоретических и экспериментальных работ показывает, что для распространенного представления о несущественной роли магнитогидродинамических эффектов в метеорной зоне нет достаточных оснований. Известно, что на высотах выше уровня, где гирочастота и частота соударений электронов равны, нейтральный ветер вызывает компоненту скорости дрейфа плазмы вдоль линий напряженности магнитного поля, наиболее важным следствием является появление вертикальной компоненты движения плазмы ( $s$  — магнитное наклонение). Для рассматриваемой области высот (80—110 км) постоянная времени плазмы составляет около 1 мин, а типичные значения напряженности электрических полей приводят к вертикальному дрейфу частиц со скоростью 20 м/с, т. е. электронная пара успевает пройти около 1 км, что значительно превышает величину начального радиуса метеорного следа, значит, следует ожидать вертикальное смещение следа в целом. Согласно данным советской экваториальной метеорной экспедиции, результаты регулярных измерений метеорного ветра методом Маннинга показывают наличие значительных вертикальных компонент, появление которых не может быть объяснено одними методическими причинами. В поведении функции наблюдается подобие поведению параметров, заведомо связанных с магнитным полем и суточным ходом интенсивности токовой системы атмосферного динамо, а именно — преобладание суточной

вариации над остальными, концентрация моментов перехода через нуль вблизи восхода и заката и др. Функция взаимной корреляции вертикальной и меридиональной компонент имеет максимум при нулевом лаге. Отмеченное подобие хотя и не может быть отнесено к числу доказательств, однако едва ли случайно, и с учетом вышеизложенного позволяет предположить, что вертикальная компонента метеорного ветра имеет магнитогидродинамическую природу.

## **О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН С ВЕТРОВЫМИ СТРУКТУРАМИ В МЕТЕОРНОЙ ЗОНЕ**

*А. М. КАЗАНИКОВ*

Рассмотрен один из возможных механизмов переноса импульса внутренними гравитационными волнами (ВГВ) и передачи волновой энергии и импульса ветровым структурам в метеорной зоне. Исследуются условия, при которых может осуществляться этот процесс. Из сравнения теоретических результатов и результатов анализа данных непрерывного цикла радиометеорных наблюдений показано, что в мезопаузе могут реализовываться условия «критического слоя» — слоя, в котором происходит поглощение энергии и импульса волны. На основании полуколичественных оценок параметров этого процесса сделана попытка объяснить экспериментально наблюдаемые особенности динамических процессов в метеорной зоне.

## **ОСОБЕННОСТИ СИНОПТИЧЕСКИХ И ГЛОБАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НАД СРЕДНЕАЗИАТСКИМ РЕГИОНОМ В 1975 г.**

*М. Т. БАКАНОВ, В. Я. ОГУРЦОВ, К. А. КАРИМОВ*

По материалам аэрологических и радиометеорных измерений в 1975 г. проведено спектральное разложение временных вариаций составляющих поля ветра на уровнях тропосферной, стратосферной и мезосферной циркуляции.

На основании полученных результатов показаны особенности высотно-временной структуры синоптических и глобальных колебаний скоростей ветра над Среднеазиатским регионом.

Проводится сравнение выделенных периодичностей с результатами, полученными на данной станции в более ранние годы и с данными, полученными в других географических пунктах.

Показаны некоторые частотные отличия периодических процессов в тропосфере, стратосфере и мезосфере.

## **ДИНАМИКА ВЕСЕННЕ-ОСЕННИХ ПЕРЕСТРОЕК 1975 г. В СТРАТО-МЕЗОСФЕРЕ ДЛЯ СРЕДНЕАЗИАТСКОГО РЕГИОНА**

*М. Т. БАКАНОВ, К. А. КАРИМОВ, В. Я. ОГУРЦОВ*

Конкретно для Среднеазиатского региона в 1975 г. был проведен детальный анализ перестройки циркуляционного режима на уровнях страто-мезосферной циркуляции с использованием аэрологического и радиометеорного материалов, бюллетеней ракетного зондирования и синоптических карт.

Показаны специфические особенности в динамике перестройки циркуляционного режима Среднеазиатского региона по сравнению с Европейской территорией Союза.

Смена типа циркуляции в весенний период начинается на уровнях верхней стратосферы (50—60 км) с последующим распространением как вверх, так и вниз. Смена типа циркуляции в осенний период происходит почти одновременно на всех уровнях.

Предлагается возможный вид термобарического поля, объясняющий кратковременные нарушения в циркуляционном режиме на метеорных высотах.

### **СЕЗОННЫЕ И МЕЖДУГОДИЧНЫЕ ЦИКЛЫ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО ВЕТРА В СТРАТО-МЕЗОСФЕРЕ СРЕДНИХ ШИРОТ**

*В. Я. ОГУРЦОВ, М. Т. БАКАНОВ*

В докладе представлены результаты спектрального анализа среднемесячного зонального ветра за 1964—1975 гг. на изобарических поверхностях 500, 300, 100, 50, 30, 10 и 0,001 мб по данным аэрологических и радиометеорных наблюдений на ст. Фрунзе.

Проводится сопоставление с сезонными и междугодовыми циклами зональной составляющей преобладающего ветра для других станций.

### **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ПРИЛИВОВ В МЕТЕОРНОЙ ЗОНЕ**

*О. В. КАЙДАЛОВ*

Современная теория приливных колебаний атмосферы не в состоянии объяснить количественно ряд экспериментальных фактов. С целью дальнейшего развития теории ставится задача численного моделирования приливов в атмосфере до высот 100 км.

Получена исходная система уравнений в двух вариантах. В применении к этой системе проанализировано несколько явных конечно-разностных схем. Приводятся результаты численного эксперимента. Сравнение аналитического и численного решений позво-

ляет оценить точность и характер устойчивости используемых явных схем в применении к данной задаче.

Указывается на перспективность использования численного моделирования для расчетов характеристик атмосферных приливов в метеорной зоне с учетом реального распределения параметров основного состояния.

## **К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ СУТОЧНОГО ПРИЛИВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОМЕТЕОРНЫХ НАБЛЮДЕНИИ**

*А. И. НОВИКОВА, Ю. И. ПОРТНЯГИН, Л. В. СВЕТОГОРОВА*

На основе анализа результатов одновременных наблюдений в 4-х направлениях показано, что параметры суточного колебания, в отличие от параметров полусуточного прилива, испытывают значительные пространственно-временные флуктуации. Эти флуктуации не могут быть объяснены в рамках современной теории суточного прилива. Рассмотрены различные методические причины, которые могут приводить к нерегулярным вариациям амплитуд и фаз суточных колебаний. Отмечено, что основными из этих причин являются следующие: 1) несовершенство стандартных методов гармонического анализа; 2) суточные вариации средней высоты метеорных радиоотражений; 3) влияние усреднения данных о дрейфах метеорных следов по всем высотам метеорной зоны. Влияние первой из указанных причин может быть устранено путем предварительной фильтрации радиометеорных данных. Суточные вариации средней высоты могут быть учтены путем введения в программу обработки модельных значений этих вариаций, если при этом определены значения вертикальных градиентов ветра. Влияние усреднения данных измерений по высотам метеорной зоны может быть в значительной мере ослаблено посредством разделения данных измерений по нескольким высотным уровням, например, с помощью статистического метода. Предлагается методика обработки экспериментальных данных, позволяющая существенно уменьшить искажения амплитуд и фаз суточного колебания за счет 3-х вышеуказанных факторов.

## **НЕРЕГУЛЯРНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ, ГЕНЕРИРУЕМЫЕ СТРУКТУРНЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ В ТРОПОСФЕРЕ**

*А. Н. ЗЯТЬКОВ, К. А. КАРИМОВ*

В докладе обсуждаются результаты исследований пространственно-временных вариаций поля ветра над Киргизией, порождаемых неровностями земной поверхности, температурными неоднородностями, нестационарностью потока. Обработка информации проведена по результатам аэрологического зондирования атмосферы на станциях Киргизии и Казахстана. Проведена классифи-

кация нерегулярных колебаний по типу возмущения. Показаны некоторые особенности влияния орографических препятствий и агеострофических факторов на величину возмущения в поле ветра, при различных углах набегания потока на горные препятствия.

## **ЭНЕРГЕТИКА НЕРЕГУЛЯРНЫХ ДВИЖЕНИЙ В НИЖНЕЙ ТЕРМОСФЕРЕ**

*Р. Н. ВЕНДРОВА, Р. Д. ГАЙНУТДИНОВА, А. Е. ЛУКЬЯНОВ*

Анализируется спектральный состав нерегулярных составляющих скорости ветра в метеорной зоне с периодами менее 6 часов.

Рассмотрен класс нерегулярных движений, отождествляемых с турбулентностью.

Проанализирован спектр волновых движений в области внутренних и мезомасштабных гравитационных волн.

Для нижней термосферы приводятся соотношения энергии приливных колебаний, мезомасштабных и внутренних гравитационных волн.

Анализ нерегулярных движений проведен во внутрисуточных и межсуточных интервалах измерений для зимнего и весеннего сезонов.

## **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ВИХРЯ СКОРОСТИ НАД СРЕДНЕЙ АЗИЕЙ**

*К. А. КАРИМОВ, А. Е. ЛУКЬЯНОВ, Р. Д. ГАЙНУТДИНОВА*

Рассмотрены методические вопросы вычисления действительного и геострофического вихря скорости. Рассчитаны значения вихря скорости на уровнях тропосферы и стратосферы за период с января по май и с сентября по декабрь 1975 года по данным аэрологических станций Фрунзе, Балхаш, Алма-Ата, Джалбул и Джалал-Абад. Временные вариации расчетных значений вихря скорости сопоставлены с конкретным поведением барических образований по синоптическим бюллетеням для Среднеазиатского региона.

По атласам высотных карт слоя 35—60 км для уровней верхней стратосферы рассчитаны значения геострофического вихря скорости. По азимутальным измерениям скорости ветра в метеорной зоне рассчитаны значения действительного вихря за тот же период. Рассмотрено изменение по высоте вихрей различных масштабов.

