

Академия наук Украинской ССР  
Главная астрономическая обсерватория (ГАО)

1

УДК 523.6

№ гос. регистрации 01.83.0073650

Инв. №

0286.0 033358



УТВЕРЖДАЮ

Директор ГАО АН УССР  
академик АН УССР

Я. С. Яцкив

1985 г.

О Т Ч Е Т

РАЗРАБОТАТЬ МЕТОДИКУ И АППАРАТУРУ НАЗЕМНЫХ  
НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПОТРЕБНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ МИССИИ „ВЕГА”

(заключительный)

Шифр I-3.1.2

Руководитель темы:

директор ГАО АН УССР,

академик АН УССР

Я. С. Яцкив

Киев 1985

## ОТВЕТСТВЕННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ

Зав.отделом физики планет  
д-р физ.-мат.наук

А.В.Мороженко

Зав.лабораторией экспериментал  
астрофизики, канд.физ.-мат.нау

Л.М.Шульман

Ст.науч.сотр., канд.физ.-мат.н

С.П.Майор

Зав.отделом фундаментальной  
астрометрии, д-р физ.-мат.наук

Д.П.Дума

Зав.лабораторией математической  
обработки астроинформации инже

Н.В.Карпов

## ИСПОЛНИТЕЛИ

Ст.науч.сотр., канд.физ.-мат.наук А.В.Аврамчук (2.2)

Техник Т.А.Бардашевская (2.3)

Инженер Л.В.Беспалько (2.3)

Инженер И.П.Веденичева (3)

Инженер-констр. ОП М.Л.Вексланд (2.1)

Мл.науч.сотр., канд.физ.-мат.наук А.П.Видьмаченко (2.2, 4.4)

Инж.-констр. ОП Н.Н.Владинчук (2.1)

Инж.-констр. ОП Д.Ф.Гайдай (2.1)

Инженер В.В.Головня (3)

Инж.-констр. ОП А.Л.Гуральчук (2.1, 4.4)

Радиомонтажник О.Н.Давыдовский (2.3)

Радиомонтажница Т.Н.Давыдовская (2.3)

Инж.-констр. ОП А.Л.Делец (2.1)

Инженер М.С.Дементьев (4.2, 4.4)

Инженер А.Н.Довгопол (2.2)

Инженер Е.М.Ижакевич (3)

Инженер С.В.Калтыгина (3)

Нач.КБ-1 ОП И.Г.Кесельман (2.1)

Мл.науч.сотр., канд.физ.-мат.наук Л.Н.Кизюн (3)

Мл.науч.сотр., канд.физ.-мат.наук В.М.Клименко (4.4)

Ст.инженер Р.Н.Коваль (3)

- Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук В.П. Коноплева (4.1, 4.3, 5.1, 5.2, 5.3)
- Инженер П.П. Корсун (2.2, 4.2, 4.3, 4.4)
- Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук В.И. Кузнецов (2.2)
- Мл. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук А.Н. Курьянова (3)
- Мл. науч. сотр. В.А. Кучеров (2.1)
- Инженер Н.Ф. Левина (3)
- Инженер И.В. Ледовская (3)
- Ст. инженер ОП В.И. Лысенко (2.2)
- Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук Л.Р. Лисина (4.3)
- Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук С.П. Майор (3)
- Инженер С.В. Марченко (4.3)
- Инженер В.Г. Медведев (2.2, 4.3, 4.4)
- Инженер Т.И. Медведева (2.3)
- Нач. КБ-7 ОП М.А. Мельников (2.1)
- Зав. отделом физики планет, д-р физ.-мат. наук А.В. Мороженко (2.1, 2.2, 4.4)
- Инженер Г.В. Мороз (3)
- Ст. техник Е.В. Назаренко (3)
- Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук Г.К. Назарчук (1.4, 2.1, 3, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4)
- Инженер Т.В. Неводровская (2.3)
- Радиомонтажница ОП Т.Ю. Никитина (2.3)
- Ст. техник Е.Д. Островский (2.3)
- Ст. инженер В.Г. Парусимов (2.3)
- Инженер Н.Ф. Парусимова (2.3)
- Нач. КБ-2 ОП В.Н. Петухов (2.1, 4.4)
- Нач. КБ-3 ОП А.В. Полянский (2.3)
- Инж.-констр. ОП Л.Е. Рагозина (2.1)
- Мл. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук А.Э. Розенбуш (4.3, 4.4)
- Мл. науч. сотр. В.К. Розенбуш (4.1, 4.2, 4.3, 4.4)
- Нач. КБ-4 ОП В.С. Самойлов (2.1)
- Мл. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук Ю.И. Сафронов (3)
- Мл. науч. сотр. Е.М. Середа (3)
- Мл. науч. сотр. Ю.В. Сизоненко (2.2, 3, 4.2, 4.3, 4.4)
- Механик К.Е. Скорик (2.2)
- Механик В.А. Соболев (2.2)
- Руков. группы М.Г. Сосонкин (4.3)
- Ст. инженер Л.И. Федоренко (2.2)
- Мл. науч. сотр. Н.Н. Фомин (2.2)
- Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук Н.В. Харченко (3).

- Ст. инженер Л. П. Христенко (2.3)  
 Мл. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук Г. Ф. Черный (1.5)  
 Мл. науч. сотр В. И. Шавловский (2.2)  
 Ст. инженер В. А. Шамота (2.3)  
 Ст. техник С. В. Шатохина (3)  
 Зав. лабораторией эксперимент. астрофиз., канд. физ.-мат. наук  
 Л. М. Шульман (1.1, 1.2, 1.3, 1.4,  
 2.1, 4.1, 4.3, 4.4)  
 Мл. науч. сотр. Л. А. Яковина (4.2)  
 Директор ГАО АН УССР, академик АН УССР Я. С. Яцкив (Введение, Зак-  
 лючение)  
 Мл. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук А. И. Яценко (3).

### СОИСПОЛНИТЕЛИ

- Директор САО АН СССР, канд. физ.-мат. наук В. Л. Афанасьев (4.4)  
 Мл. науч. сотр. БАО АН АрмССР Л. Г. Ахвердян (3)  
 Ведущий инженер з-да "Арсенал" Ю. Г. Бабенко (5.2, 5.3)  
 Науч. сотр. Нац. обс. Болгарии, канд. физ.-мат. наук Т. Бонев (4.4)  
 Канд. физ.-мат. наук Л. А. Бугаенко (2.1)  
 Мл. науч. сотр. ГАИШ О. И. Бугаенко (2.1)  
 Мл. науч. сотр. АИ АН КазССР Д. И. Городецкий (4.1)  
 Зав. отделом ИА АН ТаджССР, академик АН Тадж.ССР О. В. Доброволь-  
 ский (4.1)  
 Зав. отделом ИА АН ТаджССР, канд. физ.-мат. наук Х. И. Ибадинов (4.1)  
 Ст. науч. сотр. ИПМ АН СССР, канд. физ.-мат. наук Р. К. Казакова (4.3)  
 Зав. отделом САО АН СССР, д-р физ.-мат. наук И. Д. Караченцев (4.4)  
 Зав. отделом ИА АН ТаджССР, канд. физ.-мат. наук Н. Н. Киселев (4.4)  
 Ст. науч. сотр. ГАО АН СССР Т. П. Киселева (3)  
 Инженер ИА АН ТаджССР А. Краснобаев (4.3, 4.4)  
 Ст. науч. сотр. САО АН СССР В. А. Липовецкий (4.4)  
 Инженер САО АН СССР А. А. Назаренко (4.4)  
 Мл. науч. сотр. КраО СССР Е. П. Павленко (4.3, 4.4)  
 Ст. науч. сотр. КраО АН СССР, д-р физ.-мат. наук В. В. Прокофьева  
 (4.4)  
 Мл. науч. сотр. Одесской АО Л. Я. Скобликова (4.3)  
 Мл. науч. сотр. КГУ, канд. физ.-мат. наук В. П. Тарашук (4.1, 4.4)  
 Мл. науч. сотр. САО АН СССР Н. А. Тихонов (4.4)

- Зав.лабораторией ЛГУ, д-р физ.-мат.наук Г.В.Хозов (4.1)  
 Ст.науч.сотр. ИА АН ТаджССР, канд.физ.-мат.наук Г.П.Чернова  
 (4.3, 4.4)  
 Ст.науч.сотр. САО АН СССР, канд.физ.-мат.наук А.И.Шаповалова  
 (3, 4.4)  
 Ст.науч.сотр. ГАИШ, канд.физ.-мат.наук Ю.А.Шокин (3)  
 Зав.отделом Нац. обс. Болгарии, д-р физ.-мат.наук В.Т.Шкодров  
 (4.4)  
 Мл.науч.сотр. Астросовета АН СССР, канд.физ.-мат.наук А.Л.Щер-  
 бановский (3)

Нормоконтролер

*Чунакова*

Н.М.Чунакова

## РЕФЕРАТ

Отчет 40 страниц, I таблица, 64 источника

ПОЛОЖЕНИЯ КОМЕТ, ФИЗИКА КОМЕТ, СПЕКТРЫ КОМЕТ, ПОЛЯРИМЕТРИЯ КОМЕТ, ЯДРО КОМЕТЫ, ТЕЛЕВИЗИОННАЯ АСТРОНОМИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ ЯДЕР КОМЕТ, ЭВОЛЮЦИЯ ОРБИТ КОМЕТ, ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОМЕТ, СОПРОГ, КОМЕТА ГАЛЛЕЯ.

Разработаны советская программа наблюдений кометы Галлея (СОПРОГ), рекомендации для позиционных и физических наблюдений кометы, рассчитаны условия ее видимости в разных пунктах Советского Союза.

Разработана и изготовлена новая аппаратура для наблюдений кометы Галлея (два спектрополяриметра и новая телевизионная установка). Созданы две новые наблюдательные базы. Одна из них расположена на горе Майданак, где установлен телескоп Цейсс-600, снабженный спектрополяриметром. Вторая - в Боливии (г.Тариха). Здесь смонтированы две установки: телескоп Цейсс-600 со спектрополяриметром и спектральная камера С-180-5. Организована экспедиция в Эквадор для наблюдения кометы Галлея с помощью установки с двумя светосильными камерами.

Выполнен цикл работ по физической теории кометных ядер: рассчитан тепловой режим кометного ядра, предсказан химический состав ядра с точки зрения космогонии, рассмотрен вопрос о возможном внутреннем источнике энергии в ядрах комет (предложена гипотеза об ионно-молекулярных кластерах). Изучена эволюция кометных ядер в поле солнечной радиации. Разработан усовершенствованный вариант теории пылевых хвостов комет.

