

АКАДЕМИЯ НАУК УССР  
ГЛАВНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

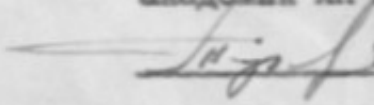
УДК (523.4/44+524.3)-323

№ ГР 01.86.0057185

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Директор ГАО АН УССР  
академик АН УССР

 Я. С. Янкив



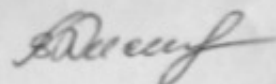
О Т Ч Е Т

ПОЗИЦИОННЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ  
ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ  
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОРБИТ И ИССЛЕДОВАНИЯ  
СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБОК ОПОРНЫХ КАТАЛОГОВ

(Заключительный)

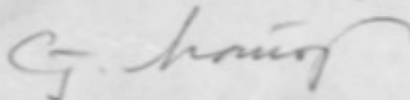
Шифр темы: I-8.2.3.I

Заведующий отделом  
фотографический астрометрии  
д-р физ.-мат. наук



В. С. Кислюк

Руководитель темы:  
зав. лабораторией  
канд. физ.-мат. наук



С. П. Майор

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

лаборатории астрометрии Солнечной системы.

Зав. лаб., канд. физ.-мат. наук

мл. научн. сотр.

мл. научн. сотр.

мл. научн. сотр.

мл. научн. сотр.

инженер

С. П. Майор (разд. I-5)

Е. М. Ижакевич (разд. 4)

С. В. Калтыгина (разд. I, 2, 4)

М. В. Ледовская (разд. 4, 5)

С. В. Шатохина (разд. 3-5)

В. В. Головня (разд. 4)



## РЕФЕРАТ

Отчет 48 страниц, 4 рисунка, 20 таблиц, 42 источника

ПОЗИЦИОННЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ,  
ПЛАШЕТЫ И СПУТНИКИ, АСТЕРОИДЫ, КОМЕТЫ,  
РАДИОИСТОЧНИКИ, ИССЛЕДОВАНИЕ ОШИБОК  
НАБЛЮДЕНИЙ

С помощью широкоугольных астрографов и 60-см рефлекторов проведены ряды фотографических наблюдений тел Солнечной системы и радиоисточников. Получены свыше 900 астронегативов. Определено свыше 1500 точных положений Марса, Урана, Нептуна, их спутников и спутников Юпитера, некоторых комет, астероидов и радиоисточников. Исследовано влияние продолжительности экспозиции на взаимное расположение изображений звезд. Выполнен анализ невязок  $O - C$  по наблюдениям избранных малых планет и кометы Галлея.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	5
1. Исследование влияния длительности экспозиции на взаимное расположение изображений на фотоснимке.....	6
2. Анализ рядов ( O - C ) кометы Галлея в появлении 1986 года.....	14
3. Сравнительный анализ результатов позиционных наблюдений избранных малых планет.....	21
4. Позиционные наблюдения и определение координат избранных тел Солнечной системы.....	24
5. Фотографические наблюдения и определения положений оптических двойников избранных радиоисточников в 1986-1990 гг.....	30
Заключение.....	39
Список использованных источников.....	41

## В В Е Д Е Н И Е

В отчете содержится информация об основных результатах, полученных исполнителями темы в 1986 - 1990 гг.

Тема входит в Всесоюзную программу "ОРБИТА" (позиционные наблюдения тел Солнечной системы). Часть работ была выполнена в связи с проведением космических экспериментов "ВЕГА" (программа "СОПРОГ") и "ФОБОС".

Решались две основные задачи:

- проведение позиционных фотографических наблюдений больших планет, их спутников, астероидов и комет с целью пополнения банка астрометрических данных;
- исследование ошибок наблюдений и дальнейшее совершенствование методики получения координат тел Солнечной системы.

### I. Исследование влияния длительности экспозиции на взаимное расположение изображений на фотоснимке.

Среди факторов, влияющих на вид фотографических изображений небесных объектов, особое место занимают атмосферная дисперсия, хроматизм увеличения, децентрировка объектива и кома. Они являются причиной двух наиболее распространенных ошибок наблюдений - уравнивания блеска и уравнивания цвета. Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию эффектов типа комы и уравнивания блеска, их зависимости от длительности экспозиции.

Материалом послужили четыре пластинки с изображением скопления Плеяд, отснятые 1/2 декабря 1984 г. на двойном астрографе 400/2000 (ГАО АН УССР). Описание пластинок приводится в таблице I.I.

Таблица I.I.

## Описание пластинок.

№ п.л.	Положение трубы	К-во экспозиций на пластинке	Длительность экспозиций в мин.	Труба
2687	Б	6	0.5, 1, 3, 6, 12, 12	I
2688	Б	6	0.5, 1, 3, 6, 12, 12	П
2689	W	5	0.5, 1, 3, 6, 12	I
2690	W	5	0.5, 1, 3, 6, 12	П

На каждой пластинке в центральной области радиусом  $\sim 2^{\circ}$  были отобраны 89 звезд AGK - 3. Из них 49 звезд имеют блеск  $4.2^m - 9.0^m$  (яркие звезды), а 40 звезд имеют блеск  $9.1^m - 11.0^m$  (слабые звезды). Всю область разбили на три зоны: первая зона радиусом  $\sim 0.7^{\circ}$ , вторая -  $1.4^{\circ}$  и третья  $\sim 2^{\circ}$  (количество звезд в зонах - 18, 25 и 46 соответственно).

Относительно центра тяжести группы из 8 центральных звезд определили радиус - вектор ( $R_i$ ) каждой звезды, а затем средний радиус - вектор для каждой зоны и для каждой экспозиции:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n}, \quad (I.I)$$

здесь  $n$  - число звезд в соответствующей зоне.

Значения средних радиус - векторов ( $\bar{R}$ ) в зависимости от величины экспозиции ( $t$ ) по трем зонам приведены на рис. I.I и I.2. Как видно из этих рисунков, средние радиус - векторы увеличиваются с ростом экспозиции. Т.е. имеет место радиальное смещение изображений, и чем ярче изображение, тем больше это смещение.

Зависимости  $\bar{R}(t)$  хорошо описываются логарифмической функцией вида:

$$R(t) = A + B \lg(t) \quad (1.2)$$

Значения коэффициентов  $A$  и  $B$  для 4-х пластинок и 3-х зон собраны в таблице I.2.

Таблица I.2.

Коэффициенты  $A$  и  $B$  уравнений (1.2).