Показана возможность прохождения высотно-фронтальных зон от крупных барических образований (с размерами (2—4)  $10^3$  км) до метеорных высот. Смена типа вихря соответствует прохождению над Киргизией планетарной высотно-фронтальной зоны, простирающейся до верхней стратосферы, а иногда и до нижней тер-

мосферы. Смена типа вихря связывается с низкочастотными вариациями в спектрах скорости ветра. Пространственно-временное положение планетарной высотно-фронтальной зоны, вычисленное для крупных вихрей, совпадает с положением малоподвижных фронтов, проходящих над районами Киргизии.

## **МОДЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ОБТЕКАНИЯ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ГОРНЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ**

*Р. Х. УТЕШЕВА, К. А. КАРИМОВ, А. Н. ЗЯТЬКОВ*

В работе рассматриваются некоторые частные задачи решений уравнений Дороднищина для вертикального распространения в атмосфере орографических возмущений. Исследованы методические возможности анализа волнообразования по ограниченному числу аэрологических станций.

Вычислены критические скорости набегания потока на горные препятствия, при которых возможно волнообразование. Расчеты проведены для конкретных профилей гор и реально-стратифицированной атмосферы. При заданных граничных условиях и высотах распространения возмущений вычислены возможные уровни обращения.

## **ПРОЗРАЧНОСТЬ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

*К. А. КАРИМОВ, А. Е. ЛУКЬЯНОВ*

По данным аэрологических, ракетных и радиометеорных измерений рассчитана величина коэффициента прозрачности атмосферы для волновых возмущений и построены его пространственно-временные вариации до метеорных высот за период с января по май и с сентября по декабрь 1975 года.

Рассмотрена возможность прохождения в мезосферу волновых возмущений, генерируемых на высотно-фронтальных зонах в тропосфере и стратосфере.

Рассмотрено поведение межсуточных вариаций пульсационной составляющей скорости ветра, нерегулярной составляющей скорости с периодами от 15 до 180 мин., нерегулярной составляющей скорости с периодами от 3 до 6 часов и приливных составляющих с периодами 6, 8, 12 и 24 часа.

Наличие высотно-фронтальных зон в стратосфере при определенной стратификации может приводить к генерации волновых возмущений, распространяющихся в верхнюю атмосферу.

## К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРА ПО РАДИОМЕТЕОРНЫМ ДАННЫМ

В. В. СИДОРОВ

При измерениях осредненных характеристик ветрового движения в верхней атмосфере по радиометеорным данным приходится сталкиваться с тем, что число измерений ограничено и переменено и каждому среднему приходится присваивать вес, зависящий от числа измерений. Однако часто при определении функции веса не учитывается коррелированность турбулентных флуктуаций скорости ветра, которая особенно сильно проявляется при узких диаграммах направленности и малых интервалах времени наблюдения. Исходя из представления о 4-мерных объемах корреляции и области наблюдения, предлагается реальное число независимых наблюдений оценивать по рекуррентной формуле

$$n_1 = 1 + n_{1-1} (1 = \eta),$$

где  $n_1 = 1$ ,  $\eta$  — отношение 4-мерного объема корреляции к 4-мерному объему выборки. Для разных антенн  $0.01 \leq \eta \leq 0.1$ . Так, если использовать антенну из 2-х параллельных 5-элементных полотен, то из 100 измерений за час неизвестными будут только 15. Это обстоятельство сильно уменьшает преимущества чувствительных станций перед малочувствительными, и должно учитываться в программах наблюдений.

### ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ МЕТОДОВ РАДИОНАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРНОГО ВЕТРА И НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕДУР ИНТЕРПРЕТАЦИИ

В. А. НЕЧИТАЙЛЕНКО

Дан краткий обзор основных методов радионаблюдений метеорного ветра, анализируется информативность этих методов. Всесторонне анализируется статистический метод определения высот метеоров, предложенный в ИЭМ. Полученные нами аналитически и на цифровой модели зависимости средней высоты и дисперсии высот от дальности существенно отличаются от аналогичных оригинальных зависимостей, дан анализ причин этих расхождений.

Результаты моделирования метода с учетом астрономических факторов селекции показали сильную зависимость параметров  $h(R)$  от времени суток, широты и сезона. Меняется не только величина и знак первой производной  $h'(R)$ , но, что особенно важно, знак второй производной  $h''(R)$ . Выполненный нами анализ дает основания сделать вывод о том, что предложенный статистический метод оценки высоты «не работает», т. е. не обеспечивает решение

задачи изучения вертикальной структуры метеорного ветра и, следовательно, серьезных оснований рассматривать метод как универсальное средство повышения информативности типовых метеорных РЛС без высотомерных устройств, нет.

## **ГРАНИЧНЫЕ МОДЕЛИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ НАБЛЮДЕНИИ МЕТЕОРНОГО ВЕТРА**

*В. А. НЕЧИТАЙЛЕНКО*

Представлены результаты изучения на вероятностной модели «метеорный ветер — МРЛС — алгоритм интерпретации» зависимости эффективности оценок от числа оцениваемых параметров для случая сложной (качественно-количественной) интерпретации и для неортогональных моделей интерпретации. Сформулирован ряд рекомендаций по построению схемы наблюдения и процедур интерпретации.

## **ОБ ИЗЛУЧЕНИИ АТМОСФЕРНЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ МЕТЕОРОВ И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СПЕКТРОГРАММ МЕТЕОРОВ**

*Х. Д. ГУЛЬМЕДОВ, Р. ШАФИЕВ*

С 1974 г. в астрофизической лаборатории ФТИ АН СССР ведутся спектральные наблюдения метеоров с помощью телевизионной системы. Исследования телевизионных спектров метеоров и их следов, полученных в Ашхабаде, показали, что в спектрах короткоживущих следов часто наблюдается свечение атмосферных линий  $\lambda 5577\text{\AA}$  (запрещенной линии атомарного кислорода  $O_1$ ),  $\lambda 4278\text{\AA}$  и  $\lambda 3914\text{\AA}$  (первой отрицательной системы полос молекулярного азота), а также другие интенсивные линии и полосы первой отрицательной системы, первой и второй положительной системы молекулярного азота. В некоторых случаях наблюдается непрерывный спектр вокруг линии магния  $\lambda 5183\text{\AA}$ .

В докладе обсуждаются возможные механизмы, приводящие к излучению  $N_2$  и  $N_2^+$  в спектрах метеоров и короткоживущих метеорных следов. Приводятся также результаты фотометрических исследований вдоль пути спектральных линий и исследование временных вариаций интенсивностей наиболее часто встречающихся линий в спектрах метеоров и их следов.

## **СОПОСТАВЛЕНИЕ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПРОФИЛЕЙ И КРИВЫХ БЛЕСКА СЛАБЫХ МЕТЕОРОВ**

*Х. Д. ГУЛЬМЕДОВ, Г. Г. ЗАЕВСКИЙ*

В результате наблюдений на многобазовой радиолокационной системе в 1969—72 гг. в г. Ашхабаде были получены данные о рас-

пределении линейной электронной плотности  $\alpha$  вдоль метеорного следа, а также усредненные ионизационные кривые слабых метеоров.

В докладе приводится их сравнение с накопленными в данном пункте статистическими данными по кривым блеска и спектрам слабых метеоров, полученных телевизионным методом.

### ТРЕХЦВЕТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ МЕТЕОРОВ

В. В. БЕНЮХ

Камерами НАФА-6/50 со светофильтрами сфотографированы базисные метеоры в разных участках спектра.

Построены фотометрические кривые блеска, определен показатель цвета, исследованы его изменения вдоль пути метеоров. Вычислены массы метеорных тел и приближенно оценена концентрация излучающих атомов в момент вспышки. Среднее значение массы, утраченной метеорными телами во время вспышек,  $1,5 \cdot 10^{-2}$  г. Концентрация излучающих атомов в момент вспышки в среднем равна  $6 \cdot 10^{10}$  см<sup>-3</sup>.

Характерно покраснение метеоров во время депрессий и резкое увеличение блеска в синей области спектра в момент вспышек.

У метеора с кратной вспышкой типа сферического взрыва наблюдалось резкое увеличение блеска в красной области спектра в момент первой вспышки. В двух последних вспышках преобладало излучение в интервале длин волн 4400—4600 Å. Во время трех вспышек, длившихся 0,04 сек, метеорным телом было утрачено около 40% начальной массы. Абсолютный блеск конечной, наиболее яркой, вспышки метеора — 5 зв. вел. Концентрация атомов Mg 11/4/4481 Å, внесшего основной вклад в ее излучение в синей области спектра,  $1 \cdot 10^{11}$  см<sup>-3</sup>.

### РАССЕЯНИЕ РАДИОВОЛН МЕТЕОРНЫМИ СЛЕДАМИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МЕТЕОРНЫХ РАДИОЭХО

Ю. В. ЧУМАК, Р. И. МОЙСЯ

На базе строгого решения задачи рассеяния радиоволн метеорными следами в диапазоне линейных электрических плотностей  $10^{10}$ — $10^{13}$  эл/см проведен анализ амплитудных и фазовых характеристик метеорных радиоэхо. Обсуждается вопрос о возможности использования этих характеристик для определения параметров метеорных следов промежуточного типа. Исследуется влияние резонансных эффектов на точность определения различных параметров метеоров. Обсуждается также вопрос о связи критического радиуса с амплитудой и фазой сигналов, рассеянных следами промежуточного и устойчивого типов.

# ДИФРАКЦИЯ РАДИОВОЛН НА НЕОДНОРОДНОМ МЕТЕОРНОМ СЛЕДЕ

Г. И. КОЛОМИЕЦ

Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что структура метеорного следа в отдельных случаях значительно отличается от простой модели кривой ионизации, как в поперечном, так и в радиальном сечениях. В связи с этим исследуется вопрос об эффективной кривой ионизации и ее радиолокационными средствами.

Рассматривается влияние неоднородностей кривой ионизации на точность определения параметров следа и атмосферы радиолокационным методом. Приводятся результаты моделирования на ЭВМ дифракционных картин для неоднородных метеорных следов. Делается вывод о необходимости учета неоднородностей структуры следа при теоретических и экспериментальных исследованиях.

## ИЗУЧЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАДИОВОЛН С ЛАБОРАТОРНОЙ МОДЕЛЬЮ МЕТЕОРНОГО СЛЕДА

С. М. ЛЕВИТСКИЙ, И. В. БАЙРАЧЕНКО, Ю. В. ЗАДИРАКА

На лабораторной модели метеорного следа изучена возможность возникновения нелинейных эффектов, происходящих при взаимодействии электромагнитной волны локатора с плазмой метеорного следа. Исследования велись в десятисантиметровом диапазоне длин волн; метеорный след моделировался плазмой газового разряда низкого давления в смесях инертных газов.