Завершена подготовка к наблюдениям кометы Галлея и начаты регулярные позиционные и физические (прямые снимки головы и хвоста, спектры, поляриметрия, телевизионные снимки в различных участках видимой и инфракрасной областях спектра) наблюдения в Киеве, на Высокогорной наблюдательной базе Терскол и на вновь созданных наблюдательных станциях.

Дальнейшее развитие получили исследования по физике и динамике комет. Выполнена серия статистических исследований комет и

эволюции орбит комет. Найдены новые закономерности в комплексе комет и в эволюции кометных орбит. Уточнены составы кометных семейств, связанных с большими планетами, найдены новые закономерности по данным интегральной фотометрии. Составлен каталог минимальных расстояний между орбитами комет и всех больших планет.

До I декабря 1985 г. определено около 100 положений кометы Галлея, получены серии ее спектров с разной дисперсией, начаты в СССР фотометрические и поляриметрические наблюдения. Результаты исследований опубликованы в 42 статьях и заметках. Получение и анализ данных продолжается.

1.2. Химический состав кометных ядер .....	18
1.3. Внутренние источники энергии кометных ядер .....	19
1.4. Эволюция кометных ядер в поле солнечной радиации .....	20
1.5. Распределение яркости в пылевом хвосте кометы .....	21
2. РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ АППАРАТУРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ И ОБРАБОТКИ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ. ПОДГОТОВКА НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ .....	22
2.1. Новая аппаратура для наблюдений комет .....	22
2.2. Новые наблюдательные станции для наблюдений кометы Галлея .....	23
2.3. Аппаратурный комплекс для обработки изображений протяженных объектов .....	24
3. ПОЗИЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ .....	25
4. ФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ .....	29
4.1. Разработка методики физических наблюдений кометы Галлея .....	29
4.2. Математическое обеспечение обработки материалов наблюдений .....	29
4.3. Подготовка к наблюдениям и исследованиям кометы Галлея .....	30
4.4. Физические наблюдения кометы Галлея .....	31
5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСА КОМЕТ .....	33

## СОДЕРЖАНИЕ

В В Е Д Е Н И Е .....	10
I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМЕТ .....	17
I.1. Аналитический метод расчета распределения температуры по поверхности ядра кометы .....	18
I.2. Химический состав кометных ядер .....	18
I.3. Внутренние источники энергии кометных ядер .....	19
I.4. Эволюция кометных ядер в поле солнечной радиации .....	20
I.5. Распределение яркости в пылевом хвосте кометы .....	21
2. РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ АППАРАТУРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ И ОБРАБОТКИ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ. ПОДГОТОВКА НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ .....	22
2.1. Новая аппаратура для наблюдений комет .....	22
2.2. Новые наблюдательные станции для наблюдений кометы Галлея .....	23
2.3. Аппаратурный комплекс для обработки изображений протяженных объектов .....	24
3. ПОЗИЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ .....	25
4. ФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ .....	29
4.1. Разработка методики физических наблюдений кометы Галлея .....	29
4.2. Математическое обеспечение обработки материалов наблюдений .....	29
4.3. Подготовка к наблюдениям и исследованиям кометы Галлея .....	30
4.4. Физические наблюдения кометы Галлея .....	31
5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСА КОМЕТ .....	33



5.1. Фотометрические и динамические характеристики комет .....	33
5.2. Каталог межорбитальных расстояний .....	33
5.3. Вопросы эволюции кометных орбит .....	34
5.4. Новые статистические закономерности по данным интегральной фотометрии комет .....	35
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	35
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	36

ны важные моменты в истории науки: окончательное торжество закона всемирного тяготения, создание теории кометных голов и, наконец, организация нескольких космических экспедиций к ядру этой кометы.

В феврале 1986 г. произойдет очередное прохождение этой знаменитой кометы через перигелий. В преддверии этого уникального события астрономы и специалисты по космическим исследованиям подготовили и сейчас активно осуществляют широкие кооперативные программы исследований кометы Галлея / I-6 /.

Идея разработки Международной программы была впервые высказана американским астрономом (сотрудником Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технологического института) доктором Л.Фридманом, который летом 1979 г. обратился к руководству Национального управления по авиации и космическим исследованиям пространства (НАСА) с этим предложением. Идея Фридмана получила одобрение, и он вместе с тремя астрономами той же Лаборатории - Д.Бергстралхом, Д.Яомансом и Р.Ньйберном - приступил к разработке проекта международной программы исследований кометы Галлея, получившей название IHW (International Halley Watch). Юридически изучены различные аспекты проблемы и подготовлен проект программы IHW. Этот проект впервые был обсужден и предварительно одобрен XXXI конгрессом Международной астрономической Федерации, состоявшимся в Токио (Япония) в сентябре 1980 г., а после обсуждений и уточнений на профессиональных международных астрономических конференциях представлен на рассмотрение XVIII Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза, проходившей с 17 по 26 августа 1982 г. в Патрах (Греция). Генеральная ассамблея ИАС приняла отдельную резолюцию об утверждении Международной программы наблюдений кометы Галлея ( IHW ) и об установлении в 1985-1987 гг. специальных дней, во время которых будут проводиться всевозможные скоординированные наблюдения кометы многими астрономическими обсерваториями мира.

## В В Е Д Е Н И Е

Комета Галлея — первая в истории астрономии, для которой был достаточно точно определен период обращения вокруг Солнца (в среднем он составляет около 76 лет). С кометой Галлея связаны важные моменты в истории науки: окончательное торжество закона всемирного тяготения, создание теории кометных голов и, наконец, организация нескольких космических экспедиций к ядру этой кометы.

В феврале 1986 г. произойдет очередное прохождение этой знаменитой кометы через перигелий. В преддверии этого уникального события астрономы и специалисты по космическим исследованиям подготовили и сейчас активно осуществляют широкие кооперативные программы исследований кометы Галлея / I-6 /.

Идея разработки Международной программы была впервые высказана американским астрономом (сотрудником Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технологического института) доктором Л.Фридманом, который летом 1979 г. обратился к руководству Национального управления по аэронавтике и космическим исследованиям пространства (НАСА) с этим предложением. Идея Фридмана получила одобрение, и он вместе с тремя астрономами той же Лаборатории — Д.Бергстралхом, Д.Йомансом и Р.Ньюберном — приступил к разработке проекта международной программы исследований кометы Галлея, получившей название IHW (International Halley Watch). Ими были изучены различные аспекты проблемы и подготовлен проект программы IHW. Этот проект впервые был обсужден и предварительно одобрен XXXI конгрессом Международной астронавтической федерации, состоявшимся в Токио (Япония) в сентябре 1980 г., а после обсуждений и уточнений на профессиональных международных астрономических конференциях представлен на рассмотрение ХУШ Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза, проходившей с 17 по 26 августа 1982 г. в Патрах (Греция). Генеральная ассамблея МАС приняла отдельную резолюцию об утверждении Международной программы наблюдений кометы Галлея (IHW) и об установлении в 1985–1987 гг. специальных дней, во время которых будут проводиться всевозможные скоординированные наблюдения кометы многими астрономическими обсерваториями мира.

Программа *INW* ставит своей целью: поощрение и координацию всесторонних научных наблюдений и исследований кометы Галлея; стимулирование разработок и изготовления новой научной аппаратуры для наблюдений; содействие стандартизации методов наблюдений и соответствующей аппаратуры; создание научного архива наблюдений кометы с использованием специальных стандартов и кодов; получение, использование и распределение всей информации о комете Галлея среди заинтересованных астрономических учреждений; представление необходимой информации прессе и широкой общественности.

Международная программа *INW* призвана активно пропагандировать изучение кометы Галлея и обеспечить тесные контакты между различными направлениями ее исследований. Основные усилия *INW* направлены на координацию наземных наблюдений, осуществляемых с помощью телескопов как путем прямого фотографирования, так и с использованием различной светочувствительной аппаратуры.

Организационно программа возглавляется двумя центрами: одним - для западного полушария - в Пасадене (США), и другим - для восточного полушария - в Бамберге (ФРГ). Руководство западным центром поручено Р.Ньюберну, а восточным - Ю.Рае. Оба они являются соруководителями программы *INW*. Соруководители поддерживают между собой тесную связь, а дважды в год встречаются для согласования и решения проблем, возникающих в процессе выполнения программы исследований.

Все вопросы организации и осуществления *INW* руководящие центры согласовывают со специальной инициативной группой *MAS*, в состав которой входит 22 астронома из 10 стран мира, в том числе от СССР - директор Главной астрономической обсерватории АН УССР академик АН УССР Я.С.Яцкив и заместитель председателя Астрономического совета Академии наук СССР профессор А.Г.Масевич.

Для наблюдателей *INW* в Европе, Азии и Африке оперативная связь осуществляется через Ю.Рае (Бамберг); наблюдательная сеть западного полушария, включающая Японию, Филиппины, Индонезию, Австралию и Новую Зеландию, осуществляет связь через Р.Ньюберна (Пасадена). Все сведения о наблюдениях по программе *INW* будут накапливаться в компьютерах руководящих центров в Пасадене и Бамберге.

Руководство *INW* отвечает за публикацию полного архива данных о комете Галлея, который к концу 1989 г. будет издан в Пасадене и передан в Бамберг. Архив будет содержать только редуцированные (калиброванные) данные без их интерпретации. Интер-

претацию результатов наблюдений кометы Галлея решено публиковать в научных журналах в обычном порядке. В качестве периодических изданий *I N W* в Пасадене регулярно издаются "Ньюс Леттерс" ("Письма новостей программы *I N W*") и "Бюллетень любителей астрономии *I N W*"; редактором обоих изданий назначен С.Эдберг (США), который одновременно является координатором любительских наблюдений кометы Галлея. В 1982 г. Эдберг подготовил и издал специальное пособие по различным видам любительских наблюдений кометы.

Наряду с наземными наблюдениями кометы Галлея, впервые в истории астрономии на сближение с кометой будут направлены автоматические космические станции для непосредственного изучения физико-химических свойств и процессов в ее голове, ядре и хвосте. Планируется осуществление трех проектов - советского "Вега" (руководитель академик Р.З.Сагдеев), европейского "Джотто" (руководитель Р.Рейнард) и японских "Планета-А" и "Сакигаке" (руководитель Х.Хирао).

Наземные исследования кометы Галлея осуществляются по семи основным направлениям, возглавляемым специалистами-координаторами.

Астрометрия /координаторы Д.Йоманс (США), Р.Вест (Дания) и Р.Харрингтон (США)/.