Труба	Зона	Яркие звезды		Слабые звезды	
		$A(10^{-3} \text{ мм})$	$B(10^{-3} \text{ мм})$	$A(10^{-3} \text{ мм})$	$B(10^{-3} \text{ мм})$
пл. 2687					
I	I	16342	6.2	14410	0.6
	II	30997	10.2	32874	1.4
	III	59310	10.6	63770	2.1
пл. 2688					
II	I	16351	5.7	14418	2.1
	II	31016	7.7	32894	0.3
	III	59347	7.6	63812	- 0.3
пл. 2689					
I	I	16343	6.7	14408	6.2
	II	30999	8.5	32874	4.2
	III	59312	14.6	63771	5.7
пл. 2690					
II	I	16352	3.9	14417	5.2
	II	31017	7.2	32891	2.9
	III	59347	9.8	63809	5.1

Видно, что значения коэффициента  $B$  значительно различаются для ярких и слабых звезд, а также изменяются от одной зоны к другой. Затем функции вида (1.2) были определены отдельно для каждой звезды. На основе этого материала построили диаграммы

$B(R)$  и  $B(m)$ , которые более наглядно иллюстрируют рассматриваемые эффекты (рис. I.3 - I.4).

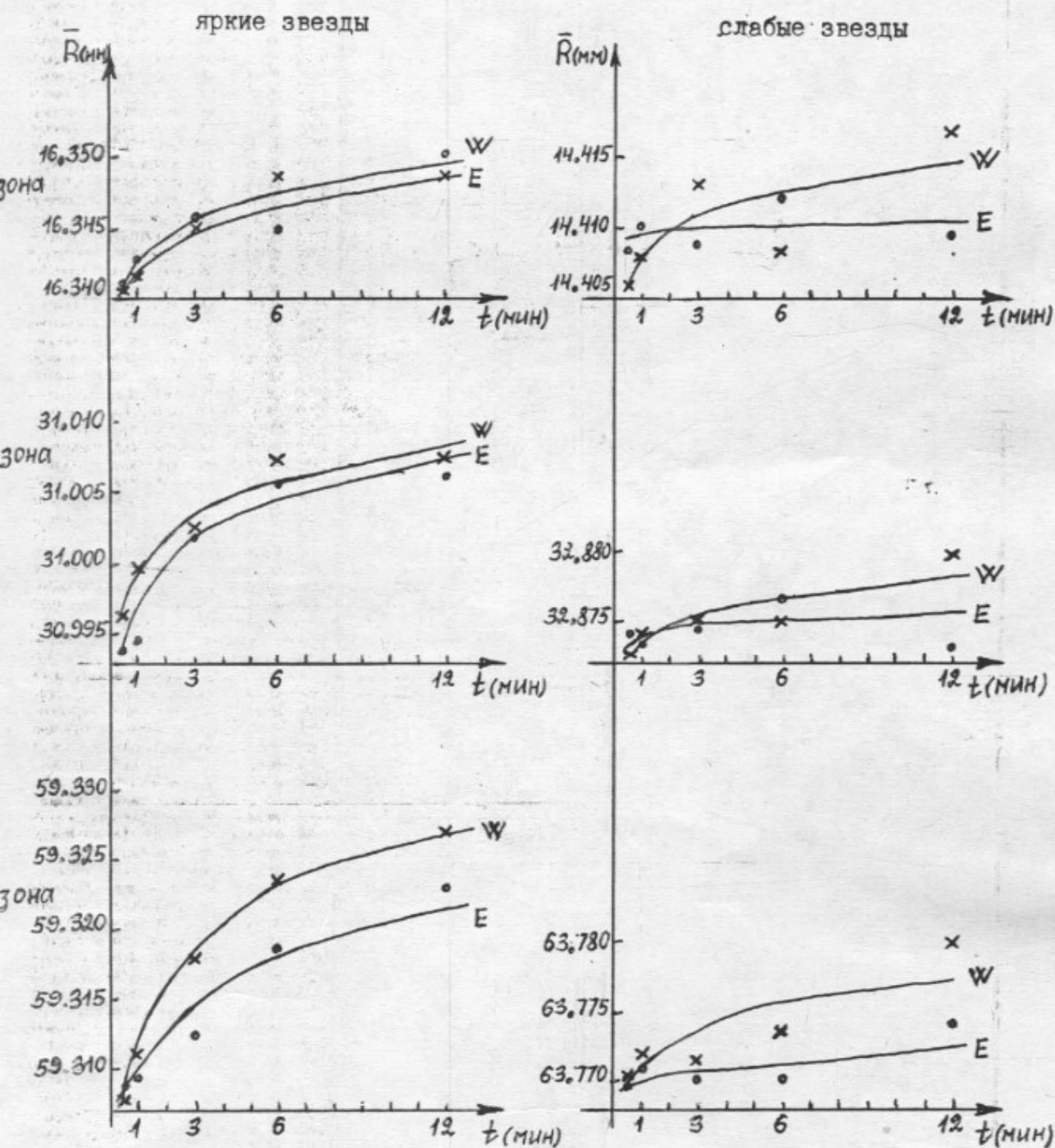


Рис. I. I Зависимость среднего радиус-вектора ( $\bar{R}$ ) от величины экспозиции ( $t$ ) для трех зон.

• - PL 2687 (E), x - PL 2689 (W)