Путем введения критериев подобия результаты лабораторных экспериментов могут быть перенесены на реальные метеорные следы.

## РЕЗОНАНСНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАДИОВОЛН С ПЛАЗМЕННЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

А. П. ГОРОВЕНКО

В работе исследована математическая модель взаимодействия волн двух поляризаций с плазменным объемом цилиндрической формы. В диэлектрическом и гидродинамическом приближениях численными методами получены зависимости амплитуды и фазы рассеянной волны от параметров плазмы и поля.

Показано, что вторичные резонансы могут быть описаны только в рамках гидродинамического приближения. Эти резонансы

представляют собой продольные стоячие плазменные волны в области плазмы, для которой выполняется условие  $\omega \lesssim \omega_p$ , где  $\omega$  — частота радиоволны,  $\omega_p$  — электронная плазменная частота.

Расчеты показали, что вторичные резонансы являются плохими излучателями, что, по-видимому, объясняет трудности их экспериментальной регистрации в опытах со следами.

Главный резонанс может быть описан как на основе диэлектрического, так и гидродинамического приближения плазмы. Амплитуда главного резонанса зависит от закона распределения электронной концентрации и величины температуры электронов. Получены оценки величины поляризационного отношения амплитуд рассеянных волн в зависимости от значений величины  $\omega_{p0}/\omega$  и  $ka$ , где  $\omega_{p0}$  — плазменная частота на оси столба,  $k$  — волновое число,  $a$  — радиус цилиндра.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ В НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЕ

Б. К. МИХАЙЛОВ, А. Н. ПЛЕУХОВ, В. В. СИДОРОВ

Явление рефракции радиоволн в ионосфере приводит к тому, что при двухчастотном когерентном зондировании метеорного следа на последнем будет иметься два отражающих центра в соответствии с количеством частот. Причем расстояние между центрами будет тем больше, чем больше разнос между зондирующими частотами [1]. Это явление можно использовать для определения интегральной концентрации электронов в области ионосферы, лежащей ниже точки отражения, следующим образом.

Предположим, что на приемном пункте мы регистрируем дифракционную картину радиоволны, отраженной от метеорного следа. При наличии двух отражающих центров будем иметь две дифракционные картины, сдвинутые друг относительно друга во времени. Величина сдвига при фиксированных частотах будет зависеть от ориентации метеорного следа, скорости метеора и индекса рефракции. Зная ориентацию метеорного следа и скорость метеорной частицы (эти параметры определяются известными методами), можно определить и индекс рефракции, из которого уже просто определить интегральную электронную концентрацию нижней ионосферы.

Проведенные эксперименты и теоретические оценки показали принципиальную возможность осуществления этого метода.

1. А. Н. Плеухов, В. В. Сидоров, Расчет влияния ионосферы на метеорное распространение радиоимпульсов. Сб. «Метеорное распространение радиоволн». Вып. X. Изд-во КГУ, 1975 г., Казань.

**Р. Ш. БИБАРСОВ**

1. Радиолокационные наблюдения метеоров с 4-х пунктов позволили получить отрезки ионизационных кривых метеоров в области максимума ионизации.

2. Исследована зависимость максимальной электронной плотности ( $\alpha_m$ ) от массы и скорости, указывающая на возрастание ее с увеличением последних.

3. Исследовано отношение  $\alpha_m$  полученной экспериментально, к теоретической в зависимости от плотности метеорного тела. Показано, что это отношение равно 3—5 при плотности метеорного тела  $\delta = 0,25 \text{ г/см}^3$  и  $1,5 \div 2$  при  $\delta = 5 \text{ г/см}^3$ . С уменьшением скорости метеорной частицы отношение возрастает.

4. Полученные результаты объясняются тем, что кривые ионизации метеорных частиц массой  $10^{-2} \div 10^{-3} \text{ г}$  в 2—3 раза короче ожидаемых из теории.

### **НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ ДРОБЛЕНИЯ**

**В. В. КАЛЕНИЧЕНКО**

Исследованы фотографические кривые блеска метеоров, не имеющие резких колебаний яркости. Они были аппроксимированы на ЭВМ модельными кривыми — для квазинепрерывной фрагментации поверхностного слоя и прогрессивного дробления — путем варьирования свободных параметров. При этом модель квазинепрерывной фрагментации поверхностного слоя оказалась не только единственно приемлемой, но и весьма точно удовлетворяющей наблюдениям.

Особенности наблюдаемых кривых блеска показывают, что фрагментация поверхностного слоя метеорного тела начинается незадолго до начала интенсивного испарения. Модельные поправки высот появления исследованных метеоров оказались весьма близкими к поправкам, основанным на исследованиях З. Цеплехи [3] и Л. А. Катасева [1], что также косвенно подтверждает вывод о почти одновременном начале фрагментации поверхностного слоя и интенсивного испарения.

При модельной аппроксимации использованы минералогические плотности метеорных тел [2].

Исследованные метеорные тела отличаются низкой удельной энергией абляции (от  $\sim 3 \cdot 10^9 \text{ эрг/г}$  до  $\sim 2 \cdot 10^{10} \text{ эрг/г}$ ). Размеры фрагментов составляют  $\sim 10^{-2} - 10^{-3} \text{ см}$ , соотв. массы  $\sim 10^{-5} - 10^{-6} \text{ г}$ .

1. Катасев Л. А. Исследование метеоров в атмосфере Земли фотографическим методом. Ленинград, Гидрометеиздат, 1966.

2. Бенюх В. В. Вестник Киевского университета, серия астрономическая, 1976, № 18, с. 46—52.

3. Z. Cepelcha.—Proc. of the symp. On the Meteor Orbits und Dust, Cambridge, Arg. 9—13, 1965

## СЕЧЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ИОНИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ МЕТЕОРНЫХ АТОМОВ

Г. Г. НОВИКОВ, А. В. БЛОХИН, Т. С. РАДЖАБОВ, Л. Н. РУБЦОВ

В работе найдены уравнения свечения и ионизации для случая, когда метеорное тело состоит из атомов одного сорта. При выводе уравнений считалось, что ионизация и свечение обусловлены столкновениями атомов  $A$  с молекулами воздуха  $B$ :

$$A + B \rightarrow A^+ + B, \quad (1)$$

$$A + B \rightarrow A + B + h\nu. \quad (2)$$

Полученные уравнения по форме записи полностью совпадают с общепринятыми в метеорной астрономии, но коэффициент ионизации  $\beta$  и свечения  $\tau$  имеют вид

$$\beta = \frac{\langle \sigma_i V \rangle}{\langle \sigma_T V \rangle}; \quad \tau = \frac{\langle \epsilon_v \sigma_n V \rangle}{\langle \epsilon_k \sigma_T V \rangle}, \quad (3)$$

где  $\sigma_i$ ,  $\sigma_n$  — сечения процесса (1) и (2) соответственно, а  $\sigma_T$  — полное сечение;  $\epsilon_k = m V_m^2/2$ ;  $V$ ,  $V_m$  — относительная скорость сталкивающихся частиц и скорость метеора соответственно;  $\epsilon_v$  — энергия кванта;  $m$  — масса метеорного атома. Знак  $\langle \rangle$  означает усреднение по скоростям.

Полагая, что процессы (1) и (2) идут при первом акте, приведена обработка экспериментальных данных с целью получения сечений возбуждения и ионизации.

Результаты обработки приведены в виде графиков и таблиц.

## ВСПЫШКИ МЕТЕОРОВ: ПРОЦЕССЫ ОТДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ

И. М. ХАИМОВ, А. Н. СИМОНЕНКО

В Институте астрофизики АН Тадж. ССР накоплен большой материал по фотографическим наблюдениям ярких метеоров, имеющих вспышки. Изучение блеска метеоров показало, что для их абляции в атмосфере Земли характерно квазинепрерывное отделение от них мелких частиц, приблизительно одинакового размера, резко усиливающееся во время вспышки.

Обсуждаются параметры вспышек (продолжительность возростания и спада блеска) и определяющие их причины.

Нами предполагались разные законы отделения частиц от главного метеорного тела:

а) равномерное отделение частиц (равными порциями через равные промежутки времени);

б) описываемое законом возрастающей арифметической прогрессии;

в) законом возрастающей геометрической прогрессии.

Анализ теоретических кривых показал, что:

1. Форма восходящей ветви кривой блеска вспышки определяется законом отделения частиц;

2. Форма нисходящей ветви не зависит от истории отделения частиц и практически целиком определяется частицами, отделившимися последними.

Предполагается, что причиной вспышки является разрушение прогретого слоя метеорного тела под воздействием термических напряжений.

## СЛОИСТАЯ СТРУКТУРА $E_s$ И МЕТЕОРНАЯ АКТИВНОСТЬ

О. АЛИМОВ, Г. Г. НОВИКОВ, Л. Н. РУБЦОВ

На основе данных по вертикальному зондированию ионосферы проведен анализ явления одновременного появления двух типов спорадического слоя над Душанбе. Введен параметр одновременного появления комбинации типов,  $E_s$ . Рассмотрена суточная и сезонная вариация числа случаев одновременного появления двух типов  $E_s$  и дана взаимосвязь с главными метеорными потоками. Результаты обработки показывают, что имеется достаточно хорошая корреляция в период максимума активности этих потоков.

Предложен механизм объяснения этого явления.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТЕЙ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ

В. Г. КРУЧИНЕНКО

Проведен анализ существующих трех независимых методов определения плотностей метеорных тел: динамического (по уравнению торможения), фотометрического (по уравнению разрушения) и минералогического (по решению задачи о нагревании). Показано, что существенные отличия получаемых плотностей для одних и тех же метеоров могут быть объяснены значительным увеличением эффективного поперечного сечения испарения, недостаточно корректным выбором области применения минералогического метода, учетом вращения метеорных тел и значительными ошибками в определении торможений,

## О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ

А. Р. КОЛОМИЕЦ, А. В. КУЗНЕЦОВА

Следствием влияния неучтенных факторов в методе оценки минералогической плотности метеорных тел, основанном на решении уравнения теплопроводности для цилиндрической модели метеорного тела, является обнаруженная авторами корреляционная связь параметра структуры с плотностью атмосферы. В целях исключения наблюдательной селекции нами проанализирована зависимость  $\lg p$  в точке появления метеора от  $\lg V_0$  по способу наименьших квадратов. И для киевских, и для гарвардских метеоров оказалось, что  $-\lg p \sim 3 \lg V_0$ , что подтверждает обнаруженную корреляцию.