Астрометрические наблюдения начались с момента переоткрытия кометы Галлея 16 октября 1982 г. и будут продолжаться до окончательного ее исчезновения для земных наблюдателей. Основные задачи - точные позиционные измерения и определение звездных величин ядра кометы, необходимые для вычисления элементов ее орбиты и эфемерид, оценки фотометрического поперечного сечения ядра, а также для определения реактивных сил, возникающих в результате истечения потоков газа из ядра и поэтому воздействующих на него. Позиционные наблюдения оперативно используются для улучшения эфемериды кометы, что особенно необходимо для расчета траекторий полета космических зондов к комете, которые должны сблизиться с нею в интервале с 6 до 13 марта 1986 г. Создан специальный опорный каталог звезд для точных определений экваториальных координат кометы и эти сведения оперативно передаются в центры вычисления эфемерид.

Крупномасштабные явления /координаторы Д.Брандт (США), М.Ниднер (США) и Ю.Рае (ФРГ)/.

Задачи службы крупномасштабных явлений состоят в получении изображений кометы хорошего временного и пространственного разрешения, необходимых для детального изучения быстрых изменений в плазменном хвосте; сопоставлении явлений в плазменном хвосте с динамическими характеристиками солнечного ветра; получении в комбинации со снимками с пролетных траекторий космических зондов объемных изображений кометы (первые стереоскопические изображения кометы); получении данных об абсолютном распределении пылевых частиц и газа в зависимости от их гелиоцентрического расстояния и от расстояния от ядра кометы с целью проверки существующих теоретических моделей головы и хвоста кометы и их уточнения или построения новых, более реальных моделей на основе полученных наблюдательных данных; детальном исследовании развития кометных форм с целью обнаружения явлений типа отрыва кометного хвоста и др. и установления физического механизма, управляющего крупномасштабными явлениями в кометах; создании международного атласа кометы Галлея.

Околоядерные явления /координаторы С.Марсон (США), З.Секанина (США) и Ю.Рае (ФРГ)/.

Структура ядра кометы Галлея не однородна, и поэтому оно является источником асимметричного истечения газов с его поверхности. Эта асимметрия отражается в анизотропном распределении пыли и газа в атмосфере кометы и наблюдается в виде дискретных структур комы, таких как галосы, лучи, оболочки и др., которые существенно изменяют свой вид с течением времени. Анализ эволюции этих структур позволяет сделать вывод о крупномасштабной морфологии поверхности ядра кометы, о его теплофизических свойствах, о периоде вращения ядра вокруг своей оси и об ориентации этой оси в пространстве. Цель службы исследования околоядерных явлений состоит в получении высококачественных изображений внутренних областей комы с высоким временным и пространственным разрешением.

Фотометрия и поляриметрия /координаторы М.А.\*Херн (США), В.Ваньсек (СССР) и У.Кампинс (Венесуэла)/.

Одна из главных задач этих исследований заключается в совместном анализе наземных электрополяриметрических наблюдений кометы Галлея с подобными данными, полученными с пролетных траекторий космических зондов с целью выяснения природы пылевых частиц кометной атмосферы. Непрерывное поляриметрическое патрулирование кометы позволит установить следующие закономерности, важные

для понимания природы пылевых атмосфер и поверхностного слоя кометы: зависимость степени поляризации от длины волны для разных фазовых углов; зависимость угла инверсии от длины волны; максимальное значение аномальной степени поляризации; возможность появления вторичных максимумов на фазовых кривых блеска (явление радуг); устойчивость фазовых функций с течением времени и обнаружение их возможной эволюции, а также быстрых изменений при вспышках блеска; получение информации о параметрах магнитного поля в голове кометы; обнаружение круговой поляризации и исследование ее особенностей в кометах.

Спектроскопия и спектрометрия /координаторы С.Вайкоф (США), П.Везингер (США) и М.Фесту (Франция)/.

Основной задачей этих наблюдений является получение ограниченного числа тщательно прокалиброванных спектрограмм с высоким спектральным и пространственным разрешением (секунды дуги), а также большого числа спектрограмм с меньшим разрешением, но на протяжении длительных интервалов времени, за которые значительно меняется гелиоцентрическое расстояние кометы Галлея как до ее перигелия, так и после него. В результате спектральных исследований можно будет определить скорость образования отдельных газовых эмиссий в комете в зависимости от ее гелиоцентрического расстояния, выяснить условия возбуждения и роль ударных процессов, изучить дифференциальные движения и их природу в коме, отождествить вновь обнаруженные эмиссионные полосы, раскрыть характер и природу структурных деталей головы кометы и т.д.

Радиоастрономические наблюдения /координаторы В.Ирвин (США), Ф.Шлебр (США), Э.Жерар (Франция), Р.Браун (Австралия) и П.Годфрей (Австралия)/.

Цель радиоастрономических наблюдений кометы Галлея - поиск собственного теплового излучения ядра в микроволновой области, спектроскопия кометных молекул в сантиметровом и дециметровом диапазонах для выяснения механизма <sup>излучения</sup> гидроксидов, сопоставление спектров радикалов (СН, ОН) с оптическими, обнаружение новых эмиссий, поиск аминокислот, цианополиинов и др. сложных органических соединений. Радарные наблюдения позволят получить ценные сведения о диаметре и вращении ядра кометы, а также о физической природе его поверхности.

Инфракрасная спектроскопия и радиометрия /координаторы Р.Кнакке (США) и Т.Энкренац (Франция)/.

Фотометрические и спектральные наблюдения в интервале длин волн от 1 до 500 мкм будут проводиться с целью поиска эмиссий в этой области спектра; изучения пылевой составляющей хвоста кометы и распределения пылевых частиц по составу и размерам в зависимости от гелиоцентрического расстояния; оценки потери вещества кометной по ее тепловому излучению и др. Эти наблюдения особенно важны в связи с запланированными ИК-наблюдениями с борта КА "Вега".

В Международной программе наблюдений кометы Галлея активное участие принимают и советские астрономы. По инициативе Астрономического совета Академии наук СССР разработана комплексная программа наземных исследований кометы Галлея, получившая название СОПРОГ (Советская программа Галлея) и являющаяся региональной частью Международной программы *INW*. В разработке советской программы исследований кометы Галлея принимали участие секции "Астрометрия" и "Солнечная система" Астрономического совета АН СССР, а также ведущие специалисты в области кометной астрономии. Эта программа одобрена Академией наук СССР в 1982 г.

Главным учреждением по реализации программы СОПРОГ назначена Главная астрономическая обсерватория Академии наук УССР (ГАО АН УССР). Для непосредственного руководства всесторонними наземными исследованиями кометы Галлея в СССР создана Специальная комиссия СОПРОГ под председательством директора ГАО АН УССР, академика Я.С.Яцкива. В состав этой комиссии вошли следующие астрономы: заместитель председателя по астрофизическим наблюдениям академик АН ТаджССР О.В.Добровольский (Институт астрофизики АН ТаджССР, Душанбе); заместитель председателя по астрометрическим наблюдениям канд. физ.-мат. наук С.П.Майор (ГАО АН УССР, Киев); заместитель председателя по теоретическим моделям канд. физ.-мат. наук Л.М.Шульман (ГАО АН УССР, Киев); координатор по любительским наблюдениям и связи с прессой канд. физ.-мат. наук К.И.Чурюмов (Киевский государственный университет); доктор физ.-мат. наук Э.А.Аким (Институт прикладной математики АН СССР, Москва); доктор физ.-мат. наук Ю.В.Батраков (Институт теоретической астрономии АН СССР, Ленинград); проф. С.К.Всехсвятский<sup>ж)</sup> (Киевский государственный университет) и проф. А.Г.Масевич (Астрономический совет АН СССР, Москва).

В наблюдениях кометы Галлея принимают участие все ведущие советские астрономические обсерватории и учреждения: Пулковская

ж) До его кончины в 1984 г.

обсерватория, Специальная астрономическая обсерватория, Крымская астрофизическая обсерватория, Абастуманская астрофизическая обсерватория, Бюраканская астрофизическая обсерватория, Главная астрономическая обсерватория АН УССР, Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга, Астрономический институт АН Узб. ССР, Институт астрофизики Казахской ССР, Институт астрофизики Тадж. ССР, астрономические обсерватории крупных университетов - Казанского, Киевского, Ленинградского, Одесского, Уральского и др.

В рамках советской программы наземных исследований кометы Галлея создаются две специализированные астрономические станции, оснащенные однотипной аппаратурой. Одна из них размещается на горе Майданак в Узбекской ССР, а другая - в южном полушарии Земли, в Боливии вблизи города Тариха. На обеих станциях устанавливаются 60-сантиметровые рефлекторы с фотоэлектрической, спектральной, поляриметрической и другой аппаратурой.

К визуальным наблюдениям кометы Галлея привлекаются все отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества при Академии наук СССР и многочисленные любители астрономии.

Специальной комиссией СОПРОГ разработаны инструкции и рекомендации к различным видам наблюдений кометы Галлея. Запланированы следующие наблюдения (в скобках указано примерное число обсерваторий, участвующих в наблюдениях): астрометрические (17); астрофизические - крупномасштабных явлений (10), околоядерных явлений (9), фотометрические и поляриметрические (10), спектроскопические и спектрофотометрические (8), радиоастрономические (3), инфракрасные (3) и визуальные (отделения ВАГО).

На специальном рабочем совещании по наземным наблюдениям кометы Галлея, состоявшемся в г. Киеве с 30 марта по 3 апреля 1983г., в котором принимали участие ученые СССР и социалистических стран, было признано целесообразным расширение СОПРОГ и привлечение к ее выполнению всех обсерваторий социалистических стран.

Астрометрические наблюдения кометы Галлея планируется проводить также в обсерваториях ЧССР и ВНР. Обсерватории НРБ, ЧССР, ВНР и Кубы примут участие в различных астрофизических исследованиях. Для координации исследований по СОПРОГ назначены ответственные координаторы по каждому виду наблюдений. Все заинтересованные в получении какой-либо информации по наблюдениям кометы Галлея могут обращаться к координаторам или в головное учреждение по программе - ГАО АН УССР.



Вся программа наблюдений кометы Галлея рассчитана на длительный срок, с 1983 по 1987 гг., и в ее выполнении сначала примут участие астрономические обсерватории умеренных географических широт; по мере приближения кометы к перигелию основная наблюдательная нагрузка ляжет на южные обсерватории, которые будут продолжать следить за кометой и после прохождения ею перигелия, но в этот период наибольшей яркости и активности кометы главные исследования станут осуществляться экспедицией СОПРОГ Академии наук СССР в Боливии.

Выполнение скоординированных программ и космических исследований кометы Галлея будет способствовать значительному прогрессу в понимании сложных физико-химических процессов, происходящих в ядрах комет и их атмосферах, их физической эволюции в поле солнечной радиации и межпланетной среде, их тесной связи с динамическими процессами, происходящими на Солнце и в межпланетной среде, их природы и происхождения, имеющих непосредственное отношение к происхождению и эволюции всех тел Солнечной системы.