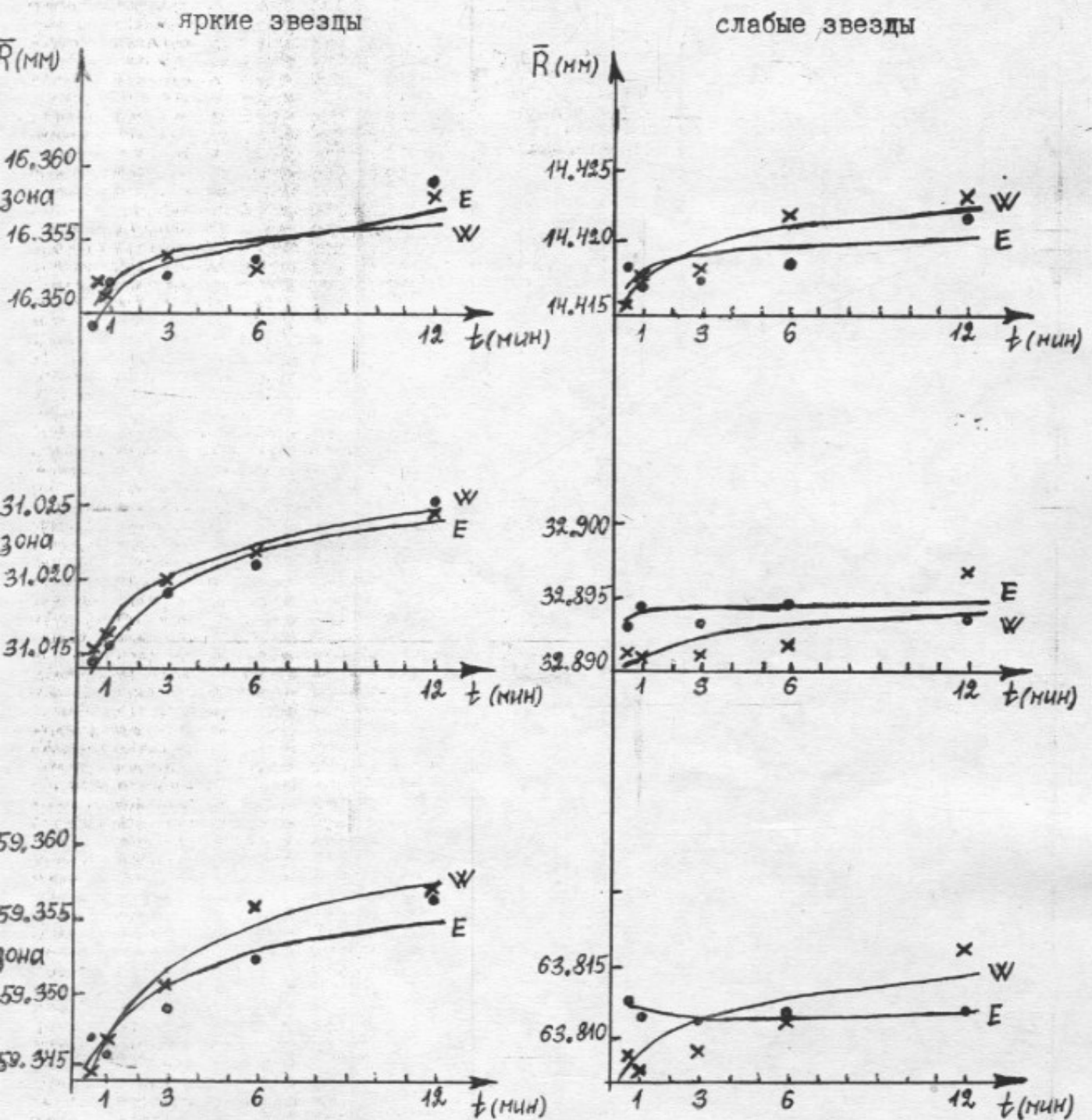
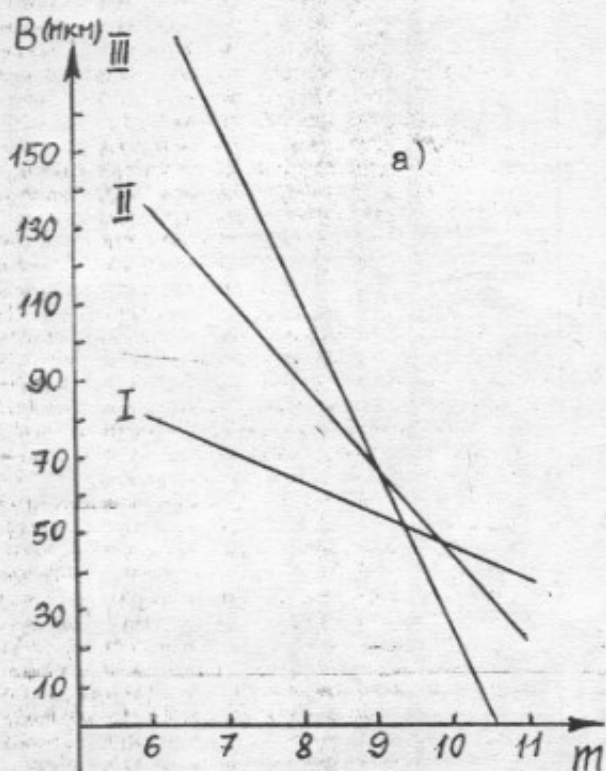


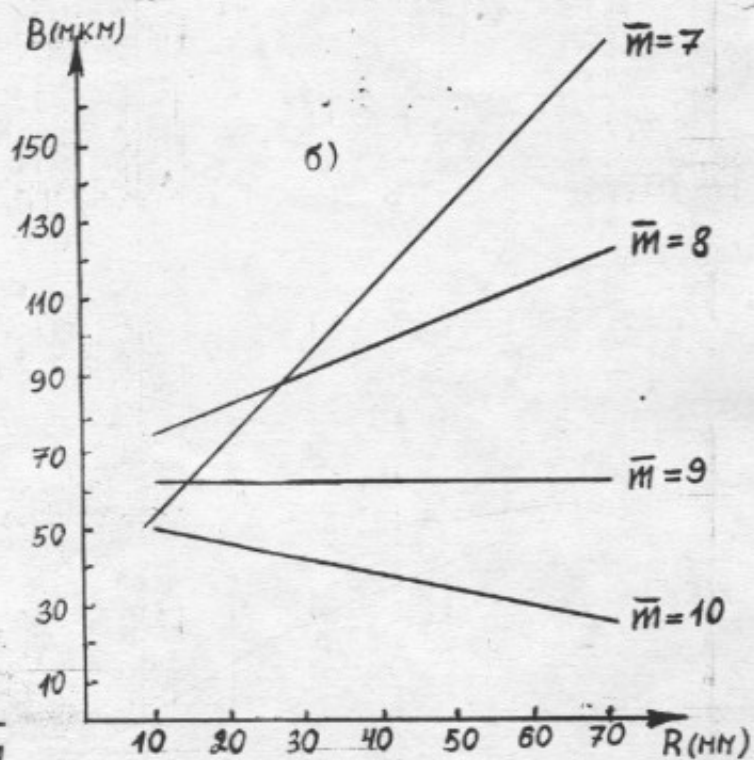
Рис. I.2. Зависимость среднего радиус-вектора ( $\bar{R}$ ) от величины экспозиции ( $t$ ) для трех зон.

• - PL 2688 (E), x - PL 2690 (W)

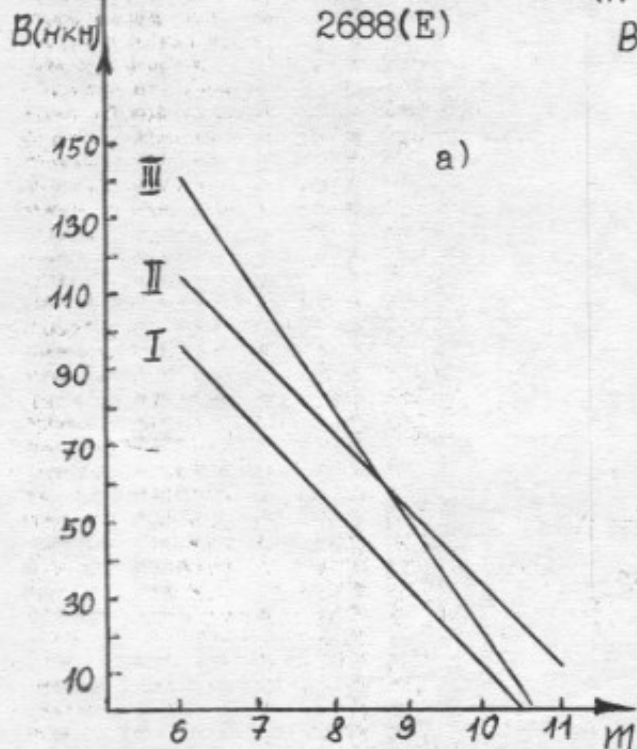
2687(E)