Существующие оценки минералогической плотности и основанные на них выводы целесообразно пересмотреть.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ МЕТЕОРНЫМ ВЕЩЕСТВОМ, АСТЕРОИДАМИ И КОМЕТАМИ

Б. Ю. ЛЕВИН

Малые тела солнечной системы — астероиды и кометы — являются родительскими телами по отношению к еще более мелкой компоненте межпланетного населения — метеорному веществу. Основные сведения о метеорном веществе получаются из наблюдений той его части, которая обладает орбитами, пересекающими земную, и порождает явление метеоров и болидов в атмосфере или выпадает на поверхность Земли в виде метеоритов.

Чтобы избежать полного разрушения в атмосфере, метеориты должны не только обладать малыми геоцентрическими скоростями, но и быть механически прочными телами. Вместе с данными об их орбитах и прочими, это указывает на их астероидное происхождение. Первичные астероиды — это тела каменистого состава, образовавшиеся во внутренней, теплой зоне протопланетного облака. Их дробление при столкновениях привело к возникновению современной популяции астероидов и продолжает приводить к возникновению метровых обломков, иногда способных при встрече с Землей порождать метеориты. Так как дисперсия скоростей обломков составляет сотни м/с, они с самого начала образуют широкие потоки, которые очень быстро распадаются под действием планетных возмущений и других причин. Поэтому пока что не выявлен надежно ни один поток метеоритов.

Кометы являются иным типом тел, образовавшимися во внешней, холодной зоне протопланетного облака. Ледяные ядра комет содержат 20—30% каменных веществ, которые при испарении льдов отделяются в виде множества мелких частиц. Дисперсия их скоростей составляет всего десятки м/с и потому они образуют первоначально тонкие метеорные потоки. Рассеяние потоков порождает спорадический метеорный фон. Вклад мелких астероидных обломков в этот фон остается плохо известным.

Генезис ледяных ядер комет не дает оснований предполагать, что они могут включать в себя прочные каменные глыбы. Поэтому ядра короткопериодических комет с орбитами астероидного типа не могут быть родительскими телами метеоритов. Однако, не исключено, что в некоторых случаях кометные ядра в ходе испарения льдов могут покрываться каменной корой. Это превращает кометное ядро в астероидоподобное тело, содержащее льды только в недрах, откуда они не могут испаряться. Если такие астероиды кометного происхождения действительно существуют, обломки их хрупкой коры, сталкиваясь с Землей, могут порождать болиды, но не метеориты.

## О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОРБИТ РАДИОМЕТЕОРОВ

В. Н. ЛЕБЕДИНЕЦ

Существуют два метода определений векторов скорости (или орбит) частиц космической пыли — базисные фотографические и радиолокационные наблюдения метеоров; оба метода обладают большой избирательностью. В 1954 г. Уиппл и в 1961 г. Мак-Кроски и Позен с учетом избирательности фотографических наблюдений получили мало различающиеся между собой распределения орбит частиц с массами 1—10 г и 0,1—1 г. В 1965 г. Кашеев, Лебединец и Лагутин получили исправленное за избирательность радионаблюдений распределение 12500 орбит частиц с массами  $10^{-4}$ — $10^{-2}$  г, существенно отличающееся от распределения Уиппла и Мак-Кроски и Позен значительным увеличением числа орбит с наклонами  $i > 30^\circ$ . При получении этого каталога орбит 12500 радиометеоров был допущен ряд аппаратурно-методических погрешностей, однако их исправление при получении Корпусовым, Лебединцом и Сосновой каталога орбит 20000 радиометеоров не привело к существенным изменениям распределения наклонов орбит. Избирательность фотографических наблюдений обусловлена в основном зависимостью от скорости метеоров  $v$  коэффициента светимости  $\tau$ , а избирательность радионаблюдений — зависимостью от  $v$  коэффициента ионизации  $\beta$  и зависимостью начального радиуса метеорных следов  $r_0$  от  $v$  и от плотности атмосферы  $\rho$ . Варьирование функций  $\tau(v)$  и  $\beta(v)$  в пределах зависимостей, принимаемых разными авторами, не позволяет согласо-

вать распределения наклонов орбит радио- и фотографических метеоров. Не приводит к такому согласованию и варьирование параметров  $x$  и  $y$  в принимаемой большинством советских и рядом зарубежных авторов зависимости  $r_0 \sim \rho^{-x} V^y$  в пределах от 0.4 до 1; удовлетворительное согласие получается лишь при  $x \approx y \approx 0$ . Однако такое распределение наклонов орбит противоречит результатам наблюдений зодиакального света. В связи с изложенным, одной из наиболее актуальных задач метеорной геофизики и астрономии являются экспериментальные и теоретические исследования начального радиуса ионизированных метеорных следов и уточнение теории замечаемости радиометеоров.

## ОРБИТЫ СПОРАДИЧЕСКИХ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ

Б. Л. КАЩЕЕВ, А. А. ТКАЧУК

Рассматриваются результаты определения орбит мелких метеорных тел, полученные при регулярных радионаблюдениях в Харькове с помощью высокочувствительной автоматизированной радиолокационной системы. Проведена частичная статистическая обработка примерно 80 тысяч индивидуальных метеоров, зарегистрированных в течение 1975—1976 гг. Ежемесячно проводилось 1—2 недельных циклов наблюдений, для которых построены распределения орбит по большой полуоси, эксцентриситету и перигелийному расстоянию и наклону.

Большинство распределений орбит мелких метеорных тел по большой полуоси характеризуется максимумом в интервале  $1/a = 0,7—1(a.e)^{-1}$ , а по эксцентриситету — при  $e = 0,7—0,8$ . Распределение по перигелийному расстоянию незначительно изменяется в интервале  $q = 0,1—0,8 a.e$ , а максимум наблюдается при  $q \rightarrow 1$ . Характерной особенностью распределений орбит по наклону к плоскости эклиптики является первый максимум в интервале  $i = 0^\circ—10^\circ$  и второй максимум, иногда достигающий по величине первого, в интервале  $i = 130^\circ—150^\circ$ . При  $i \sim 90^\circ$  в распределениях наблюдается минимум.

Приводятся также некоторые результаты статистического моделирования распределений элементов орбит наблюдаемых метеоров.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РАДИАНТОВ СПОРАДИЧЕСКИХ МЕТЕОРОВ ПО ВСЕЙ НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ

Ю. А. ПУПЫШЕВ, Т. К. ФИЛИМОНОВА

В Казани с 1964 г. проводятся систематические азимутальные наблюдения численности метеоров, которые позволили получить статистическим азимутальным методом [1] распределения по северной небесной полусфере плотности радиантов спорадических

метеоров. Однако, наблюдения на средних широтах ( $\varphi = 50^\circ$ ) не обеспечивают надежного исследования области эклиптики. По программе Советской экваториальной метеорной экспедиции в г. Могадишо Сомали в 1968—1970 гг. были проведены аналогичные азимутальные наблюдения численности, результаты которых опубликованы в [2].

Совместная обработка этих интереснейших данных и результатов наблюдений в Казани по усовершенствованной методике [1] позволила получить распределение плотности радиантов спорадических метеоров по всей небесной сфере. Расчеты выполнены для различных месяцев 1969 г. Проведен анализ распределений плотности радиантов в северном и южном полушариях и их сезонных изменений.

1. Пупышев Ю. А. Определение видимого распределения плотности радиантов спорадических метеоров из азимутальных радиолокационных наблюдений. Результаты исследования по программе МТГ, № 14, «Наука», 1965.

2. Орбиты и численность метеоров по наблюдениям на экваторе. Каталог. Материалы мирового центра данных Б., Москва, 1975.

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАНТОВ И СКОРОСТЕЙ СПОРАДИЧЕСКИХ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ ПО НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ**

*Б. Л. КАЩЕЕВ, Ю. И. ВОЛОШУК, А. А. ТКАЧУК*

Рассматриваются распределения, полученные экспериментально по данным измерений индивидуальных радиантов и скоростей метеорных тел, а также путем математического моделирования с использованием результатов измерений численности радиометеоров. Результаты представлены в виде гистограмм распределения радиантов по широте и долоте для разных месяцев, в основном, по данным наблюдений 1975 г. и в виде контуров равной плотности радиантов на небесной сфере.

Следует отметить, что несмотря на общую высокую статистическую обеспеченность результатов измерений индивидуальных радиантов, определение плотности радиантов в антиапексной области небесной сферы остается по-прежнему недостаточно надежным. Поэтому представляют интерес результаты статистического моделирования распределений радиантов.

В общих чертах, распределение радиантов метеорных тел и в геоцентрической и в гелиоцентрической системах координат существенно неравномерное, а средняя гелиоцентрическая скорость метеоров изменяется по небесной сфере незначительно.

## **ПРИТОК МЕТЕОРНОГО ВЕЩЕСТВА НА ЗЕМЛЮ ПО РАДИОЛОКАЦИОННЫМ, ФОТОГРАФИЧЕСКИМ И ВИЗУАЛЬНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ**

*В. В. АНДРЕЕВ, О. И. БЕЛЬКОВИЧ, В. С. ТОХТАСЬЕВ*

Из двумерных геоцентрических распределений плотности радиантов и распределения скоростей метеорных тел получен падающий поток на Землю метеорных тел выше заданной массы.

При определении распределений радиантов и скоростей метеорных тел использовалась модифицированная физическая теория метеоров и новая шкала масс. На основе определений падающего потока (из наземных наблюдений и на космических кораблях) получена оценка полного притока метеорной материи на Землю в диапазоне масс  $10^{-15}$  —  $10^2$  г.