В ГАО АН УССР, как головном учреждении по программе СОПРОГ, было принято решение о выполнении дополнительных научно-исследовательских работ. Их постановка и полученные результаты являются основным содержанием настоящего отчета.

Работа выполнялась по Постановлению ГКНТ СМ СССР.

## I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМЕТ

Значительное развитие получили начатые ранее исследования по физике комет.

Выполнен цикл работ по теории кометных ядер: развит аналитический метод расчета теплового режима кометных ядер, предсказаны особенности их химического состава с точки зрения космогонии, предложена гипотеза об ионно-молекулярных кластерах как возможном внутреннем источнике энергии в ядрах комет. Методом численного интегрирования промоделирована эволюция комет, в том числе кометы Галлея, в поле солнечной радиации. Определены пределы радиусов ряда периодических комет. Разработан усовершенствованный вариант теории пылевых хвостов комет.

Ниже приводится краткое изложение методики и результатов этих исследований.

## 1.1. Аналитический метод расчета распределения температуры по поверхности ядра кометы

До недавнего времени тепловой режим кометных ядер оценивался весьма грубо путем прикидочно-качественных оценок. В связи с приближением кометы Галлея возникла необходимость более строгих исследований. Появился ряд работ, в которых выполнен численный счет задачи, максимально приближенный к реальным (предполагаемым) условиям кометного ядра. Численный расчет в ряде конкретных случаев дает надежное решение задачи, однако обилие параметров не дает возможности численно изучить общие закономерности. Ранее Л.М.Шульман / 7 / отметил возможность получить аналитическое решение задачи в общем случае.

Эта возможность проистекает из такого специфического свойства кометного ядра, как сублимационное криостатирование. Последнее обеспечивает быструю сходимость разложения температуры в ряд по суточным и годичным волнам. Задачу можно решать методом Фурье, отыскивая связь между амплитудами суточной и годичной волн инсоляции, с одной стороны, и соответствующими амплитудами температурных волн на поверхности и в глубине ядра. Амплитуды при этом получаются комплексными, т.е. содержат в себе информацию о фазовых сдвигах. Проведенное исследование позволило выявить неизвестные ранее закономерности. Наиболее важный вывод состоит в том, что, вопреки широко распространенному мнению, наиболее нагретой точкой ядра кометы является не подсолнечная точка экватора, а летний полюс ядра. Это справедливо для всех ядер, у которых наклон оси вращения к плоскости орбиты  $i_B > 17^\circ$ . Суточный перепад температур максимален не на экваторе, а в зависимости от  $i_B$ , в полосе широт  $20-45^\circ$ . Это следует учитывать при анализе негравитационных эффектов в движении кометы.

## 1.2. Химический состав кометных ядер

В последнее время с достоверностью установлено существование в составе кометных ядер сложных молекул, получены многочисленные

наблюдательные данные, свидетельствующие о том, что основным веществом кометных ядер является лед  $H_2O$ . Несмотря на это, продолжается публикация работ, в которых при модельных расчетах принимается, что ядро кометы состоит из веществ, постулированных Уипплом ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$  и др.), а иногда считают его полностью состоящим из  $CO_2$ .

Л.М.Шульман / 8-10 / рассмотрел формирование кометного ядра в первичной туманности с целью выяснения вопроса о наиболее вероятном химическом составе ядер в этом случае. Предполагается, что кометы образовались в едином космогоническом процессе с остальными телами солнечной системы. Время образования комет отнесено к эпохе, когда Солнце было звездой типа  $T$  Тельца с мощным звездным ветром и реликтовым остатком молекулярного протозвездного облака.

В диапазоне 80-150 а.е. водяной пар практически безинерциально (за время  $\sim 10^7$ с) конденсируется на пылинках, образуя гетерогенные частицы с относительным содержанием минеральной компоненты порядка долей процента или нескольких процентов. Эти частицы затем коагулируют (за время  $\sim 10^{15}$ с) в макроскопические тела - ядра комет. Температура газа при этом составляет 160 К. Показано, что в этом случае клатратные гидраты не образуются. Для их образования необходимо существенно большее давление / 11 /. Конденсироваться вместе могут лишь термодинамически совместимые вещества. Поэтому компоненты списка Уиппла могут присутствовать в ядрах лишь в виде ничтожных примесей (из них больше всего  $NH_3$ ). Гораздо более вероятными примесями являются - ацетонитрил, синильная кислота, этиловый и метилоспирты, уксусная и муравьиная кислоты / 12 /.

### 1.3. Внутренние источники энергии кометных ядер

Л.М.Шульман / 13,14 / предложил и обсудил гипотезу о присутствии в ядрах комет малой примеси (доли процента) ионно-молекулярных кластеров - метастабильных образований, состоящих из молекулярного иона, окруженного оболочкой из нейтральных молекул, препятствующих его рекомбинации. Наиболее вероятными кластерообразующими ионами являются  $H_3O^+$  и  $OH^-$ , молекулами оболочки - вода. Показано, что в первичной туманности до 0.3% молекул

воды могут перейти в лед кометного ядра в виде кластерных ионов. Время жизни такого метастабильного вещества порядка  $2 \cdot 10^{10}$  лет на гелиоцентрических расстояниях  $r \approx 20$  а.е. Оцененная концентрация ионов в твердой фазе значительно превышает их равновесную концентрацию, следующую из теории электролитической диссоциации и, следовательно, представляет собой значительный запас химической энергии. Результатом ее освобождения будет значительный нагрев льда кометного ядра. Этот внутренний источник энергии кометных ядер может объяснить активность комет на больших гелиоцентрических расстояниях.

#### 1.4. Эволюция кометных ядер в поле солнечной радиации

Эволюция кометных ядер проявляет себя фотометрически как вековое падение блеска комет. Проблема детально рассмотрена в работах Г.К.Назарчук и Л.М.Шульмана / 15-17 /. Модельные расчеты показали, что для каждой кометы можно указать предельное значение радиуса ядра. Оно оценено для ряда короткопериодических комет при различных предположениях о пылесодержании в ядре.

Показано, что у комет с большим эксцентриситетом и одновременно малым перигелийным расстоянием (например, у кометы Энке) уменьшение радиуса ядра из-за потери массы происходит быстрее, чем образование минеральной корки на его поверхности. Для объяснения значительной продолжительности существования таких комет следует предположить, что минеральная компонента содержит довольно крупную фракцию частиц, которую скорее можно назвать каменистой, чем пылевой. Кометы с перигелийным расстоянием свыше 1.5 а.е. практически не подвергаются дезинтеграции, однако испытывают вековое ослабление вследствие роста пылевого слоя.

Детально рассмотрен вопрос об эволюции ядра кометы Галлея. Результаты модельных расчетов показывают следующее. При радиусах  $R_j = 19-20$  км оно быстро покрывается пылевым слоем и превращается в астероид. Следовательно, радиус ядра кометы Галлея не может превышать 18 км. С другой стороны, при пылесодержании в ядре, равном 10% и  $R_j < 9$  км, запыление ядра почти не происходит, а вековое ослабление блеска кометы оказывается существен-

но меньше наблюдаемого. В интервале  $R_{\text{я}} = 9-18$  км действуют обе причины векового ослабления блеска (уменьшение радиуса и запыление поверхности ядра).

В момент переоткрытия ( $r = 11.05$  а.е.) вкладом атмосферы в блеск кометы можно пренебречь. Тогда заданному блеску на заданных гео- и гелиоцентрических расстояниях ( $\Delta$ ,  $r$ ) соответствует произведение радиуса ядра на корень из альбеда Бонда, определяемое выражением

$$R_{\text{я}} \sqrt{A} = r \Delta^{10} \cdot 0.2 (14.14 - V)$$

При  $V = 24.2$  получается  $R_{\text{я}} \sqrt{A} = 1.18$  км. Эта оценка согласуется с эволюционной, если приписать ядру  $R_{\text{я}} \approx 8.5$  км и  $A = 0.019$ , как у самого темного астероида класса С. Это можно объяснить в предположении, что на таких больших гелиоцентрических расстояниях на поверхности ядра удерживаются самые мелкие фракции пыли с размерами пылинок, сравнимыми с длиной волны падающего света. В такую модель хорошо вписались и собственные оценки / 18 / блеска кометы Галлея в сентябре 1984 г.:  $R_{\text{я}} \approx 8.5$  км,  $A = 0.03$ . Рост альбеда вполне возможен, так как при приближении кометы до  $r = 6.2$  а.е. с поверхности ядра удаляются частицы с радиусами  $\alpha \leq 0.1$  мм, что существенно меняет структуру поверхности ядра, обнажая на ней небольшие участки льда. В сентябре 1984 г. доля обнаженной поверхности ядра составляла около 1.3%.

### 1.5. Распределение яркости в пылевом хвосте кометы

При интерпретации распределения яркости в пылевых хвостах комет обычно пользуются расчетным алгоритмом, предложенным в 1968 г. Финсоном и Пробстейном. Их метод применим только в том случае, когда пыль выбрасывается кометным ядром равновероятно во все стороны и находится в локально однородном поле силы тяжести.

В последнее время наметился более строгий подход к изучению пылевой составляющей кометной атмосферы. Это требует дальнейшего развития используемых здесь теоретических методов исследования. В связи с этим Г.Ф.Черный / 19 / дал теоретическое обоснование возможности обобщить метод Финсона-Пробстейна на случай неизотропного истечения пылевого вещества из сферы влияния кометного ядра и учесть градиент сил солнечного притяжения и све-

тового давления. Здесь же решены некоторые самостоятельные задачи механической теории кометных форм. Техника расчета распределения теоретической поверхностной яркости в пылевом хвосте кометы при асимметричном истечении пыли из ядра разработана Ю.И.Сизоненко и Г.Ф.Черным.

## 2. РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ АППАРАТУРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ И ОБРАБОТКИ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ. ПОДГОТОВКА НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

### 2.1. Новая аппаратура для наблюдений кометы

Опытное производство ГАО АН УССР совместно с отделом физики планет и лабораторией экспериментальной астрофизики разработало и изготовило ряд новых приборов для наблюдений кометы Галлея, в том числе два экземпляра астрономического спектрополяриметра / 20-24 / и новую телевизионную систему.

Один из спектрополяриметров установлен и успешно эксплуатируется в экспедиции на горе Майданак (Средняя Азия), второй — отправлен в Боливию и будет использован для наблюдений кометы Галлея в Боливийской экспедиции.

В разработке и изготовлении спектрополяриметра принимали участие: А.В.Мороженко (руководитель работы), А.Л.Гуральчук, В.Н.Владинчук, Л.Е.Рагозина, И.Г.Кесельман, М.А.Мельников, В.Л.Самойлов, А.Л.Делец, Д.Ф.Гайдай, В.А.Кучеров.