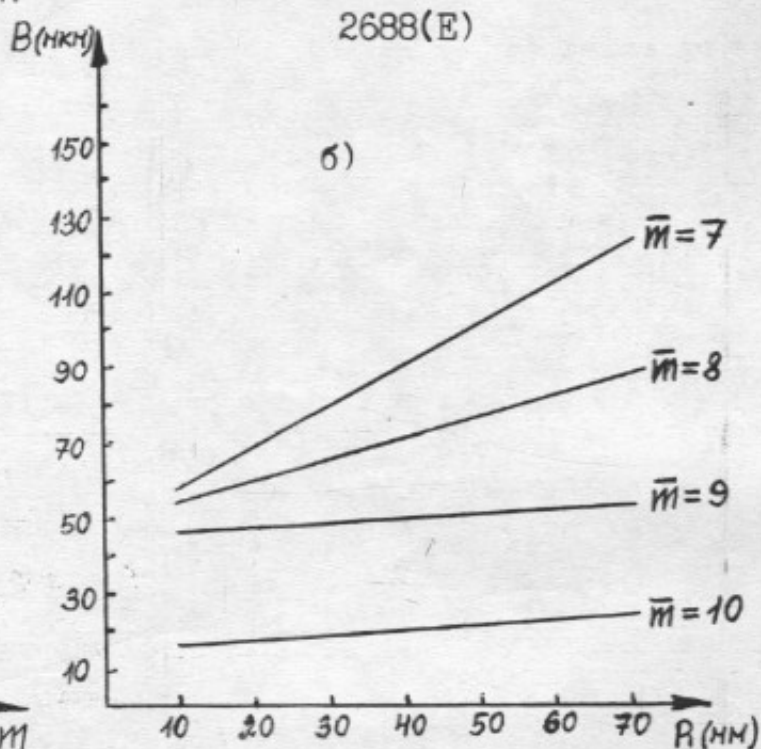
2687(E)



2688(E)



2688(E)

Рис. I.3. а) Зависимости  $V(m)$  для трех зон (I, II, III);б) Зависимости  $V(R)$  для четырех групп звезд ( $\bar{m}=7, \bar{m}=8, \bar{m}=9, \bar{m}=10$ ).

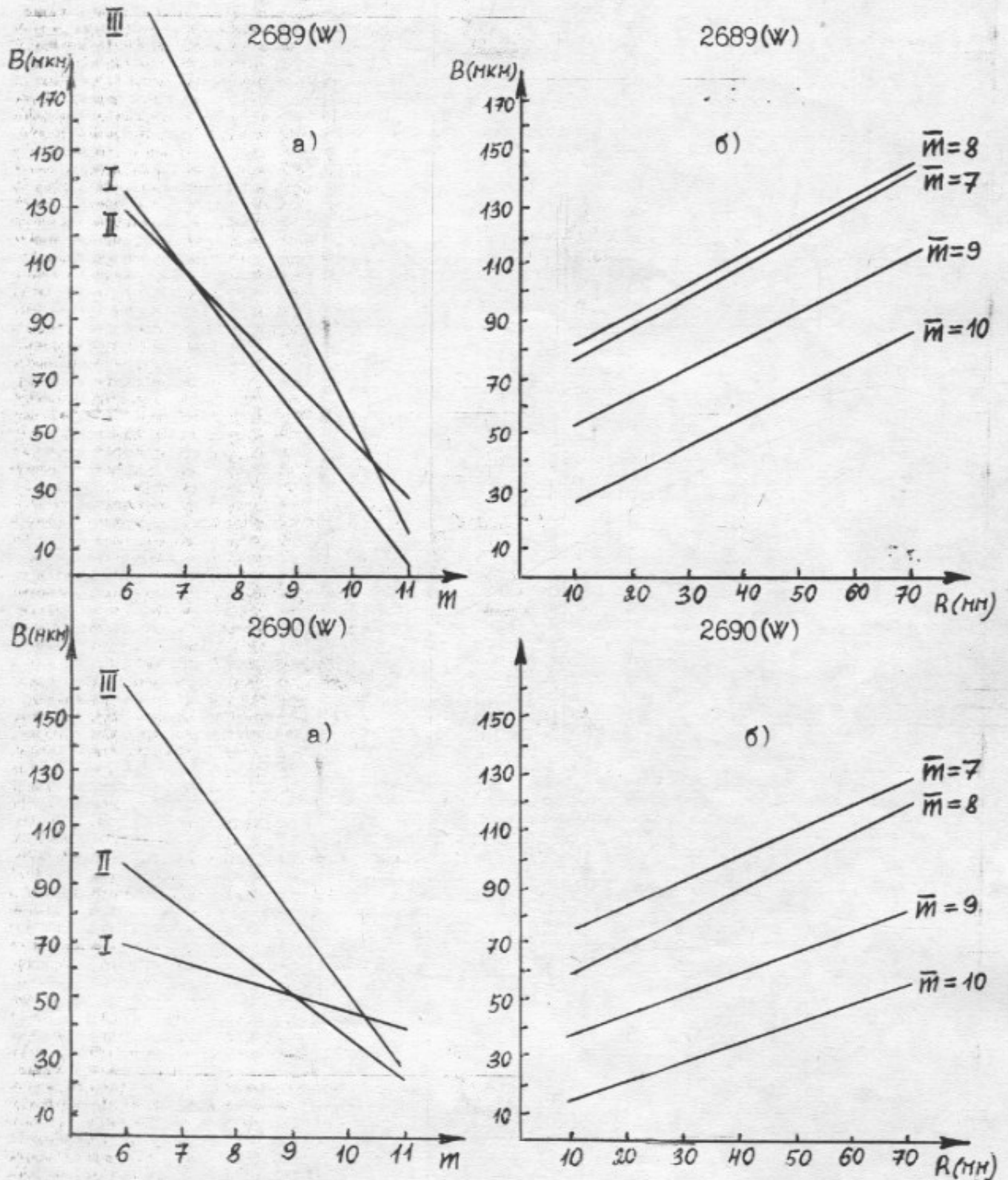


Рис. I.4. а) Зависимости  $V(m)$  для трех зон (I, II, III);

б) Зависимости  $V(R)$  для четырех групп звезд ( $\bar{m}=7, \bar{m}=8, \bar{m}=9, \bar{m}=10$ ).