### **ПРИТОК МЕТЕОРНОГО ВЕЩЕСТВА**

*Ю. И. ВОЛОЩУК, А. А. ТКАЧУК, Б. Л. КАЩЕЕВ, И. П. ХОПОВА*

Приводятся результаты интерпретации измерений численности слабых радиометеоров на высокочувствительном радиолокационном комплексе Харьковского института радиоэлектроники с целью получения оценок плотности потока метеорных частиц вблизи Земли. Показано, что из года в год сезонный ход плотности потока отличается незначительно, достигая максимума в июле и минимума в сентябре месяце. Полученные оценки плотности потока сравниваются с результатами других исследований, полученными различными методами.

### **МЕТЕОРНОЕ ВЕЩЕСТВО В ТОРФАХ ОТДАЛЕННЫХ РАЙОНОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

*Н. В. ВАСИЛЬЕВ, Э. В. СОБОТОВИЧ, К. Н. АЛЕКСЕЕВА,  
А. П. БОЯРКИНА, Н. Н. КОВАЛЮХ, С. А. РАЗИН,  
А. В. СМЕРНОВА, В. Э. ШНИТКЕ*

В качестве объекта исследования метеорного вещества предлагаются торфяные залежи верховых болот, сложенные олиготрофным мхом сфагнум-фускум, которые являются природной копилкой аэрозолей вообще, а в районах, удаленных от промышленных центров, как например, север Красноярского края, копилкой метеорных аэрозолей. Исследование сферической фракции метеорного аэрозоля размером от 7 мкм до 100 мкм и более показали, что за последние 250 лет их приток в целом равномерен и составляет  $(2-4) \cdot 10^3$  т/год на всю поверхность Земли. В докладе приводится гранулометрический состав исследуемой фракции сфери-

ческого компонента метеорного вещества и результаты его химических анализов.

Исследование содержания сколового радиоуглерода в торфах и почвах этого района позволило оценить приток на поверхность Земли остроугольной фракции метеорного аэрозоля, которая составляет значительную часть от общего притока. Скорость аккреции, судя по этим данным, составляет  $3 \cdot 10^8$  т/год. Эти оценки хорошо согласуются с данными исследования океанологических отложений.

В докладе обсуждается вопрос о причине расхождения полученных оценок скорости аккреции с другими данными. Высказывается мнение о перспективности использования метода определения сколового радиоуглерода для выявления космогенного компонента в земных объектах.

### **ШКАЛЫ МАСС ДЛЯ РАДИОМЕТЕОРОВ, ВИЗУАЛЬНЫХ И ФОТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТЕОРОВ**

*В. С. ТОХТАСЬЕВ*

Решение ряда важных задач метеорной астрономии и изучение связанных с метеорами явлений в атмосфере Земли требует совместного применения оптических (визуальных, фотографических, телевизионных) и радиолокационных методов исследования. При этом настоятельной необходимостью является как установление шкалы масс внутри каждого метода, так и согласование этих шкал между собой.

В докладе, на основе анализа лабораторных и натуральных экспериментов по изучению процессов свечения и ионизации основных метеорных атомов в воздухе, предлагаются новые шкалы масс для радиометеоров, визуальных и фотографических метеоров. В частности найдено, что если метеорное тело влетает со скоростью 40 км/сек вертикально в атмосферу Земли, то для того, чтобы образовать метеор нулевой визуальной или фотографической звездной величины, тело должно иметь массу, равную соответственно 0,24 г и 0,13 г, а метеорный след с линейной электронной плотностью  $10^{12}$  эл/см в точке максимальной ионизации образуется телом с массой  $4 \cdot 10^{-4}$ . Приводятся формулы, которые связывают шкалы звездных величин радиометеоров, визуальных и фотографических метеоров во всем интервале метеорных скоростей. Показано, что предлагаемые шкалы масс хорошо согласуются с основными экспериментальными данными, полученными разными методами.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ ПО ФОТОГРАФИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ

П. Б. БАБАДЖАНОВ, В. С. ГЕТМАН, Т. И. ГЕТМАН

Как известно, характер разрушения метеорных тел в значительной степени зависит от числа Кнудсена. Некоторые наиболее крупные метеорные частицы проходят конечный участок траектории в условиях, близких к сплошному обтеканию, что может явиться причиной их быстрого разрушения в атмосфере Земли.

В настоящей работе авторы, опираясь на теоретические расчеты момента возникновения скачка уплотнения, определили размеры метеорных тел. Это позволило получить новые данные о плотности крупных метеорных частиц и провести сопоставление с данными, полученными традиционными методами.

## СИСТЕМА АГРЕГАТНЫХ СРЕДСТВ МЕТЕОРНОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Б. Л. КАЩЕЕВ

(Заказной доклад)

Дальнейший процесс <sup>цесс</sup> в области радиометеорных исследований циркуляции верхней атмосферы, в особенности применительно к задачам метеорологии, может быть обеспечен путем создания автоматизированной сети метеорных РЛС.

Необходимость системного подхода к созданию сети радиометеорных станций требует координации различных служб, организаций и ведомств страны в решении следующего круга вопросов:

— унификации аппаратуры для радиометеорных исследований и интерфейса, обеспечение адаптивности применений на базе принципа модульного построения;

— унификации методов наблюдения и координации исследовательских программ;

— унификации алгоритмов интерпретации наблюдательных данных (создание системного программного обеспечения).

Эффективность сети радиометеорных станций может быть дополнительно повышена, если учесть потенциальный многофункциональный характер метеорных РЛС, позволяющий использовать их при соответствующем техническом и программном обеспечении не только для измерений параметров ветрового режима, но и для решения ряда других важных проблем, имеющих большое научное и прикладное значение (напр., проблемы метеорной радиосвязи, притока метеорного вещества в атмосферу Земли и др.).

С целью решения этих задач Институтом экспериментальной метеорологии (ГУГМС) и Харьковским институтом радиоэлектроники (МВССО УССР) разработано техническое задание на систе-

му агрегатных средств метеорной радиоэлектроники (АСМР).

Система АСМР предназначена для компоновки унифицированных радиометеорных комплексов для:

— использования на нижнем уровне в сложных иерархических системах (метеорологических, астрономических, связных и др.);

— компоновки одноуровневых автоматизированных систем для проведения комплексных физических экспериментов (исследование нижней термосферы, солнечно-земных связей и др.);

— решения других специфических задач метеорной радиоэлектроники.

## ПЛОТНОСТИ И ОРБИТЫ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ

П. Б. БАБАДЖАНОВ, Р. П. ЧЕБОТАРЕВ,  
Р. Ш. БИБАРСОВ

На основании анализа 260 метеорных тел, для которых радиометодами были определены массы, плотности и орбиты, рассматривается вопрос о возможной связи плотности тел с элементами их орбит. Делается вывод, что в пределах 10—20% ошибок измерений средняя наблюдаемая плотность не зависит от элементов орбит и составляет 2,6 г/см<sup>3</sup>. При увеличении скорости спорадических метеорных тел (194 метеора) от 29 до 66 км/с их наблюдаемые плотности увеличиваются в 3 раза (от 1 до 3,2 г/см<sup>3</sup>). Аналогичная зависимость по фотонаблюдениям поточных метеоров имеет максимум плотности на 35—45 км/с, который уменьшается в 2—10 раз на скоростях 20 и 70 км/с.

При разделении спорадических метеоров на дробящиеся (масса более ~ 10 мг, плотность 1,1 г/см<sup>3</sup>) и не дробящиеся (масса менее ~ 10 мг, плотность 4,3 г/см<sup>3</sup>) зависимость плотности радиометеоров от скорости не наблюдается. Отмечается отсутствие тел малой плотности на малых перигелийных расстояниях и возможная аномалия плотностей при больших полуосях  $a=3-7$  а. е. У дробящихся метеорных тел Геминид (47 метеоров) и  $\eta$ -Акварид (19 метеоров) плотности оказываются несколько ниже, чем у спорадических (0,64 и 0,7 г/см<sup>3</sup>), а плотности недробящихся тел несколько выше (5,15 и 4,8 г/см<sup>3</sup> против 4,3 г/см<sup>3</sup>). В заключение отмечается необходимость увеличения числа и точности измерений.

## ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ И СТРУКТУРЫ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ ОТ ИХ ОРБИТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В. С. ТОХТАСЬЕВ

Плотности и структура метеорных тел являются, наряду с их химическим составом, одними из важнейших физических характеристик этих тел. Они определяют как скорость эволюции метеорного вещества в Солнечной системе, так и процесс абляции метеорных тел в атмосфере Земли. Но оценки плотностей ме-

теорных тел, сделанные разными исследователями, часто на одном и том же наблюдательном материале, расходятся более чем на порядок. Эти расхождения обусловлены рядом причин и в первую очередь тем, что классическая физическая теория недостаточно точно описывает процесс абляции крупных метеорных тел.

В докладе приведены плотности метеорных тел, вычисленные на основе уточненной теории их абляции. Плотности определялись из сравнения теоретических и экспериментальных высот появления метеоров, взятых из каталога Р. Мак-Кроски и А. Позен. Как для спорадических, так и для потоковых метеоров выделены три группы метеорных тел, плотности которых заключены в интервалах 0,2—0,6, 0,9—1,1 и 1,4—1,8 г/см<sup>3</sup>. В интервале плотностей от 2 до 3,6 г/см<sup>3</sup> обнаружено существование еще четырех групп тел со средними плотностями в группе, равными 2,1, 2,4, 2,7 и 3,2 г/см<sup>3</sup>. Исследуется зависимость плотности метеорных тел от их орбитальных характеристик. Из сопоставления плотностей, найденных по высотам появления и максимального блеска метеоров, делаются некоторые выводы о структуре метеорных тел. Показано также, что метеорные тела с массами от 10<sup>-3</sup> до 10<sup>-5</sup> имеют плотности от 0,8 до 3,2 г/см<sup>3</sup>.

## О ПРИТОКЕ МЕТЕОРНОГО ВЕЩЕСТВА НА ЗЕМЛЮ

А. К. ТЕРЕНТЬЕВА, С. С. ТРЯШИН

По результатам наблюдения малых метеорных потоков изучена пространственная плотность метеорных тел в роях.

Оценивается масса метеорного вещества, приносимого ими на Землю.