В предыдущие годы в ГАО АН УССР (Лаборатория экспериментальной астрофизики, КБ-2 Опытного производства ГАО АН УССР) была создана и успешно эксплуатировалась в 1982-1984 гг. телевизионная установка ФАТА-1. Новая телевизионная система создана в целях расширения спектрального диапазона с учетом опыта эксплуатации системы ФАТА-1. Новая система включает в себя телевизионные каналы видимого и инфракрасного диапазона, средства аналоговой и цифровой обработки видеосигналов. Инфракрасный канал испытан в августе 1985 г. и показал свою работоспособность.

Разработка и создание новой телевизионной установки выполнена под руководством Л.М.Шульмана и Г.К.Назарчук. Ответственные исполнители М.Л.Вексланд и В.Н.Петухов.

## 2.2. Новые наблюдательные станции для наблюдений кометы Галлея

Регулярные наблюдения кометы велись с телескопами, установленными на территории обсерватории в Киеве и на Высокогорной наблюдательной базе пик Терскол (Приэльбрусье, высота над уровнем моря 3100 м).

Кроме того, созданы новые наблюдательные базы:

1) гора Майданак (Средняя Азия), где построена башня и установлен 60-см рефлектор фирмы К.Цейсс. Наблюдения ведутся<sup>ж)</sup> с астрономическим спектрополяриметром (начальник экспедиции М.С.Дементьев). Наблюдатели: А.Л.Гуральчук, М.С.Дементьев, В.М.Клименко, А.Н.Довгопол и В.И.Шавловский.

В создании базы принимали участие: А.П.Видьмаченко, В.Г.Медведев, В.И.Шавловский, А.Н.Довгопол, Н.Н.Фомин, В.И.Лысенко;

2) Боливия (г.Тариха). Построена башня, смонтирован купол и установлен 60-см рефлектор фирмы К.Цейсс.

Здесь будет установлена также реконструированная под руководством Г.К.Назарчук, М.Л.Вексландом и В.Н.Петуховым камера С-180- $\delta$ . На 60-см рефлекторе с помощью астрономического спектрополяриметра будут вестись спектральные и поляриметрические наблюдения кометы (А.В.Мороженко, А.Л.Гуральчук, А.П.Видьмаченко, Н.Н.Киселев), с камерой С-180- $\delta$  - спектральные (П.П.Корсун, В.Н.Петухов). В создании Боливийской базы принимали участие А.В.Мороженко (рук. работы), В.В.Аврамчук, А.П.Видьмаченко, В.И.Кузнецов, К.Е.Скорик, В.А.Соболев, Л.И.Федоренко;

3) Эквадор (г.Кито). На советской станции для наблюдений искусственных спутников Земли для наблюдений кометы Галлея будет смонтирована компактная астрономическая установка с двумя светосильными камерами (Нафа Зс-25 и АФУ-75). Реконструкция камер и установка выполнена в ОП АН УССР под руководством Ю.В.Сизоненко, который и выполнит запланированные наблюдения.

---

ж) В зимний период 1985-1986 гг. наблюдения будут прекращены из-за отсутствия купола у башни телескопа.

### 2.3. Аппаратурный комплекс для обработки изображений протяженных объектов

1. В плане проверки возможностей микрофотометра АЦМФ-ХУ для обработки изображений протяженных астрономических объектов было проведено исследование точностных характеристик микрофотометра, выполнено 6 заявок на проведение фотометрических работ - из них 2 непосредственно по кометной тематике (группа Г.К.Назарчук - кометы 1976 У1 Веста и Галлея).

2. Выполнена доработка программ ввода и предварительной обработки фотометрических данных с перфоленты в одно- и двухбайтовом режиме обмена с целью стыковки их с программами пользователя. Разрабатывается программное обеспечение для автоматического контроля погрешностей микрофотометра и их учета пользователем. Разрабатывается комплекс программ для работы с магнитной лентой в качестве промежуточного носителя фотометрической и паспортной информации в стандарте обмена *Fits*.

3. По аппаратурному комплексу - закуплены для комплекса и в настоящее время модернизируются устройства подготовки данных на магнитной ленте УЦД МЛ ЕС-9002 в количестве 4-х штук. Разработаны и изготовлены буферное ОЗУ и частично управление к нему, блок обмена данными. Доработана электрическая схема микрофотометра с целью согласования его с ОЗУ и УЦД МЛ. Руководитель работы В.Г.Парусимов.

Исполнители: В.Г.Парусимов, Т.И.Медведева, Т.А.Бардашевская, Л.В.Беспалько, Т.Н.Давыдовская, О.Н.Давыдовский, Т.В.Неводовская, Т.Ю.Никитина, Д.Е.Островский, Н.Ф.Парусимова, А.В.Полянский, Л.П.Христенко, В.А.Шамота. . . . .

Точностные и предельные характеристики аппаратуры (спектрополяриметр, телевизионная установка, аппаратурный комплекс для обработки изображений протяженных объектов) определяются погодными условиями и применяемыми методами обработки материалов. Для каждого типа небесных объектов они будут определены по результатам обработки данных наблюдений.



### 3. ПОЗИЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

План работы по астрометрическому сопровождению кометы "Галлея" был разработан на рабочем совещании "Позиционные наблюдения кометы Галлея", которое проходило 13-14 апреля 1982 года в г.Киеве / 1,25 /. В соответствии с этим планом в 1983 г. в рамках СОПРОГ была сформирована сеть станций позиционных наблюдений (астрометрическая сеть - АС), сформулированы основные принципы функционирования астрометрической сети, разработана инструкция позиционных наблюдений, выполнены исследования по астрометрии комет, проведены фотографические позиционные наблюдения кометы Галлея с помощью телескопов ГАО АН УССР и других обсерваторий, организован оперативный сбор результатов позиционных наблюдений, их первичный контроль и передача в советские (ИКИ, ИПМ, ИТА АН СССР, ЦУП) и зарубежные центры обработки.

Методические рекомендации разработаны с учетом навигационных требований космических экспериментов "Вега-1", "Вега-2" и опыта позиционных наблюдений комет и других тел Солнечной системы. Среди прочих в инструкции / 2, с.14-16 / содержатся следующие рекомендации:

1) фотографирование должно проводиться с минимальной экспозицией, при которой получают четкое изображение центральной части головы кометы (ядро или центральное сгущение) и хорошие изображения окружающих звезд. Гидирование телескопа лучше делать по методу Меткофа;

2) для уменьшения ошибок наблюдений измерения следует выполнять в двух положениях пластинки или при различающихся на  $180^\circ$  положениях реверсионной призмы;

3) если положение оптического центра на пластинке известно хотя бы с точностью  $5'$ , а диаметр используемого поля не превосходит  $2-3^\circ$ , то для редукиции измеренных координат удобнее пользоваться методом шести постоянных, ограничиваясь небольшим числом (5-6) опорных звезд. Для редукиции снимков с неточно известными оптическими центрами и широкоугольных ( $4 \times 4^\circ$  и более) снимков более подходящими являются нелинейные методы - метод 8 постоянных (дробнолинейные функции) и метод 12 постоянных (квадратичные

полиномы). Количество опорных звезд в этом случае должно быть не менее 10. Измеренные координаты предварительно исправляются за влияние дисторсии (при  $|d_3| \leq 5 \cdot 10^{-8}$  мм<sup>-2</sup>) и дифференциальной рефракции (при  $z > 60^\circ$ ) (С.П.Майор, Т.П.Киселева). С целью подготовки к регулярным наблюдениям кометы Галлея на разных телескопах в Киеве, на ВНБ Терскол, в экспедиции на горе Майданак, а также в Бюраканской АО АН Арм.ССР и в КраО АН СССР проведены позиционные наблюдения ряда комет, в том числе 1982 *d*, 1982 *j*, 1983 *d*, 1983 *l*, 1983 *v*, 1984 *d*, 1984 *i* и 1984 *m*. Определено 100 положений этих комет (С.П.Майор, Е.М.Ижакевич, И.В.Ледовская, Г.В.Мороз, В.Г.Медведев, С.В.Шатохина). Организован и проведен тренировочный тур позиционных наблюдений короткопериодической кометы Кроммелина (1983 *n*) на станциях астрометрической сети СОПРОГ. В работе приняли участие 14 станций. Получено свыше 180 положений, что составляет 55% от всех участников Международной программы наблюдений кометы Галлея (1985). Обработка наблюдений, их сбор, первичный анализ и передача в центры обработки данных проводилась в режиме, максимально близком требуемому при астрометрическом обеспечении космических полетов к комете Галлея (С.П.Майор, Н.Ф.Левина, С.В.Шатохина, Е.В.Назаренко).

Поиски кометы Галлея проводились в сотрудничестве с САО АН СССР и ГАИШ на 6-метровом телескопе САО. Первая успешная серия наблюдений сделана в сентябре 1983 г. (Г.К.Назарчук, А.И.Шаповалова, А.Л.Щербановский).

Регулярные позиционные наблюдения кометы Галлея в ГАО АН УССР велись на двух астрографах — двойном широкоугольном астрографе (ДША) 400/2000 и двойном длиннофокусном астрографе (ДДА) 400/5500. Кроме того, отдельные ряды наблюдений выполнены совместно с другими обсерваториями с помощью их телескопов. Сотрудники ГАО АН УССР приняли участие в наблюдениях с помощью двойного астрографа Цейсса (ДАЦ) в Китабе (Астрономический институт АН УзССР), 0.5-метрового телескопа Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории АН Арм.ССР, 0.5-метрового телескопа Шмидта и 2-метрового телескопа Национальной астрономической обсерватории Болгарской Академии Наук, 6-метрового телескопа Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. В течение 32 ночей с 26 августа по 11 ноября 1985 г. определено 105 точных положений кометы Галлея. В наблюдениях и их обработке участвовали сотрудники отдела фотографической астрометрии С.П.Майор, Головня В.В., Е.М.Ижакевич, С.В.Калтыгина, И.В.Ледовская, Е.М.Середа, С.В.Шатохина, отдела фундаментальной астрометрии Ю.И.Сафро-

нов, Л.Н. Кизюн, М.Бочарова, лаборатории ЭКАФ - Ю.В.Сизоненко.

Полученные положения в оперативном режиме переданы в советские и зарубежные центры определения орбиты кометы.