Анализируя полученные результаты приходим к выводу, что коэффициенты  $A$  и  $B$  в уравнениях вида  $R = A + B \lg t$  сложным образом зависят от условий наблюдений и индивидуальны для каждой звезды. Это означает, что члены  $m \cdot x$  и  $m \cdot y$ , которые вводят в уравнение связи для учета эффекта комы, также не являются постоянными для данного телескопа, а зависят от исследуемых объектов и условий наблюдений.

Следующим этапом настоящей работы является определение уравнения блеска, обусловленного децентрировкой линз. Для этого использовали координаты определяемых звезд, расположенных в двух областях: первая область радиусом  $\sim 1.4^\circ$  (26 звезд): вторая радиусом  $\sim 2^\circ$  (23 звезды). Яркость звезд от  $5^m$  до  $9^m$ . Сравнили координаты, полученные при двух положениях трубы - E и W [27]. В разности  $\alpha_E - \alpha_W$  ( $\delta_E - \delta_W$ ) ошибка, зависящая от центрировки, войдет удвоенной, поэтому:

$$\begin{aligned} \alpha_E - \alpha_W &= 2d(m - m_0) \\ \delta_E - \delta_W &= 2d'(m - m_0) \end{aligned} \quad (1,3)$$

где:  $d$  и  $d'$  - искомые коэффициенты,  $m_0$  - средняя звездная величина опорных звезд (она составляет  $10^m$ ).

Полученные значения  $d$  и  $d'$  приведены в таблице I.3.  
Коэффициенты уравнения блеска. Таблица I.3.

Величина экспозиции	I область		II область	
	$d$	$d'$	$d$	$d'$
I	2	3	4	5
Пл. 2688 (E) - 2690 (W)				
0.5 <sup>m</sup>	-0.014"	0.057"	-0.038"	-0.025"
I	-0.006	0.055	0.022	0.009
3	-0.036	0.122	-0.014	0.036
6	-0.035	0.129	-0.009	0.083
12	-0.018	0.111	0.026	0.162
Пл. 2687 (E) - 2689 (W)				
0.5	0.015	-0.046	-0.014	-0.040

I	2	3	4	5
3 <sup>m</sup>	0.007''	-0.019''	0.178''	-0.053''
6	0.022	-0.070	0.033	-0.037
12	0.009	-0.072	0.179	-0.044

Как видно из таблицы: а) коэффициенты уравнения блеска, полученные по двум парам пластинок, отличаются между собой и по величине, и по знаку, потому, что эти уравнения относятся к разным трубам инструмента; б) коэффициенты изменяются от экспозиции к экспозиции, что особенно хорошо прослеживается по  $\delta$  (возможно это следствие нелинейности уравнения блеска); в) посчитанные для двух областей уравнения блеска несколько различаются, хотя по знаку, в основном, совпадают.

Все это еще раз подтверждает тот факт, что уравнение блеска строго индивидуально для каждой пластинки и выбранной рабочей экспозиции. [ 11 ].

Таким образом, проведенное исследование показало, что каждая конкретная астрометрическая задача или программа требует особого подхода к своему решению.

## 2. Анализ рядов (O - C) кометы Галлея в появлении 1986 года.

Во время массовых наблюдений кометы Галлея в 1986 г., в рамках всесоюзной программы СОПРОГ, был получен большой материал - более 2000 позиционных фотографических наблюдений. Эти документы направляли как в советские, так и в зарубежные Центры обработки, в том числе в *Jet Propulsion Laboratory* (Пасадена, США). Здесь регулярно уточняли орбиту кометы. Так

орбита номер 55 ( IHW № 55) была определена по 7198 наблюдениям, полученным на интервале 21.08.1835 - 27.01.1987. Средне-квадратичное отклонение остатков составляет 1.50". Часть отклонений по отношению к этой орбите - 1781 ( 0 - C ) для положений кометы, полученных на 15 обсерваториях Советского Союза - была отобрана для настоящего исследования, целью которого является всесторонний анализ ( 0 - C ) кометы различными методами.

Некоторые характеристики материала приведены в таблице 2.1: первая колонка - обсерватория, затем - период наблюдений, N - количество наблюдений, значения средних и дисперсий ( 0 - C ) по обеим координатам.

Для того, чтобы оценить качество и свойства рядов ( 0 - C ), сперва провели статистический анализ. Так для каждого ряда были построены интегральные функции нормального распределения. Как оказалось, в подавляющем большинстве теоретические и эмпирические кривые расходятся между собой. Поэтому с помощью критерия Колмогорова была проверена гипотеза о нормальном распределении соответствующих генеральных совокупностей. Кроме нормального закона для проверки взяли распределения Симпсона, Коши и Лапласа. В результате оказалось, что ни один из рядов не подчиняется нормальному закону.

Полученные значения числа  $\lambda$  критерия Колмогорова превышают теоретические значения в 2 - 3 раза. В то же время для всех рядов распределения близки к Лапласовскому закону (см. таблицу 2.2).

Из таблицы видно, что по склонению условия критерия часто выполняется с трудом. Так для совокупности, представляющей собой сумму всех рядов, по  $\alpha$  с 5%-ым уровнем значимости верна гипотеза о распределении Лапласа, по  $\delta$  - не подходит ни одно из

2 (990)

распределений. Отметим, что распределение Лапласа, вообще, близко к нормальному, но предполагает наличие систематической составляющей (максимум распределение Лапласа в  $\sqrt{\pi}$  раз больше). Сравним функции:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(x - M_x)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.1)$$

нормальное распределение

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2} \sigma} e^{-\frac{(x - M_x)\sqrt{2}}{\sigma}} \quad (2.2)$$

распределение Лапласа

Предположив, что  $(0 - C)$  все же распределены по нормальному закону плюс систематическая составляющая, мы попытались с помощью дисперсионного анализа сравнить между собой значения средних и дисперсий отдельных массивов с тем, чтобы проверить гипотезу об однородности рядов (равенстве средних и дисперсий).

F - критерий показал, что факторные и остаточные дисперсии существенно различаются между собой, а следовательно, гипотеза о равенстве средних и дисперсий - неверна. И вновь, если по  $\alpha$  критерий выполняется при 0.05% -ом уровне значимости, то по  $\beta$  нельзя подобрать уровень для выполнения критерия. На этот же факт указывает и R - критерий Романовского. Очевидно, можно предположить существование систематической ошибки в  $(0 - C)$  по склонению. Следовательно, при дальнейшем анализе ряды  $(0 - C)$

нельзя объединить, а необходимо рассматривать каждый из них отдельно, со своими случайными и систематическими ошибками.