## О ПРИТОКЕ ВЕЩЕСТВА В АТМОСФЕРУ ЗЕМЛИ ОТ МЕТЕОРНОГО ПОТОКА ЛЕОНИД ПО РАДИОНАБЛЮДЕНИЯМ 1966—1968 гг.

Г. В. АНДРЕЕВ, Р. Г. ЛАЗАРЕВ, Л. Н. РУБЦОВ

По результатам радионаблюдений метеоров потока Леонид в 1966—1968 гг. на длине волны 17 м на РЛС Ионосферной станции г. Душанбе нами была определена плотность падающего потока  $Q(m_{\min})$  по методу О. И. Бельковича [1]. Минимально регистрируемая масса  $m_{\min}$  определялась путем нахождения пересечения кривой чувствительности (т. е. зависимости  $m$  от параметров РЛС, потока и атмосферы) и кривой испарения. Кривые чувствительности и испарения строились по двум наиболее обоснованным, по нашему мнению, моделям начального радиуса,

диффузии, коэффициента ионизации и испарения — К. В. Костылева [2] и В. С. Тохтасьева [3]. Согласно первой модели  $m_{\min} = 6.3 \cdot 10^{-5} \text{ г}$ , а по второй —  $m_{\min} = 1.6 \cdot 10^{-4} \text{ г}$ . В эпоху максимума потока Леонид 18.XI.66 г.  $Q(m \geq 1.6 \cdot 10^{-4}) = 0.70 \text{ частиц} \times \text{км}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ , 16.XI.67. — 0.28 частиц  $\cdot \text{км}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$  и 18.XI.68 г. — 0.06 частиц  $\cdot \text{км}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ . Плотность падающего потока, определенная по  $m_{\min}$ , имеет тот же ход во времени, но со значениями  $Q(m_{\min})$  меньшими  $Q(m_{\min})$  на 10—27%. Основными особенностями потока в эти годы является то, что в 1966 и 1968 гг. Земля встречала сгущения, богатые в основном крупными частицами, а в 1967 г. — мелкими. В соответствии с этим показатель распределения масс в максимуме потока 1966 г. имел значение 2.17, в 1967 г. — 2.51, а в 1968 — 1.87. Используя значения  $Q$ , нами был рассчитан приток метеорного вещества  $\Delta M$  в атмосферу всей Земли. С 15 по 20 ноября 1966 г. суммарный приток для  $m \geq 1.6 \cdot 10^{-4} \text{ г}$  составил 10.7 тонн или для  $m \geq 10^{-3} \text{ г}$  — 2.6 т, а в максимуме плотности потока 18.XI.66 г.  $\Delta M(10^{-3}) = 73.8 \text{ кг} \cdot \text{час}^{-1}$ . В 1967 г. с 15 по 18 ноября  $\Delta M(10^{-3}) = 0.5 \text{ т}$ , а  $\Delta M(1.6 \cdot 10^{-4}) = 1.3 \text{ т}$ , в максимуме же потока  $\Delta M(10^{-3}) = 7.3 \text{ кг} \cdot \text{час}^{-1}$ . В 1968 г. поток Леонид обладал очень неравномерной структурой, так если 17 ноября  $\Delta M(10^{-3}) = 1.6 \text{ кг} \cdot \text{час}^{-1}$ , то 18 ноября Земля прошла сквозь часть роя богатого очень крупными частицами, и приток составил  $\sim 70 \text{ кг} \cdot \text{час}^{-1}$ .

1. Белькович О. И. Статистическая теория радиолокации метеоров. Изд-во Казанского ун-та, Казань, 1971.
2. Костылев К. В. Астрономические основы метеорной радиосвязи. Изд-во Казанского ун-та, Казань, 1970.
3. Тохтасьев В. С. Материалы Всесоюзного симпозиума «Взаимодействие метеорного вещества с Землей и оценка притока метеорного вещества на Землю и Луну. Душанбе, «Дониш», 1975, с. 10—20, 100—107.

## СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОТОКА ГЕМИНИД С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ

О. И. БЕЛЬКОВИЧ, Н. И. СУЛЕЙМАНОВ, В. С. ТОХТАСЬЕВ

По данным многолетних радиолокационных наблюдений потока Геминид в АОЭ получено изменение плотности падающего потока и параметра  $S$  распределения метеорных тел по массе в зависимости от долготы восходящего узла  $\Omega$ . Параметр  $S$  определялся тремя методами: по распределениям амплитуд и длительностей радиоэхо и методом сравнения потоков [1].

Все три метода дали практически одинаковые результаты. Затем был сделан пересчет плотности потока в диапазоне масс от  $m$  до  $m+dm$  для различных значений  $m$ . Оказалось, что существует две группы частиц: с массой  $m < 10^{-4} \text{ г}$  и максимумом потока

при значении  $\Omega = 259^\circ,5$  и массой  $m > 10$  г и максимумом при  $\Omega = 261^\circ,3$ . В интервале  $10^{-4}z < m < 10^{-2}z$  максимум потока занимает промежуточное положение. Плотность потока в максимуме первой группы испытывает случайные колебания от года к году в пределах  $\pm 25\%$ , тогда как для второй группы эти колебания значительно меньше —  $\pm 10\%$ . Был проведен подробный анализ пространственного распределения орбит метеорных тел в каждой группе, найдены области сгущения. На основании этих данных сделаны некоторые выводы о процессе формирования потока из кометного ядра и о дальнейшей эволюции частиц в потоке.

1. О. I. Bel'kovich, V. S. Tokhtas'ev. Bull. astron. Inst. Czechosl, 1974, 25, No 2, 112

## **ЭВОЛЮЦИЯ ГРУППЫ ГИПОТЕТИЧЕСКИХ МЕТЕОРНЫХ РОЕВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЛАНЕТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

*В. Г. КРУЧИНЕНКО, Л. М. ШЕРБАУМ*

Рассматривается эволюция девяти гипотетических метеорных роев, орбиты которых имеют одинаковые перигелийные расстояния ( $q = 1$  а. е.), но отличаются размерами ( $a = 2,5; 4,5; 6,5$  а. е.) и наклоном к плоскости эклиптики ( $i = 2^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ ), под действием двух больших планет — Юпитера и Сатурна.

Орбиты короткопериодических роев ( $a = 2,5$  а. е.) в целом изменяются незначительно, хотя в их изменении наблюдаются некоторые особенности.

Рои, большие полуоси которых составляют 4,5 а. е. и 6,5 а. е., испытывают значительное возмущающее действие, что приводит к существенным трансформациям орбит. Особое внимание уделяется изучению изменений больших полуосей и долгот восходящих узлов.

## **ЭВОЛЮЦИЯ ОРБИТ МЕТЕОРНЫХ РОЕВ КВАДРАНТИД,**

**$\delta$ - АКВАРИД,  $\alpha$ — КАПРИКОРНИД**

*П. Б. БАБАДЖАНОВ, А. Ф. ЗАУСАЕВ*

Выбор метеорных роев Квадрантид,  $\delta$ -Акварид и  $\alpha$ -Каприкорнид для изучения эволюции орбит обусловлен тем, что для них имеется ряд надежных орбит, вычисленных по фотографическим наблюдениям, но вопрос о их происхождении остается мало изученным. Для каждого из роев составлен список элементов орбит по фотографическим наблюдениям, и по критерию Саутфорда отобраны частицы, принадлежащие каждому рою. В каждом метеорном рою выбраны элементы орбит трех частиц. Вычисление изменений элементов орбит проводилось двумя методами: методом Коуэлла и методом Альфана—Горячева на интервале времени 2000 лет. Возмущения учитывались от пяти больших планет: Сатурна, Юпитера, Марса, Земли и Венеры. Вычисления вековых

возмущений методом Альфана—Горячева проводились с шагом 10 лет, в методе Коуэлла шаг интегрирования переменный.

Сопоставление результатов вычислений, полученных двумя методами, указывает на то, что элементы орбит изменяются в одном и том же направлении, а для Квадрантид на интервале времени 2060—1660 гг., где вычисления методом Коуэлла наиболее надежны, разница в угловых элементах орбит не превышает  $2^\circ$ . При сопоставлении элементов орбит этих метеорных роев с кометами, на одни и те же моменты оскуляции, обнаружено сходство элементов орбит Квадрантид и кометы Брорзена—Меткоффа 1847 V,  $\delta$ -Акварид и кометы 1532,  $\alpha$ -Каприкорнид и кометы 1457 II, что указывает на их возможную взаимосвязь.

Исследование изменений элементов орбит в результате действия эффекта Пойнтинга—Робертсона с учетом распыления и испарения метеорной частицы показало, что у Квадрантид и  $\alpha$ -Каприкорнид существует нижний предел линейных размеров частиц, длительное время удерживающихся в рое, который равен  $10^{-2}$  см, а у  $\delta$ -Акварид  $10^{-1}$  см.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОЙ СВЯЗИ МЕТЕОРНЫХ РОЕВ С КОМЕТАМИ

П. Б. БАБАДЖАНОВ, А. Ф. ЗАУСАЕВ, Ю. В. ОБРУБОВ

Исследуется эволюция метеорных роев и комет, у которых имеется сходство элементов орбит. Эпоха, соответствующая наибольшему сходству элементов орбит, считается временем образования метеорного роя. За положение кометного ядра в момент выброса метеорного вещества принимается точка, соответствующая минимальному расстоянию между орбитами роя и кометы. По известным орбитам метеорного роя и кометы, а также по положению кометного ядра в момент выброса метеорного вещества определяется скорость выброса.

Таким образом, в решении задачи об образовании метеорного роя выделяются три этапа:

1. Вычисление изменений элементов орбит роя и кометы в результате действия гравитационных и негравитационных эффектов.

2. Нахождение точки на кометной орбите, соответствующей минимальному расстоянию между орбитами роя и кометы.

3. Нахождение скорости выброса метеорного вещества.

Получены следующие результаты. Для кометы Галлея и метеорной частицы  $\eta$ -Акварид вычислены методом Альфана—Горячева изменения элементов орбит на 3000 лет назад, для частицы учтен эффект Пойнтинга—Робертсона. Наибольшее сходство угловых элементов орбит наблюдалось около 2200 лет назад. Минимальное расстояние между орбитами на эту эпоху  $\rho_{\min} = 0,314$  а. е., скорость выброса  $C = 239$  м/сек., ядро кометы находилось в точке своей орбиты с истинной аномалией  $11^\circ 05' 55''$ . Для кометы Джакобини—Циннера и роя Драконид установлено, что выброс мог

произойти как в 1900 году, так и в 1950 г. Для 1900 года —  $\rho_{\min} = 0,002$  а. е.,  $C = 227$  м/сек., комета находилась в точке с истинной аномалией —  $85^{\circ}07'05''$ ; для 1950 г. —  $\rho_{\min} = 0,003$  а. е.,  $C = 386$  м/сек, истинная аномалия  $10^{\circ}05'55''$ .