Таблица

Основные характеристики телескопов, применявшихся для позиционных наблюдений кометы Галлея

Телескоп	Объектив и его диаметр	Поле, град.	Масштаб снимка, "/мм
ДДА	40-см двухлинзовый	2.5x2.5	37.5
ДША	40-см четырехлинзовый	8.5x8.5	10.3
ДАЦ	40-см четырехлинзовый	5x5	68.5
0.5-м Шмидт	70-см зеркало	5x5	120
2-м телескоп	200-см зеркало	2x2	16
6-м телескоп	600-см зеркало	0.23(14")	8

Астрометрическая обработка снимков кометы на фоне звезд, в результате которой определялись отнесенные к экватору 1950.0 топоцентрические прямое восхождение и склонение кометы на момент наблюдения, проводилась, как обычно, в два этапа. На первом этапе с помощью координатометра "Аскорекорд" определялись прямоугольные координаты изображений кометы и опорных звезд. При измерениях центр визирной марки совмещался с фотометрическим центром изображения. Редукционные вычисления - второй этап обработки - велись с помощью ЭВМ ЕС-1022 и МИР-2. В программах реализован следующий алгоритм вычислений.

Переход от измеренных координат  $x_0, y_0$  определяемого объекта (кометы или контрольной звезды) к его тангенциальным координатам  $X_0, Y_0$  обычно осуществлялся по линейным формулам:

$$x_0 = a x_0 + b y_0 + c,$$

$$y_0 = d x_0 + e y_0 + f,$$

где  $a, b, c, \dots$  - постоянные пластинки. Последние определялись по опорным звездам. Тангенциальные координаты  $X, Y$  опорных звезд вычислялись по формулам

$$X = \frac{\cos \delta \sin(\alpha - A)}{\sin \delta \sin D + \cos \delta \cos D \cos(\alpha - A)},$$

$$y = \frac{\sin \delta \cos D - \cos \delta \sin D \cos(\alpha - A)}{\sin \delta \sin D + \cos \delta \cos D \cos(\alpha - A)},$$

где  $\alpha, \delta$  - сферические координаты опорных звезд;  $A, D$  - сферические координаты оптического центра. Координаты  $\alpha, \delta$  звезд брались по каталогу опорных звезд по трассе кометы Галлея / 26 / или по каталогу АКЗ. Чтобы уравнивать между собой измеренные и тангенциальные координаты, последние исправлялись поправками за члены второго порядка дифференциальной рефракции, вычисляемых по формулам:

$$dX = \beta K_1 (K_3 X^2 + 2 K_1 K_2 XY + K_4 Y^2,$$

$$dY = dX \cdot K_2 / K_1,$$

$$\beta = [61.24 - 0.091 (K_4 + K_3 - 2)] R^2 / M$$

$$K_1 = \frac{\cos \varphi \sin(s - A)}{\sin \varphi \sin D + \cos \varphi \cos D \cos(s - A)},$$

$$K_2 = \frac{\sin \varphi \cos D - \cos \varphi \sin D \cos(s - A)}{\sin \varphi \sin D + \cos \varphi \cos D \cos(s - A)},$$

$$K_3 = 1 + K_1^2, \quad K_4 = 1 + K_2^2,$$

где  $\varphi$  - широта места наблюдения,  $s$  - момент наблюдения по звездному времени,  $R$  и  $M$  - масштаб снимка соответственно в радианах и секундах дуги.

Для получения сферических координат объекта служили формулы:

$$\operatorname{tg}(\alpha_0 - A) = \frac{X_0 \sec D}{1 - Y_0 \operatorname{tg} D},$$

$$\operatorname{tg} \delta_0 = \frac{(Y_0 + \operatorname{tg} D) \cos(\alpha_0 - A)}{1 - Y_0 \operatorname{tg} D}$$

Приведенные формулы заимствованы из руководств / 27, 28 /.

Создано несколько программ для ЭВМ, реализующих этот и другие алгоритмы. Они позволят автоматизировать процесс астрометрической обработки астронегативов с изображениями комет. В частности, предусмотрены ввод в ЭВМ ЕС-1022 и Мир-2 результатов измерений с перфоленты координатно-измерительной машины и с перфокарт, автоматическое отождествление звезд астронегатива со звездами каталога SAO, записанного на магнитной ленте, определение сферических координат объекта (отдел фотографической астрометрии - С.П.Майор, Е.М.Ижакевич, отдел фундаментальной астрометрии - Л.Н.Кизюн, Р.Н.Коваль, Д.П.Дума, вычислительно-измерительный центр - И.П.Веденичева).

При первичном контроле качества наблюдений наблюдаемые положения кометы сопоставлялись с ее эфемеридными положениями. Это делалось с помощью ЭВМ Мир-2. Интерполирование эфемеридных положений производилось по формуле Ньютона (С.П.Майор, Е.М.Ижакевич, С.В.Калтыгина, С.В.Шатохина).

Методические исследования по астрометрии комет и результаты позиционных наблюдений кометы Галлея и других комет изложены в ряде публикаций / 1, 2, 29-38 /. Были рассмотрены перспективные методы обработки измерений астрофотографий (А.Н.Курьянова и А.И.Яценко), систематические различия координат комет, полученных в различных цветовых системах / 39 / и др. Все позиционные наблюдения кометы Галлея, полученные в ГАО АН УССР и других обсерваториях СССР и ряда соцстран, регулярно представлялись в эфемеридные центры СССР и США по телексу. (С.П.Майор, С.В.Калтыгина, С.В.Шатохина, Н.Ф.Левина, Е.В.Назаренко).

#### 4. ФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

##### 4.1. Разработка методики физических наблюдений кометы Галлея

Разработана методика наблюдений и исследования кометы Галлея по следующим разделам.

1) Лаборатория экспериментальной астрофизики: околоядерная область кометы (В.П.Коноплева, Д.И.Городецкий [ 2, с.39-56 ]; крупномасштабные явления (Г.К.Назарчук, Х.И.Ибадинов [ 2, с.23-38 ]; инфракрасные наблюдения (Л.М.Шульман, Т.В.Хозов [ 2, с.17-22 ]).

2) Отдел физики планет: спектральные наблюдения (В.К.Розенбуш, О.В.Добровольский, В.П.Таращук [ 3, с.15-24 ]).

##### 4.2. Математическое обеспечение обработки материалов наблюдений

Составлен и отлажен ряд программ для обработки материалов физических наблюдений комет с помощью ЭВМ ЕС-1022:

- 1) спектрометрические (отд. физики планет, М.С.Дементьев);
- 2) спектрофотометрические (отд. физики планет - В.К.Розенбуш, Л.А.Яковина; лаборатория экспериментальной астрофизики - П.П.Корсун);
- 3) панорамные снимки (лаб. ЭКАФ - Ю.В.Сизоненко);
- 4) моделирование фотометрической эволюции ядра кометы (лаб. ЭКАФ - Г.К.Назарчук).

#### 4.3. Подготовка к наблюдениям и исследованиям кометы Галлея

Разработанная методика проверялась по наблюдениям ряда других комет и использована при обработке ранее полученных наблюдательных данных. Проверка разработанной методики телевизионных наблюдений выполнена по наблюдениям слабых комет. В 1984 г. проведены пять циклов наблюдений с телевизионной системой ФАТА-1: 30 января, 1-8 апреля, 6 июля, 27 сентября - 3 октября, 25 октября - 1 ноября. В указанные периоды система проработала в общей сложности 25 ночей. Выполнены наблюдения комет Хартли-ИРАС, Остина (1984 *i*) и Шомасса. Испытания подтвердили пригодность системы ФАТА-1 для наблюдений комет, особенно в тех случаях, когда необходимо зафиксировать быстрые изменения. Выявлены ряд недостатков системы, которые учтены при создании новой телевизионной установки (см.2.1).

Выполнено исследование и усовершенствование ряда приемников излучения (М.Г.Сосонкин и др.). Методика спектральных наблюдений отрабатывалась с помощью доработанного варианта прибора УКУС. Во время тренировочного тура выполнены спектральные наблюдения кометы Кроммелина (1983 *n*) на телескопе Цейсс-600 на ВНБ "Терскол". Использовался спектрограф УАГС с приставкой УКУС. Наблюдения проводились в феврале-марте 1984 г. (П.П.Корсун, С.В.Марченко). Получено 6 спектрограмм. Результаты первичной обработки спектрограмм опубликованы. Для обработки спектрограмм комет разработан пакет прикладных программ на языке ФОРТРАН-IV ЕС ЭВМ, содержащий 20 программных модулей. Часть модулей предназначена для решения задач восстановления молекулярных эмиссионных спектров (лаб. экспериментальной астрофизики - П.П.Корсун). Спектр кометы Джакобини-Циннера получен на ВНБ Терскол с телескопом

Цейсс-600 в сентябре 1985 г. в даты, близкие к пролету американского космического аппарата мимо кометы (А.Э.Розенбуш). Спектр головы и части хвоста этой кометы получен также на горе Санглок с помощью метрового телескопа с ИАГС и ЭОП'ом УМ-92 (Розенбуш А.Э., Н.Н.Киселев, А.Краснобаев, Г.П.Чернова). 35 телевизионных снимков кометы Джакобини-Циннера в интегральном спектре получены с телескопом МТМ-500 КрАО АН СССР (В.К.Розенбуш, Медведев В.Г.).

Г.К.Назарчук и Р.К.Казакова рассчитали условия видимости кометы Галлея на различных широтах для советских наблюдателей [4, с.12-36]. В целях последующего сопоставления поведения кометы Галлея в различных появлениях (закономерностей изменения блеска головы, структуры хвостов и ее активности, зависящей от ряда внешних факторов) составлена полная библиография публикаций о физических наблюдениях кометы в 1909-1911 гг. и результатов исследований, посвященных этой комете, выполненных в 1910-1983 гг. (В.П.Коноплева). Выполнен анализ наблюдений кометы Галлея в России (1910-1911 гг.) / 40,41 /. Фотографические наблюдения кометы в Симеизе показывают быстрые изменения структуры головы и хвостов кометы в период ее наибольшего блеска. Изучение этих и других материалов наблюдений кометы Галлея в 1910 г. продолжаются в кооперации с Астрономической обсерваторией Одесского госуниверситета им.Мечникова (В.П.Коноплева, Л.Я.Скобликова).