Особый интерес представляет определение периодических компонент в рядах  $(0 - C)$ . Для их выявления использовали так называемый метод Барга - метод спектрального анализа с максимальной энтропией. Его алгоритм реализован и испытан в ГАО АН УССР А.И.Емец [10]. Поскольку данный метод применим только к вре-

Таблица 2.2

Критерий Колмогорова

Вычисленные значения  $\lambda$  по двум координатам

Обсерватория	Распределение Лапласа		Нормальное распределение	
	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$
Ужгород	1.090	1.231	3.384	2.905
Балдоне	0.833	1.278	1.980	2,640
Голосеево	1.043	0.967	2.537	2.140
Пулково	1.024	2.098	2.521	2.739
Николаев	1.698	2.895	4.873	4.114
КраО	1.276	1.598	3.988	4.163
Абастумани	0.816	1.735	1.821	2.422
АОЭ	1.644	2.107	4.444	4.318
Ордубад	0.704	1.091	0.999	2.733
Свердловск	0.839	1.204	2.081	2.068
Майданак	1.839	1.304	1.444	2.035
Китаб	1.467	1,360	4,901	4.383
Гиссар	1.326	1,636	3.315	3.810
Одесса	1,525	0.861	1.412	1.434
Ташкент	1.207	1.301	2.133	1.449
$\Sigma$	1.266	2.030	14.952	7.223

Теоретические значения  $\lambda$  :

$$\begin{aligned}
 p_1 &= 0.95, & \lambda_1 &= 1.36 \\
 p_2 &= 0.99, & \lambda_2 &= 1.63 \\
 p_3 &= 0.999, & \lambda_3 &= 1.95.
 \end{aligned}$$

2 1990



менным рядам с постоянным шагом, а исследуемые наблюдения распределены во времени крайне неравномерно, то для каждого массива были осуществлены следующие преобразования:

- а) относящиеся к одной дате (О - С) усредняли;
- б) для пробелов были приняты (О - С) равные значению среднего (О - С) соответствующего ряда.

В результате получили массивы с шагом в одни сутки. Отметим, что для дальнейшего анализа были выбраны ряды одиннадцати обсерваторий, т.е. наибольшие по размеру и те, что имеют меньшее число пробелов в наблюдениях. Некоторые массивы разбили по времени на несколько рядов.

Полученные результаты представлены в таблицах 2.3 и 2.4 (по  $\alpha$  и  $\delta$  соответственно). Здесь для каждой обсерватории проводятся период наблюдений, количество использованных наблюдений, значения периодичностей и их амплитуды. Заметим, что в таблицах ряды упорядочены и сгруппированы по периодам наблюдений, т.к. предполагалось, что на разных временных интервалах возможно проявятся разные периодические компоненты.

Приводимые в таблицах 2.3 - 2.4 амплитуды ( $M_k$ ) периодичностей определены из следующих соотношений спектрального анализа:

$$M_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad (2.3)$$

$$\left. \begin{aligned} a_k &= \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N y_i \cos 2\pi \cdot k \cdot f \cdot i \cdot \Delta t \\ b_k &= \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N y_i \sin 2\pi \cdot k \cdot f \cdot i \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

где  $y(t)$  - периодическая функция, задаваемая  $N$  значениями  $y_i$  с интервалом времени  $\Delta t$ ;  $f$  - частота;  $k$  - номер гармоники. Предварительно из (О - С) была удалена систематическая часть - среднее и тренд. Как видно из таблиц, средние значения амплитуд

2 1990



Таблица 2.4

Периодические компоненты и их амплитуды в рядах  $(0-C)_\delta$ 

Период наблюдений	Обсерватория	P, сут																
		5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	23	28	30	31	48
1	КраО	0.15					0.20							0.27				
2	Одесса		0.19							0.26	0.26							
3	Балдоне		0.11			0.04	0.11						0.05				0.18	0.09
4	АОЭ	0.09	0.04			0.12		0.12					0.11					
	Ужгород	0.10				0.08		0.14					0.12	0.17				
	Китаб	0.11		0.11				0.13	0.13		0.12							
	Николаев		0.09			0.13		0.11			0.12							0.09
	Гиссар	0.09		0.10	0.12				0.18		0.18					0.23	0.23	
5	Свердловск							0.15										
	Ташкент		0.27		0.23		0.24								0.35	0.41		0.23
	Ордубад		0.27			0.30		0.35			0.24			0.69	0.62			0.19
	КраО			0.16		0.11		0.15			0.10		0.14					
6	Ордубад		0.51			0.62				0.63	0.54			0.77				
7	КраО		0.08					0.12					0.13					
8	КраО	0.23				0.17				0.38								

очень близки друг к другу и составляют  $\sim 0.1 - 0.2''$ . Сопоставив значение амплитуды для разных периодов и рядов наблюдений, можно заметить, что ее величина зависит от размера ряда -  $N$  и характеристик используемого для наблюдений инструмента (таких, как фокус, например). Амплитуды были определены и другим способом - способом наименьших квадратов. Ряды (O - C) при этом аппроксимировали функцией:

$$y(t) = c + a \sin 2\pi \cdot f \cdot t + b \cos 2\pi \cdot f \cdot t$$

а амплитуда  $M = \sqrt{a^2 + b^2}$  (2.5)

Полученные таким образом значения амплитуд с точностью до последнего знака совпадают с величинами, которые приводятся в таблицах 3-4. При этом их ошибки на порядок больше, чем сами амплитуды. Т.е. для данного материала амплитуды периодичностей определяются с низкой точностью.

Что касается используемого в работе метода спектрального анализа, то он обладает повышенной разрешающей способностью и полезен для анализа коротких рядов, но он имеет и свои недостатки. Так возможно небольшое смещение спектральных типов по частоте. По этой причине, а также исходя из того, что анализируемые ряды имеют шаг в 1 сутки, периодичности получены с точностью  $\pm 1$  день. С этой же точностью совпадают результаты, полученные по  $\alpha$  и  $\delta$  (см. таблицу 5). Из таблиц (2.3) и (2.4) видно, что высказанное выше предположение не подтвердилось, разные ряды дают близкие результаты. Т.е. такие компоненты, как 5-6<sup>d</sup>, 8-9<sup>d</sup>, 11-12<sup>d</sup>, 15-16<sup>d</sup> не зависят от гео- и гелиоцентрических расстояний кометы в рассматриваемый период времени.

Большая часть выделенных нами периодичностей хорошо согласуется с результатами, полученными *Секанина [41]* на основе исследования изменений яркости кометы в период: октябрь 1982 - февраль 1984г. Автор работы пытается объяснить появление некоторых компонент эффектами, связанными с вращением Солнца ( $P =$

26.5<sup>d</sup>) и структурой межпланетного магнитного поля ( $P = 6.49^d$  и  $13.2^d$ ). В нашей работе, однако, не был выделен период вращения Солнца, хотя в нескольких рядах есть периодичности 28-30<sup>d</sup>. На периодические изменения яркости  $\sim 7,9,10,11^d$  указывают и авторы других работ. Например, Сарычев В.А. и др. (Институт прикладной математики) анализируя кроме кривых блеска и ряды (O-C) в своей работе [30] объясняют эти гармоники вращением вокруг ядра кометы ярких пятен в ее коме.