Исходные данные для роев  $\eta$ -Акварид и Драконид 1950 г. взяты по фотографическим наблюдениям.

## ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТЕОРНОГО ВЕЩЕСТВА В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

О. И. БЕЛЬКОВИЧ, В. С. ЗАБОЛОТНИКОВ

Разработана методика построения модели распределения метеорного вещества в Солнечной системе для фотографических и радиолокационных метеоров. Модель для фотографических метеоров построена на основе каталога Мак-Кроски и Позен. Предварительно проведена статистическая обработка с целью получения гелиоцентрических распределений элементов орбит метеорных частиц в окрестности орбиты Земли. Учет астрономического и физического факторов осуществлялся с помощью новых формул, полученных в работе [1].

Построена также модель распределения радиолокационных метеоров в Солнечной системе.

1. Андреев В. В., Белькович О. И. Преобразование падающего потока спорадических метеоров в гравитационном поле движущегося тела. Астрономический вестник. Т. I, X, № 1, 1975.

## О ЛОКАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПОРАДИЧЕСКИХ МЕТЕОРОВ ПО ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИМ СКОРОСТЯМ

Т. П. АНТРОПОВА, З. М. ИОФФЕ, Л. Н. РУБЦОВ

Воздействие спорадических метеоров на атмосферу Земли зависит от так называемого локального распределения по внеатмосферным скоростям. Для построения локального распределения принималась осесимметричная модель плотности истинных радиантов  $\delta'(\epsilon')$ . Найденная функция распределения по безразмерной геоцентрической скорости при заданной гелиоцентрической для случая апекса в зените имеет вид:

$$f_w(u) = \frac{p[\epsilon_w(u)]}{2W^2} U(U^2 + 1 - W^2) \left(1 + \frac{gR}{V_0^2 U^2}\right), \quad (1)$$

где

$$p[\epsilon(U)] = \delta'[\epsilon'(\epsilon)].$$

$V_0$  — орбитальная скорость Земли;  
 $U, W$  — соответственно геоцентрическая и гелиоцентрическая скорости метеора в единицах  $V_0$ .

Соотношение (1) интегрировалось по  $W$  с учетом принятой модели распределения по  $W$  и области существования  $U$ ; от найден-

ного распределения по  $U$ , затем делался переход к распределению по  $V$  км/с.

Для случая апекса в зените распределение имеет максимум при 60 км/с. Для апекса в надире при 12 км/с.

Подобные распределения отражают суточную и широтную вариацию спорадического фона.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕРЕНИЙ ЧИСЛЕННОСТИ СЛАБЫХ РАДИОМЕТЕОРОВ**

*Б. Л. КАЩЕЕВ, Ю. И. ВОЛОЩУК, А. А. ТКАЧУК*

Приводятся экспериментальные данные о суточном и сезонном изменении наблюдаемой численности радиометеоров. Измерения проводились по 5—20 суток ежемесячно в течение 1972—1977 гг. с помощью статистического анализатора численности метеорных отражений на 12 амплитудных уровнях. Эти данные необходимы для расчета параметра  $S$  распределения метеорных тел по массе, для оценки притока метеорного вещества, могут использоваться при моделировании распределений плотности радиантов по небесной сфере, а также представляют самостоятельный интерес.

Наблюдается схожесть формы кривых суточного и сезонного изменения численности радиометеоров на разных уровнях чувствительности и удовлетворительная повторяемость результатов измерений в разные годы.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МЕТЕОРОВ**

*М. И. МАЛЫНЯК*

На основании регрессионного анализа статистических характеристик временного ряда построена модель авторегрессии интегрированного скользящего среднего (АРПСС), обеспечивающая минимум дисперсии ошибки. Произведена оценка параметров модели, диагностическая проверка модели и построена прогнозирующая функция.

На основании полученной прогнозирующей функции построен адаптивный алгоритм прогнозирования численности метеоров на 1, 2, ... часов вперед. Предусмотрена реализация алгоритма на ЭВМ.

Переходя от численности к плотности потока метеорных частиц, предложенный алгоритм позволяет прогнозировать плотность потока метеорных частиц в окрестности Земли,

## СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕГИСТРИРУЕМЫХ РАДИОМЕТЕОРОВ

И. П. ХОПОВА

Численные эксперименты на ЭВМ с моделью, учитывающей процессы образования метеорного следа и отражения от него радиосигналов, позволяют оценить суточные изменения параметров регистрируемых метеоров; такие расчеты позволяют устранить существенный недостаток наблюдательных данных — малая видимая плотность радиантов в антиапексе. Приводятся суточные зависимости скорости, высоты отражающей области и предельно регистрируемой массы для 4-х месяцев года. Делается вывод, что наибольшее значение скоростей и высот наблюдается в 8—12 часов. Разница средних значений в течение суток составляет для скорости около 20 км/с, для высоты — 7 км. Предельно регистрируемая масса в течение суток для разных месяцев года изменяется приблизительно в 3—5 раз.

## ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАДИОМЕТЕОРОВ

И. П. ХОПОВА

Характеристики сигнала, отраженного от метеорного следа, и статистические параметры регистрируемых величин при радиолокации метеоров зависят от целого ряда коэффициентов, входящих в уравнения физической теории радиометеоров. К таким коэффициентам относятся: плотность метеорной частицы  $\delta$ ; показатель степени  $n$  в зависимости коэффициента  $\beta$  от скорости метеоров  $v$ , параметры  $a$  и  $b$  в зависимости начального радиуса  $r_0$  от высоты отражающей области и скорости. Оценки перечисленных коэффициентов, полученные различными исследователями в теоретических и экспериментальных работах, существенно отличаются. Можно только указать, в каких пределах изменяются их величины. Показано, что получить зависимость  $\sqrt{\text{скоростей}}$ , совпадающую с экспериментальной, можно лишь в том случае, когда или все перечисленные коэффициенты, или некоторые из них являются функцией скорости метеорного тела.

Обсуждаются различные модели.

## РЛС «ГОРИЗОНТ» ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРОВ И ИОНИЗАЦИИ М-ЗОНЫ

Л. Н. РУБЦОВ, Г. Г. НОВИКОВ

На территории Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики Академии наук Таджикской ССР введена в экспериментальную эксплуатацию РЛС, снабженная двумя вра-

Шающимися узконаправленными антенными системами, эквивалентной площадью по 1600 кв. метров каждая. Диапазон РЛС для исследования метеоров 18—22 МГц; для исследования ионосферы 6—18 МГц; скорость синхронного вращения 1 оборот за 8 минут.

Авторы проекта полагают, что РЛС «Горизонт» будет эффективно использоваться для решения следующих научных задач метеорной астрономии:

1. Наблюдения метеорных потоков с синхронно вращающимися антеннами для увеличения времени их регистрации, что позволит более подробно изучить структуру наблюдаемых потоков.

2. Наблюдения метеорных потоков до кульминации радианта и после, что позволит разработать метод исключения фона спорадических метеоров для выяснения количественного воздействия того или иного метеорного потока на ионизацию области  $E$  ионосферы в сочетании с методами возвратно-наклонного зондирования ионосферы.

3. Используя узконаправленные свойства антенн, проводить регистрацию слабых метеоров в определенном объеме пространства, что позволит оценить приток метеорной материи на Землю.

4. Регистрировать скорости и высоты слабых метеоров и их амплитудно-частотные характеристики для определения физических параметров метеоров и верхней атмосферы.

Главное назначение РЛС «Горизонт» — изучение взаимосвязи метеорных и ионосферных явлений в  $M$ -зоне.

#### **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС КГУ-М5 ДЛЯ МЕТЕОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*В. В. СИДОРОВ, Ю. А. ПУПЫШЕВ, А. Н. ФАХРУТДИНОВА,  
А. М. СТЕПАНОВ, В. А. МАКАРОВ, К. К. КОСТЫЛЕВ,  
В. А. ШУВАРИКОВ, В. Ю. НЕСТЕРОВ*

В ПРАЛ КГУ разработан и изготовлен автоматизированный радиолокационный комплекс КГУ-М5 для исследования при азимутальных наблюдениях метеорных явлений и ветрового режима в метеорной зоне атмосферы на основе фазовых измерений. Мощность излучения передатчика в импульсе — 200 кВт; длительность импульса — 100 мкс; частота посылок в режиме ожидания — 200 Гц, в режиме регистрации — 400 Гц; рабочая частота — 32 МГц, чувствительность аппаратуры  $\alpha_0 = 1,7 \times 10^9$  эл/см; антенна передатчика основного приемного канала и пять фазометрических антенн идентичны и состоят из двух синфазных пятиэлементных антенн; антенны синхронно устанавливаются в 12 азимутальных направлениях. Комплекс позволяет получать: распределение амплитуд, длительностей эхо-сигналов, расстояний до следа, скорость метеора дифракционным и фазовым методами, коэффициент амбилярной диффузии, высоты и угловые точки отражения, скорость ветра, амплитудно-временные харак-

теристики. Осуществлен вывод полученных данных из ЭВМ на перфоратор, дисплей, «console», телетайп и магнитную ленту. Приводятся некоторые результаты исследований аппаратурного комплекса и точности измеряемых параметров.

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В АУ МРЛС**

*В. Н. СЛЕЙНИКОВ*

Рассматриваются вопросы аппаратурной реализации предварительной и первичной обработки сигналов в автоматическом углемере (АУ), содержащем систему разнесенных антенн, приемные устройства, цифровые импульсные фазометры, измеритель средней дальности и устройства, обеспечивающие калибровку и контроль параметров аппаратуры в процессе ее работы и наладки.

Приводится функциональная схема АУ, в которой для определения угловых координат и дальности используется двухшкальный метод. Рассмотрены методы, исключющие погрешность цифровых импульсных фазометров из-за разрывности фазовой характеристики при накоплении результата, а также методы, позволяющие уменьшить погрешность квантования.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ В АУ МРЛС**

*В. В. ЖУКОВ, А. Н. ОЛЕЙНИКОВ, В. Н. ОЛЕЙНИКОВ*

Основу математического обеспечения АУ составляет библиотека стандартных и специальных подпрограмм. Оперативное изменение режима работы и вывода данных, контроль основных узлов аппаратуры и программы осуществляются в режиме управления по ключам. Взаимодействие АУ и управляющей ЦВМ обеспечивается системой прерывания ЦВМ.