#### 4.4. Физические наблюдения кометы Галлея

Они начались в сентябре 1984 г., когда были получены два снимка кометы Галлея (25 и 26 сентября) на БТА САО АН СССР (И.Д.Караценцев). Оба снимка профотометрированы на автоматическом микроденситометре АМД САО АН СССР (Г.К.Назарчук, А.А.Назаренко). Для лучшего снимка, полученного 25 сентября, построены изофоты, позволившие изучить распределение поверхностной яркости в изображении кометы, определить интегральный блеск фотометрического ядра. Визуально на фотометрической карте прослеживаются два хвоста. Один, более яркий, простирается вдоль трассы кометы на  $4''$  (III типа), второй направлен вдоль продолженного радиуса-вектора, простирается на  $3''$  от ядра и является, по-видимому, плазменным. Снимок кометы, полученный 26 сентября при худ-

ших атмосферных условиях, позволил определить интегральный блеск кометы, на фотометрической карте разделить комету и близ расположенную звезду. Это дало возможность определить точное положение кометы на этом снимке (Г.К.Назарчук). 23 марта 1985 г. на БТА САО АН СССР получен снимок кометы Галлея. Фотографирование производилось при плохих изображениях звезд и низкой прозрачности атмосферы, поэтому звездная величина кометы определена приближенно путем сравнения с окружающими звездами. Комета была не слабее  $18.5^m$  (Г.К.Назарчук, Н.А.Тихонов). 18 марта 1985 г. получен спектр кометы Галлея на БТА САО АН СССР со спектрографом  $UAGS$  с ЭОП. Непрерывный спектр кометы заметно превышает уровень спектра ночного неба. На фоне континуума заметны полосы  $CM$ ,  $C_3$  и более слабые  $C_2$  (Г.К.Назарчук, И.Д.Караченцев). Спектр кометы получен также 16-18 августа 1985 г. с метровым телескопом на Сангдоке с  $UAGS$  и ЭОП. Блеск в системе  $V$  около  $15^m$ ; полосы  $CM$  и  $C_2$  отождествлены (А.Э.Розенбуш, Н.Н.Киселев, Т.П.Чернов, Краснобаев А.). На МТМ-500 с оптико-телевизионной установкой в КрАО АН СССР получено около 200 снимков кометы в  $BVK$  системе, около 30 снимков с фильтрами А\*Херна, выделяющими кометные эмиссии и около 30 спектров с разрешением  $100 \text{ \AA}/\text{мм}$  (В.Г.Медведев, В.В.Прокофьева, Е.П.Павленко, В.П.Тарашук).

С помощью телескопа Цейсс-600 с спектрополяриметром на горе Майданак с 20 октября по 13 ноября 1985 г. получено 19 сканов кометы Галлея в диапазоне  $\lambda\lambda 3500-6600 \text{ \AA}$  с разрешением  $50 \text{ \AA}/\text{мм}$ . Наблюдения велись с каналом сравнения, в который ставились фильтры  $V$  или  $B$  (В.М.Клименко, М.С.Дементьев).

7 и 8 ноября 1985 г. с помощью 2-метрового телескопа Болгарской Академии Наук получены прямые снимки кометы Галлея для изучения околоядерной области (один снимок с экспозицией  $60^m$ , 2 - с  $30^m$  эксп. и 3 - с  $15^m$  экспоз.). Для всех снимков получены стандарты (Г.К.Назарчук, В.Т.Шкодров, Т.Бонев).

На Цейсс-600 с  $UAGS$  и УКУС на ВНБ Терскол с 25 октября до конца ноября 1985 г. получена серия спектров кометы Галлея в диапазоне  $\lambda\lambda 3500-6600 \text{ \AA}$ , разрешение  $50 \text{ \AA}/\text{мм}$  (П.П.Корсун).

12-19 ноября 1985 г. на телевизионном сканере БТА в фокусе Несмита в САО АН СССР получена серия спектрограмм в диапазоне  $\lambda\lambda 3360-6560 \text{ \AA}$  для отождествления эмиссий и в диапазоне  $\lambda\lambda 3890-4800 \text{ \AA}$  для поиска переменности. Разрешение  $0.9 \text{ \AA}/\text{мм}$ . Всего получено более 100 спектрограмм "ядра" и околоядерной области (область 2500 км вокруг ядра) (Л.М.Шульман, Г.К.Назарчук, Афа-



насьев В.Л., В.А.Липовецкий). Ведется обработка всего полученного материала. Некоторые результаты наблюдений и интерпретации наблюдательных данных уже опубликованы в серии статей и заметок / 29, 42-51 /.

## 5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСА КОМЕТ

Продолжались статистические исследования комплекса комет и эволюции кометных орбит, начатые в предшествующие годы.

### 5.1. Фотометрические и динамические характеристики комет

В.П.Коноплева / 52-54 / дала новую классификацию комет по семействам, используя критерий, основанный на статистике межорбитальных расстояний комета - планета ( $R_{min}$ ). Новый критерий более обоснован, подразумевая реальное взаимодействие между телами, и является более универсальным, так как пригоден для классификации всех, а не только периодических комет.

Согласно этому критерию комета относилась к семейству данной планеты, если  $R_{min}$  меньше радиусов сфер возмущений, действия и влияния данной планеты. Применение данного критерия к долгопериодическим кометам впервые позволило выявить существование семейств Юпитера и Сатурна среди комет с периодами более 200 лет / 52,54,55 /. Рассмотрены распределения планетных семейств по элементам орбит, абсолютным величинам, радиусам кометных ядер. Наиболее важный вывод этих исследований - заключение об относительной молодости вновь открытого семейства Сатурна (кометы с периодом обращения более 200 лет) по сравнению с аналогичным семейством Юпитера / 52-55 /.

### 5.2. Каталог межорбитальных расстояний

Межорбитальные расстояния комета - планета, послужившие основой для упомянутого статистического исследования, вычислены на ЭВМ Мир-2 по программе, в которой реализован алгоритм поиска

минимума, предложенный Л.М.Шульманом. Недостатком его является возможность нахождения локального, а не глобального минимума. Ю.Г.Бабенко / 56 / пересмотрел проблему отыскания минимума межорбитального расстояния, обобщив метод Васильева на случай произвольных орбит. Новый алгоритм гарантированно находит абсолютный минимум межорбитального расстояния. На его основе Ю.Г.Бабенко и В.П.Коноплева составили и отладили программу для определения межорбитальных расстояний для ЭВМ ЕС-1022. Вычисления проведены для всех комет каталога Марсдена (1109 комет, открытых до 1982 г.). Определены межорбитальные расстояния между этими кометами и девятью большими планетами. Составлен каталог минимальных расстояний между орбитами комет и больших планет / 57 /, который передается на депонирование в ВИНТИ.

### 5.3. Вопросы эволюции кометных орбит

Минимальные расстояния между орбитами комет и планет изменяются в процессе эволюции кометной орбиты. Ю.Г.Бабенко / 58 / рассмотрел изменения этого важного параметра и пришел к выводу, что основную роль в этом случае играет изменение аргумента-перигелия орбиты ( $\omega$ ). Изменение этой величины является определяющим в эволюции комет в случае орбит со значительным эксцентриситетом и большими наклонами, однако оказывает незначительное влияние на эволюцию комет с малыми эксцентриситетами и наклонами. Рассмотрена эволюция орбит ряда конкретных комет / 59, 60 /. Ю.Г.Бабенко / 61 / проанализировал также распределение по обратным величинам больших полуосей наиболее долгопериодических комет с целью выяснения вопроса о первом прохождении почти параболическими кометами внутренней части Солнечной системы. Сделан вывод, что комета с афелийными расстояниями в интервале  $500 < Q < 10000$  а.е. испытывает не первое прохождение, в то время как есть основания считать, что кометы с  $10^4 < Q < 2 \cdot 10^4$  а.е. проходят мимо Солнца впервые.

Данные работы / 60 / подтвердили наличие связи между характером изменения  $R_{min}$  и постоянной Тиссерана и, кроме того, позволили оценить возраст ( $T$ ) двух короткопериодических комет Шомасса и Джакобини-Циннера. В обоих случаях  $T = (500 \pm 100)$  лет.

В рамках эруптивной теории это-реальный возраст комет, а если их появление связано с тесными сближениями с Юпитером долгопериодических комет,  $T$  - минимальный возраст.

#### 5.4. Новые статистические закономерности по данным интегральной фотометрии комет

Для поиска новых закономерностей построена диаграмма, на которой каждая комета изображается штрихам. На оси абсцисс отложены гелиоцентрические расстояния, по оси ординат - фотометрический показатель  $n$ , характеризующий закон изменения блеска кометы с расстоянием от Солнца:

$$m = H + 5 \lg \Delta + 2.5 n \lg r,$$

где  $\Delta$ ,  $r$  - гео- и гелиоцентрическое расстояние,  $m$  - видимая величина,  $H$  - абсолютная величина кометы. Концы штриха соответствуют граничным интервалам, для которых определено значение  $n$ . Данная диаграмма проанализирована в работах Г.К.Назарчук и Л.М.Шульмана / 62-64 /.

Обнаружено, что значения фотометрического показателя группируются вокруг четных значений  $n = 4, 6, 8, 10$ . При этом максимумы  $n = 4, 6, 8$  статистически подтверждены.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В целом работа выполнена в полном объеме и в установленные сроки. В результате:
- 1) получены позиционные наблюдения кометы Галлея с целью эфемеридного обеспечения космической миссии к комете Галлея;
  - 2) разработана и создана аппаратура для астрофизических наблюдений кометы Галлея и других комет;
  - 3) разработаны некоторые вопросы теории кометных образований; даны методические рекомендации по организации наблюдений комет и их обработке;
  - 4) сформированы наблюдательные сети станций. Созданы две специализированные станции по наблюдению кометы Галлея - на горе Майданак и в г.Тариха (Боливия);
  - 5) выполнен цикл исследований по кометной астрономии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программа наземных наблюдений кометы Галлея в 1983-1987 гг.- Информационное сообщение ГАО АН УССР, вып. I, Киев, 1982.- 22 с.
2. Рекомендации к наблюдениям кометы Галлея в 1985-1986 гг. - Информационное сообщение ГАО АН УССР, ч. I, Киев, 1984. - 56 с.
3. Рекомендации к наблюдениям кометы Галлея в 1985-1986 гг. - Информационное сообщение ГАО АН УССР, ч. 2, Киев, 1984. - 57 с.
4. Рекомендации к наблюдениям кометы Галлея в 1985-1986 гг. - Информационное сообщение ГАО АН УССР, ч. 3, Киев, 1984. - 37 с.
5. Яцкив Я.С., Чурюмов К.И. Комета Галлея - в приближении встречи. - Наука в СССР, 1983, № 6, с. 62-73.
6. Яцкив Я.С., Чурюмов К.И. Международная программа наблюдений кометы Галлея. - Земля и Вселенная, 1984, № I, с. 35-39; Советская программа наземных наблюдений кометы Галлея (СОПРОГ). - Кометный циркуляр, 1983, № 311, с. 3-4.
7. Шульман Л.М. Динамика кометных атмосфер. Нейтральный газ. Киев: Наукова думка, 1972. - 242 с.
8. Шульман Л.М. Чем отличались бы друг от друга сконденсировавшиеся и изверженные ядра комет? - Кометный циркуляр, 1982, № 290, с. 3.
9. Shul'man L.M. A correction to the icy model of cometary nuclei. Cometary exploration. ICCE, November 15-19, 1982, Budapest, p. 51-54.
10. Шульман Л.М. Состав кометного ядра. Космогонический подход. Препринт ИКИ АН СССР, № 771, 1983. - 19 с.
11. Шульман Л.М. Почему в кометных ядрах нет клатратных гидратов метана, аммиака, двуокиси углерода и т.п.? - Кометный циркуляр, 1982, № 290, с. 4.
12. Шульман Л.М. Почему в кометных ядрах нет метана, аммиака, двуокиси углерода и т.п. веществ? - Кометный циркуляр, 1982, № 290, с. 2.