В настоящей работе мы не ставили цель - интерпретировать выделенные периодичности. Однако можно с уверенностью сказать: во-первых, полученные периодические компоненты в (O-C) не являются следствием каких-либо особенностей или условий определения положений кометы на разных обсерваториях; во-вторых, астрометрические наблюдения дают результаты, хорошо согласующиеся с фотометрическими, а значит вполне могут быть использованы для подобных исследований.

### 3. Сравнительный анализ результатов позиционных наблюдений избранных малых планет.

Ранее нами [22] были оценены данные ошибки каталогов Yall, SAOC и AGK3 по наблюдениям 9 избранных малых планет, проводившимся в ГАО АН УССР в 1952-1976 гг. С этой целью были определены средние значения невязок (O-C) для отдельных площадок неба и их систематические составляющие по прямому восхождению и склонению. Было установлено, что невязки вида (O-C)<sub>δ</sub> в системе всех трех каталогов одинаковым образом изменяются от прямого восхождения. Это может свидетельствовать о том, что соответствующие ошибки всех трех каталогов одинаковы. С другой стороны, эта закономерность может свидетельствовать о наличии в (O-C) какой-то сильновыраженной локальной составляющей, присутствующей

Наблюдения в ГАО АН УССР (!)

Представляло интерес распространить предпринятое исследование на наблюдения других обсерваторий. Мы остановим свой выбор на НО ГАО АН СССР, ГАО АН СССР, ГАИШ. Результаты наблюдений Николаевской обсерватории были нами взяты из публикаций. Массивы ( 0 - С ) по наблюдениям ГАО АН СССР и ГАИШ нам любезно предоставили коллеги из ИТА АН СССР. Заодно были продублированы массивы по наблюдениям ГАО АН УССР и НО ГАО АН СССР. Всего использовано 3994 наблюдения. Распределение данных по обсерваториям и каталогам дано в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Распределение наблюдений по обсерваториям  
и опорным каталогам

Обсерватория каталог	Голосеево	Пулково	Николаев	Москва
Yale	325	933	682	569
SAOC	121	7	115	111
AGK3	36	244	188	663
<b>ВСЕГО</b>	<b>482</b>	<b>1184</b>	<b>985</b>	<b>1343</b>

Редуцируя (с помощью деппенденсов и соответствующих разностей координат опорных звезд) наблюдения, обработанные, например, в системе Йельских каталогов, к каталогам SAOC и AGK3, а наблюдения, обработанные в системе SAOC и AGK3, к другим каталогам, мы получим три массива значений 0-С для одних и тех же наблюдений, но отнесенных к трем разным системам координат. Такая процедура была проделана для голосеевских (ГАО АН УССР) и Николаевских наблюдений. Кроме того, используя систематические разности Yale - GC [39] и GC - FK4 [37], мы при-

вели "Йельские" части к FK4 и получили по четвертому массиву данных для голосеевской и николаевской обсерваторий. Операция по переводу на FK4 была сделана также для московских и пулковских наблюдений.

По каждому из полученных массивов значений  $0-C$  и их совокупностей были посчитаны средние значения невязок  $0-C$  для отдельных площадок неба  $4^h \times \sim 7^0$ . Выбор схемы разбиения на площадку и методики подсчета средних описаны в [21, 22]. В табл. 3.2 и 3.3 приводим указанные средние для суммарной совокупности невязок  $0-C$ , которые были определены на четырех обсерваториях в системе Йельских каталогов. Там же даны средние квадратичные отклонения. Соответствующие значения, которые получены после перевода "~~Йельских~~" невязок на систему FK4, приведены в табл. 3.4 и 3.5. Затем было проведено попарное сравнение массивов средних значений невязок и вычислены коэффициенты корреляции. В табл. 3.6 приведены некоторые из них.

Анализируя полученные данные приходим к следующим заключениям:

1. Наблюдения на разных обсерваториях, имея свои особенности, в общем согласуются между собой. Особенно хорошее согласие имеет место между  $(0-C)_g$  - коэффициент корреляции практически всегда (за исключением единичных случаев) больше 0.5. Это является подтверждением высказанного [22] ранее заключения о сходности систем склонений каталогов Yale, SAOC, AGK3 и FK4.
2. В систематическом отношении наиболее близкими являются невязки, полученные в системе SAOC и FK4, - коэффициент корреляции равен 0.8 - 0.9. Это свидетельствует о том, что системы SAOC и FK4 фактически не отличаются друг от друга. Следовательно, допустимо пользоваться систематическими разностями Yale-GC и GC-FK4 для перевода обработанных с "Йельскими" звездами наблюдений в систему FK4 и таким образом, избежать трудоемкой

процедуры по переводу "Йельских" наблюдений в систему SAOC с помощью деппенсов и разностей координат опорных звезд.

3. Для пар с участием  $(O - C)_\alpha$  в системе AGK3 коэффициент корреляции меньше 0.5. По-видимому, это свидетельствует о том, что система прямых восхождений этого каталога отличается от систем прямых восхождений Yale, SAOC и AGK3.<sup>FKY</sup>

#### 4. Позиционные наблюдения и определение координат избранных тел Солнечной системы

Фотографические наблюдения избранных тел Солнечной системы (ТСС) с целью определения их точных положений были проведены с помощью нескольких телескопов и на нескольких наблюдательных пунктах. В частности, были продолжены многолетние ряды систематических наблюдений избранных малых планет, Марса, Юпитера, Сатурна с помощью двойного астрографа 400/2000 (ДША, Голосеево). Методика этих наблюдений - та же, что и в предыдущие годы [21, 23, 27].

В связи с участием в работах по астрономическому обеспечению космического проекта "ФОБОС" был опробован и в последствии активно использовался для фотографических наблюдений 60-см рефлектор Цейсс-600. С помощью 60-см рефлекторов на г. Майданак (УзССР) и обсерватории Санта Ана (Боливия) выполнены наблюдения Марса, Урана, Нептуна и их спутников, спутников Юпитера и Сатурна.