Рассматривается блок-схема алгоритма приема и обработки, массив фазовых сдвигов, вычисления параметров радиоэхо и воздействия систем АУ (программа-диспетчер).

Приводятся блок-схемы специальных алгоритмов АУ — исправление и «просеивание» массивов, вычисление приращения фазы и устранения неоднозначности отсчетов. Все вычисления реализованы с фиксированной запятой. Для увеличения точности вычисления средних значений и дисперсий применены рекуррентные формулы.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УГЛОМЕРА МРЛС**

*Б. Л. КАШЕЕВ, В. В. ЖУКОВ, В. Н. ОЛЕЙНИКОВ,  
А. Н. ОЛЕЙНИКОВ*

Приводятся результаты комплексных испытаний разработанного в ПНИЛ радиотехники Харьковского института радиоэлектроники автоматического угломера метеорной РЛС (АУ МРЛС) в условиях лабораторного и натурального эксперимента. Даются точностные характеристики отдельных функциональных узлов АУ (приемников, цифровых импульсных фазометров измерителя средней дальности и др.) и всего устройства в целом. Оценивается взаимное влияние каналов АУ, выявляются систематические ошибки в определении координат отражающей области метеорного следа. Рассматриваются методы калибровки АУ.

## **АППАРАТУРА ДЛЯ ОПЕРАТИВНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ РАДИОМЕТЕОРНЫХ СТАНЦИЙ**

*И. А. ЛЫСЕНКО, Б. И. ПЕТРОВ*

Сформулированы основные требования к сетевой радиометеорной аппаратуре. Рассматривается разработанный в ИЭМ комплекс аппаратуры, предназначенной для оперативных измерений скоростей ветра на метеорологической сети радиометеорных станций. В комплексе реализован способ измерений скоростей ветра в четырех ортогональных направлениях путем коммутации антенн с высокой частотой (100 Гц). Такой способ обеспечивает увеличение статистической обеспеченности результатов измерений более чем в три раза без увеличения излучаемой мощности и чувствительности системы. Первичная обработка автоматизирована. В устройстве автоматизации реализован алгоритм последетекторной обработки фазово-временных характеристик метеорных радиоэхо. Применено многократное (до 4-кратного) измерение полупериодов доплеровских биений с последующим анализом и отбраковкой данных путем вторичной обработки на ЭВМ. В качестве долговременного носителя информации применена перфолента. Приемное устройство и устройство автоматической обработки выполнено на интегральных схемах. Приводятся результаты полевых испытаний комплекса.

## **МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ РАДИОМЕТЕОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ «ДРЕЙФ-2»**

*В. П. ОНУФРИЕВ*

В докладе освещаются вопросы методики экспериментального исследования точностных характеристик (ТХ) устройств цифро-

вой обработки (ЦО) информации о скоростях дрейфов метеорных следов. Используются 2 пути решения этой задачи: 1 — исследование с помощью имитационной аппаратуры; 2 — сравнение результатов параллельной обработки экспериментальных данных, полученных по одному и тому же реальному материалу цифровым и визуальным методами.

При реализации второго пути исследований методика оценки ТХ ЦО состоит в следующем: 1 — оцениваются погрешности визуальной обработки (ВО) путем анализа результатов обработки «меченых» отражений десятью обработчиками; 2 — производится оценка отклонений результатов измерений скорости при ЦО относительно ВО по индивидуальным замерам (после идентификации отражений); 3 — в предположении независимости погрешностей ВО и ЦО, на основании данных по п. 1, 2 определяются погрешности ЦО.

Среднеквадратичная абсолютная погрешность измерения скорости ветра устройством «Дрейф-2» составила  $3,4 \pm 0,2$  м/с, что приблизительно в 2 раза меньше, чем при ВО.

## ВОПРОСЫ ФИЛЬТРАЦИИ МЕТЕОРНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

В. В. ЛИЗОГУБ

Рассмотрены спектры вариаций фазы сигналов, рассеянных метеорными следами. Показано, что «расширение» спектральных составляющих за счет нелинейных эффектов движения (при развороте и диффузионном расширении следа) составляет единицы герц, что позволяет применить достаточно узкополосные фильтры для выделения таких сигналов. Расширение спектральных составляющих фазы за счет дифракционных явлений при формировании следа составляет десятки герц. Приводятся соображения по выбору интервала дискретизации фазы и, соответственно, периода повторения импульсов метеорной РЛС для измерения фазовой функции метеорного радиозоха.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕДУР ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ДРЕЙФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦВЫЧИСЛИТЕЛЯ

В. М. БАЙДАК, Л. В. СМИРНОВА, В. А. НЕЧИТАЙЛЕНКО

В связи с задачей построения простой метеорной доплеровской РЛС для синоптических целей, включающей простой спецвычислитель вместо мини-ЭВМ, обсуждается ряд процедур оценивания радиальной компоненты дрейфа ( $U_r$ ) по входной совокупности отсчетов фазы  $\varphi_i$ . Исследуется эффективность оценок  $U_r$ . Исследуемые процедуры реализованы на ЭВМ «Днепр-1», в ка-

честве входных пакетов  $\varphi_1$  использовались пакеты, полученные на комплексе ВЕТА в реальных условиях регистрации метеоров.

Обсуждаются особенности построения спецвычислителя, реализующего простейшие процедуры оценивания радиальной компоненты дрейфа по совокупности отсчетов фазы.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ДРЕЙФА ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ**

*Г. Л. ЛУКЬЯНОВ, Ю. А. ТИМОШЕНКОВ, Л. Н. РУБЦОВ*

В настоящее время в области экспериментальных исследований параметров ионосферных неоднородностей на основе косвенных методов измерений, обеспечивающих временно-пространственную непрерывность наблюдения, усилия следует концентрировать на дальнейшее совершенствование методов обработки наблюдений, стандартизацию и оптимальное использование, путем широкой автоматизации известных методов. В работе проводится сравнительный анализ существующих методов определения дрейфа ионосферных неоднородностей: полного корреляционного анализа, метода подобных замираний, интервального сопоставления, рассматриваются возможности разработки новых более рациональных алгоритмов: модифицированного метода интервального сопоставления, идентификация нестационарного объекта методом скользящих модулирующих функций. Техническая реализация алгоритмов осуществлена на ЦВМ ЕС-1020. Вышеуказанные методы имеют общий недостаток, обусловленный привязкой к стационарному расположению антенн. Для повышения точности оценки дрейфа необходимо разделить оценку вектора скорости ионосферных неоднородностей на две задачи:

1. На оценку азимута дрейфа.
2. На оценку скорости дрейфа.

Для этого можно использовать адаптивную ориентацию антенн к направлению дрейфа. С целью оптимального использования первичной информации рекомендуются упрощенные алгоритмы нелинейной фильтрации.

## **АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕГИСТРАТОР ПАРАМЕТРОВ СЛАБЫХ РАДИОМЕТЕОРОВ**

*Н. Б. НАЗАРЕНКО, М. И. МАЛЫНЯК, Ю. А. АФАНАСЬЕВ,  
В. И. ЧУМАКОВ*

Рассматривается автоматический регистратор параметров слабых радиометеоров, предназначенный для регистрации, обработки и интерпретации параметров сигнала, отраженного от метеорного следа. Устройство представляет собой семиканальный (по

дальности) программный обнаружитель, работающий в комплексе с АСВТ М-6000.

Основные параметры устройства: чувствительность — 5 мкВ, динамический диапазон принимаемых сигналов — 87 дБ, разрешающая способность по дальности — 5 км. Предусмотрена возможность зондирования с переменной частотой повторения для защиты от сигналов ВЧЗ.

Оптимальное распределение аппаратурных (устройство сопряжения) и программных (АСВТ М-6000) функций позволило сократить время «ожидания» ЭВМ и обеспечить обработку и интерпретацию результатов измерений в реальном времени.

## **О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИИ СКОРОСТЕЙ МЕТЕОРНЫХ ЧАСТИЦ**

*Н. С. АНДРИАНОВ, Р. Г. ХУЗЯШЕВ*

Для повышения точности и чувствительности радиолокационных систем измерения скоростей предельно мелких метеорных частиц предлагается применять непрерывноволновое излучение и гребенчатый фильтр, согласованный с трансформированным сигналом.

Сигнал режектируется на промежуточной частоте, подвергается жесткому ограничению и после фазового детектора обрабатывается с помощью согласованного цифрового фильтра.

Режектирование сигнала на центральной частоте спектра уменьшает ошибку измерения скорости в связи с действием диффузии и ветровых движений и позволяет реализовать высокую потенциальную точность измерения скорости непрерывноволновым методом.

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАДИООТРАЖЕНИЙ ОТ МЕТЕОРНЫХ СЛЕДОВ**

*Р. П. ЧЕБОТАРЕВ, В. А. ГАПОНЕНКО*

Наряду с созданием больших метеорных РЛС, сопряженных с ЭВМ, представляет интерес внедрение простой аппаратуры для измерения отдельных параметров радиоотражений, в частности, для измерения длительности отражений.

При ее проектировании были сделаны допущения: наблюдается не более 300 метеоров в час, фединги не превышают одной секунды, результаты обрабатываются статистически.

На основе счетчиков импульсов, транскрипторов и цифропечатающей машинки промышленных образцов было разработано 3 варианта аппаратуры, обеспечивающих точность измерения длительности до 0,002 секунды.

Простейший, полуавтоматический, вариант состоит из одного счетчика на транзисторно-интегральных схемах, который подсчитывает отраженные импульсы. Запись результатов и сброс показаний счетчика производит оператор.

Автоматически работает система, включающая в себя блок опознавания начала и конца метеора, счетчика отраженных импульсов, транскриптора и цифропечатающего устройства.

В обоих случаях при обработке материала для длительностей свыше 0,2 секунд вводятся среднестатистические поправки на фединги.

Третий вариант, отличаясь от предыдущего более сложным блоком опознавания, измеряет время, в течение которого существует каждое отражение, не требует введения поправок и позволяет выводить результаты на цифропечать и перфоратор.

---