13. Шульман Л.М. Ионно-молекулярные кластеры в ядрах комет. - Препринт ИТФ АН УССР, ИТФ-81-141Р, 1982. - 22 с.
14. Shul'man L.M. Have cometary nuclei any internal sources of energy? Cometary exploration. I. ICCE, November 15-19, 1982, 157-164
15. Назарчук Г.К., Шульман Л.М. Эволюция ядра кометы в поле солнечной радиации и ее фотометрическое проявление. - Кометы и метеоры (Душанбе), 1984, № 35, с.11-18.
16. Назарчук Г.К., Шульман Л.М. Моделирование эволюции ядра кометы в поле солнечной радиации. - Кометы и метеоры (Душанбе), 1984, № 35, с.27-29.
17. Nazarchuk G.K. A prediction of the properties of Comet Halley nucleus based on its photometric behaviour. - Cometary exploration. ICCE, November 15-19, 1982, p.
18. Nazarchuk G.K. Observations of Comet Halley 1982i at the six-meter telescope. - International Halley watch. Newsletter, 1985, N 7, p.5-7.
19. Черный Г.Ф. Основная задача МТКФ и теория кометных пылевых хвостов. - Кинематика и физика небесных тел, 1986, т.2, № 4.
20. Кучеров В.А. Многокомпонентные симметричные ахроматические фазовые пластинки. I. Расширение панчаратнамовской системы на случай произвольного числа компонент. - В сб. Фотометрические и поляриметрические исследования небесных тел. Киев: Наукова думка, 1985, с. 152-160.
21. Кучеров В.А. Многокомпонентные симметричные ахроматические фазовые пластинки. II. Фазосдвигатели с небольшим числом элементов. - Кинематика и физика небесных тел, 1986, т.2, № 1; III. Теоретическое моделирование оптических свойств 10-элементной кварцевой фазосдвигающей системы. - Там же, 1986, т.2, № 2.
22. Бугаенко О.И., Гуральчук А.Л. Астрономический спектрофотополариметр. I. Основные принципы работы. - В сб.: Фотометрические и поляриметрические исследования небесных тел. Киев, Наукова думка, 1985, с.160-164.
23. Бугаенко Л.А., Мельников М.А., Рагозина Д.Е., Самойлов В.С. Астрономический спектрофотополяриметр. II. Опτικο-механический блок. - Там же, с.164-169.
24. Бугаенко Л.А., Бугаенко О.И., Гуральчук А.Л., Делец А.С., Кесельман И.Г. Астрономический спектрофотополяриметр. III. Информационно-измерительная и регистрирующая система. - Там же, с.169-178.

25. Yatskiv Ya.S. Soviet ground based observation program for Halley's comet in 1984-1986.- In: Cometary exploration.III. Proceedings of the International Conference on Cometary Exploration, November 15-19, 1982, Budapest, 1983, p. 33-45.
26. Шокин Ю.А., Евстигнеева Н.М. Каталог-атлас опорных звезд по трассе кометы Галлея. Части I-6. Издание ГАИШ, Москва, 1984-1985 гг.
27. Бугославская Е.Я. Фотографическая астрометрия. М.; Л.: Гостехиздат, 1947. - 296 с.
28. Дейч А.Н. Фотографическая астрометрия. - В кн.: Курс астрофизики и звездной астрономии (под ред. А.А.Михайлова). М.: Наука, 1973, т. I. - 608 с.
29. Назарчук Г.К., Шокин Ю.А., Щербановский А.Л., Шаповалова А.И. Точные положения кометы Галлея 1982 *i* по наблюдениям на БТА в 1983 г. - Кометный циркуляр, 1985, № 335, с.3.
30. Ледовская И.В., Мороз Г.В., Шатохина С.В. Наблюдения кометы Чурюмова-Герасименко (1982 *f*) в ГАО АН УССР. КЦ № 304, 1983.
31. Ижакевич Е.М., Ледовская И.В., Майор С.П., Шатохина С.В. Наблюдения кометы ИРАС-Араки-Оллок (1983 *d*) в Киеве. - Кометный циркуляр, 1983, № 310, с.3-4.
32. Ижакевич Е.М., Майор С.П., Шатохина С.В. Наблюдения комет Чернис (1983 *l*) и Темпель 2 (1982 *d*) в Киеве. - Кометный циркуляр, 1984, № 318, с.2-3.
33. Ледовская И.В., Майор С.П. Положения кометы ИРАС-Араки Оллок (1983 *d*) по данным телевизионных наблюдений в КраО АН СССР. - Кометный циркуляр, 1984, № 319, с.3.
34. Ахвердян Л.Г., Ледовская И.В., Майор С.П. Фотографические наблюдения короткопериодической кометы Кроммелина (1983 *n*) в Бюракане. - Кометный циркуляр, 1984, № 321, с.3-4.
35. Ижакевич Е.М., Ледовская И.В., Наблюдения кометы Хартли - ИРАС (1983 *v*) в Киеве. - Кометный циркуляр, 1984, № 331, с.3.
36. Ижакевич Е.М., Ледовская И.В., Майор С.П., Сафронов Ю.И. Наблюдения комет Остин (1984 *i*) и Шумейкер (1984 *q*) в Киеве. - Кометный циркуляр, 1985, № 341, с.1-2.
37. Майор С.П. Астрометрическая сеть СОПРОГ. - Кометный циркуляр, 1984, № 332, с.3-4.
38. Major S.P., Shokin Yu.A. In: The astrometry network of observers in USSR. Cometary astrometry, 1984, p.76-83.

39. Кастель Г.Р., Розенбуш В.К., Харченко Н.В. Точные положения кометы Остин (1982 *у*), полученные в двух цветовых системах.- Кometный циркуляр, 1983, № 313, с.3-4.
40. Коноплева В.П. Наблюдения кометы Галлея (1910 II) в России.- Кometный циркуляр, 1984, № 318, с.3.
41. Коноплева В.П. Наблюдения кометы Галлея в России (1909-1910 гг.). - Проблемы космической физики, 1985, вып.20, с.33-39.
42. Розенбуш В.К. Исследование спектра кометы Веста (1976 VI).I. Спектрополяриметрия комы и ядерных фрагментов. В сб.: Фотометрические и поляриметрические исследования небесных тел. Киев: Наукова думка, 1985, с.14-21.
43. Розенбуш В.К. Исследование спектра кометы Веста (1976 VI). II. Спектрофотометрия хвоста. - Там же, с.21-26.
44. Корсун П.П. Спектральные наблюдения короткопериодической кометы Кроммелина (1983 *и*) на пике Терскол. - Кometный циркуляр, 1984, № 323, с.4.
45. Nazarchuk G.K. Observations of comet Halley 1982 i at the six-meter telescope. IHW, Newsletter, 1985, N 7, p.5-7.
46. Гуральчук А.Л., Дементьев М.С., Клименко В.М. Предварительные результаты спектрофотометрии кометы Галлея с 20.I0. по 31.II.1985 г. - Кинематика и физика небесных тел, 1986, т.2 № 3.
47. Лисина Л.Р., Медведев В.Г., Павленко Е.П. Телевизионные наблюдения кометы Кроммелина (1983 *и*) в КраО АН СССР. -Кometный циркуляр, 1984, № 327, с.2.
48. Караценцев И.Д., Назарчук Г.К., Тихонов Н.А., Шокин Ю.А. Наблюдения кометы Галлея 1982 *и* на БТА в сентябре 1984г. - Кometный циркуляр, 1985, № 336, с.3-4.
49. Sizonenko Yu.V. Surface photometry of comet West 1976 VI picture. In: Cometary exploration.I.Proceedings of the International conference on cometary exploration, November 15-19, 1982, Budapest, 1983, p.93-95.
50. Сизоненко Ю.В. Детальная фотометрия кометы Кроммелина. - Кинематика и физика небесных тел, 1986, т.2, № 2.
51. Корсун П.П. Новый алгоритм быстрой междианной фильтрации.- Кинематика и физика небесных тел, 1986, т.2, № 3.
52. Коноплева В.П. О существовании семейств Юпитера и Сатурна среди непериодических комет.-Кometный циркуляр,1980,№258,с.2-3

53. Коноплева В.П. Физические характеристики кометных семейств.- Тезисы докладов Всесоюзной конференции по физике и динамике малых тел Солнечной системы. Душанбе: ДОНИШ, 1982, с.4.
54. Коноплева В.П. Фотометрические и динамические характеристики комет семейств Юпитера и Сатурна. - Кометы и метеоры (Душанбе), 1985, № 36, с.28-34.
55. Konopleva V.P. Physical and dynamical features of minor bodies in the solar system.- In: Cometary exploration.I.Proceedings of the International conference on cometary exploration, November 15-19, 1982, Budapest, 1983, p.93-95.
56. Бабенко Ю.Г. Определение минимального расстояния между орбитами небесных тел. - Астрометрия и астрофизика, 1983, вып. 49, с.22-26.
57. Бабенко Ю.Г., Коноплева В.П. Каталог минимальных расстояний между орбитами комет и больших планет, ВИНТИ, 1986.
58. Бабенко Ю.Г. Изменение минимального расстояния между орбитами кометы и планеты. - Астрометрия и астрофизика, 1984, вып.51, с.63-68.
59. Бабенко Ю.Г. О влиянии вековых изменений орбит на эволюцию кометных семейств больших планет. - Кометный циркуляр, 1981, № 278, с.3-4.
60. Бабенко Ю.Г., Коноплева В.П. Об изменении минимальных расстояний между орбитой Юпитера и орбитами короткопериодических комет. - Кометный циркуляр, 1984, № 333, с.1-2.
61. Бабенко Ю.Г. К вопросу о первом прохождении почти параболическими кометами внутренней части Солнечной системы. - Астрометрия и астрофизика, 1983, вып.49, с.17-22.
62. Назарчук Г.К., Шульман Л.М. Кластеризация комет на диаграмме фотометрический показатель - гелиоцентрическое расстояние. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по физике и динамике малых тел Солнечной системы, Душанбе: ДОНИШ, 1982, с.9.
63. Назарчук Г.К., Шульман Л.М. Кластеризация комет на диаграмме фотометрический показатель - гелиоцентрическое расстояние. - Кометный циркуляр, 1982, № 290, с.3-4.
64. Назарчук Г.К., Шульман Л.М. О гелиоцентрической зависимости фотометрического параметра комет. - Кометы и метеоры (Душанбе), 1984, № 35, с.19-26.