Всего за 1986-1990 гг. получено 505 пластинок. Распределение пластинок по объектам дано в табл. 4.1

Определение положений тел Солнечной системы велось в соответствии с требованиями Всесоюзной программы "ОРБИТА", а также всесоюзных программ по астрономическому обеспечению космических проектов "ВЕГА" и "ФОБОС". Всего в 1986-1990 гг. определено 1485 положений. Часть результатов опубликована (табл. 4.2). Применялись разные телескопы и разные опорные каталоги. Ошибки единицы веса в среднем оказались равны  $\sim 1''$  (SAOC, ДАЦ),  $0.7''$  (AGK3, ДША),



Таблица 3.2

Средние и с.к.о невязок  $(O - C)_\alpha$  в системе Yale  
 для отдельных площадок неба по совокупности  
 наблюдений избранных малых планет ГАО АН УССР,  
 ГАО АН СССР,НО ГАО АН СССР, ГАИШ в  $0.001^s$

$\delta$ - зоны	$\alpha$ - зоны					
	0 <sup>h</sup> - 4 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup> - 8 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup> - 12 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup> - 16 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup> - 20 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup> - 24 <sup>h</sup>
-30°-20°	2	-	-	-	4	3
	-	-	-	-	25	38
-20°-14°	15	9	-	-2	-9	9
	11	50	-	25	23	23
-14°-10°	10	-	-	7	-21	9
	26	-	-	22	25	26
-10°-2°	3	40	18	-1	-8	2
	21	4	18	27	18	19
-2 -+5	-11	-11	7	-9	-3	-13
	21	26	17	19	34	34
+ 5-+9	-12	-2	-5	-13	-11	-13
	24	15	19	20	25	15
+9-+15	-2	3	10	-1	1	-5
	14	19	15	20	20	21
+15-+20	-3	5	14	25	3	13
	16	14	19	23	11	4
+20-+30	2	-4	9	17	3	-
	11	18	23	16	27	-
+30-+38	-	4	37	-	-	-
	-	18	21	-	-	-

Таблица 3.3

Средние и с.к.о невязок ( $0 - C$ )<sub>g</sub> в системе Yale  
 для отдельных площадок неба по совокупности  
 наблюдений избранных малых планет ГАО АН УССР,  
 ГАО АН СССР, НО ГАО АН СССР, ГАИШ в 0.01''

δ-зоны	α-зоны					
	0 <sup>h</sup> - 4 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup> - 8 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup> - 12 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup> - 16 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup> - 20 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup> - 24 <sup>h</sup>
-30° - -20°	-43	-	-	-	-30	- 9
	-	-	-	-	20	34
-20° - -14°	43	- 3	-	18	- 2	11
	29	20	-	28	24	21
-14° - -10°	22	-	-	5	26	20
	18	-	-	26	31	29
-10° - -2°	-40	-72	-68	-25	-29	-23
	26	31	32	23	30	32
-2° - +5°	-28	-68	-39	-26	-25	-36
	29	19	28	25	44	25
+5° - +9°	-28	-18	- 8	17	19	9
	28	30	29	21	44	30
+9° - +15°	-25	-20	-19	- 4	2	10
	24	27	28	27	30	49
+15° - +20°	-53	-37	-22	-34	-17	- 7
	28	20	23	18	26	8
+20° - +30°	-25	- 6	- 1	-10	14	-
	7	31	24	12	41	-
+30° - +38°	-	-11	2	-	-	-
	-	21	20	-	-	-

Таблица 3.4

Средние и с.к.о невязок  $(0 - c)_{\alpha}$  в системе FK4  
 для отдельных площадок неба по совокупности  
 наблюдений избранных малых планет ГАО АН УССР,  
 ГАО АН СССР, НО ГАО АН СССР, ГАИШ в  $0.001^s$

$\delta$ -зоны	$\alpha$ -зоны					
	0 <sup>h</sup> - 4 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup> - 8 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup> - 12 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup> - 16 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup> - 20 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup> - 24 <sup>h</sup>
-30° - -20°	- 5	-	-	-	- 6	-11
	-	-	-	-	25	33
-20° - -40	- 2	15	-	10	-19	-20
	23	59	-	18	29	25
-14° - -10	1	-	-	22	-20	-20
	38	-	-	13	33	32
-10° - -2	-16	14	- 1	-11	-34	-28
	22	21	20	29	20	19
-2° - +5	-11	- 6	3	- 0	- 1	- 5
	24	25	18	17	36	33
+5° - +9	-10	7	-13	-11	- 4	- 2
	18	14	22	23	25	19
+9° - +15	- 1	0	12	5	4	10
	15	19	20	25	22	20
+15° - +20	1	7	4	23	3	14
	17	16	20	25	12	4
+20° - +30	-21	- 5	0	30	-13	-
	10	21	22	11	32	-
+30° - +38	-	4	47	-	-	-
	-	18	20	-	-	-

Таблица 3.5

Средние и с.к.о невязок ( $0 - \epsilon$ )<sub>g</sub> в системе FK4 для отдельных площадок неба по совокупности наблюдений избранных малых планет ГАО АН УССР, ГАО АН СССР, НО ГАО АН СССР, ГАИШ в 0.01''

$\delta$ -зоны	$\alpha$ -зоны					
	0 <sup>h</sup> - 4 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup> - 8 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup> - 12 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup> - 16 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup> - 20 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup> - 24 <sup>h</sup>
-30° - -20°	-12	-	-	-	+ 6	47
	-	-	-	-	34	39
-20° - -14°	9	-24	-	9	- 5	7
	26	34	-	22	16	27
-14° - -10°	-19	-	-	-17	10	- 5
	8	-	-	24	34	32
-10° - -2°	- 5	-47	-60	-10	21	23
	24	47	31	24	36	33
-2° - +5°	- 4	-42	-32	-24	- 1	- 3
	36	19	23	25	48	40
+5° - +9°	-20	- 3	- 5	- 9	46	42
	29	35	27	25	37	38
+9° - +15°	8	11	-11	4	21	49
	26	29	26	31	31	51
+15° - +20°	1	- 5	- 3	-13	27	59
	29	18	25	21	28	5
+20° - +30°	-33	-32	-32	-43	-33	-
	0	35	40	31	51	-
+30° - +38°	-	-15	-19	-	-	-
	-	20	20	-	-	-

Значения выборочного коэффициента корреляции между небудами (0-с), вычисленными в системе иельских каталогов (Y), SAOC(S), АВКЗ(A) и FМ(F) по наблюдениям в Голосеево, Николаеве, Пулково и Москве.

Голосеево			Николаев			Голосеево+Николаев			<del>Голосеево+Николаев+Пулково+Москва</del>		
пары	r	n	пары	r	n	пары	r	n	пары	r	n
<sup>σ<sub>1</sub>σ<sub>2</sub></sup> (0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>S</sub> mod	0.73	33	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>S</sub> mod	0.62	44	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>S</sub> mod	0.61	46	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>S</sub> mod	-	-
Те же по δ	0.65	33	Те же по δ	0.70	44	Те же по δ	0.74	46	Те же по δ	-	-
<sup>σ<sub>1</sub>σ<sub>3</sub></sup> (0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.69	33	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.58	44	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.60	46	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.59	49
Те же по δ	0.51	33	Те же по δ	0.47	44	Те же по δ	0.57	46	Те же по δ	0.40	49
<sup>σ<sub>1</sub>σ<sub>3</sub></sup> (0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	0.49	23	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	0.50	31	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	0.41	33	(0-с) <sub>Y</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	-	-
Те же по δ	0.42	23	Те же по δ	0.70	31	Те же по δ	0.64	33	Те же по δ	-	-
<sup>σ<sub>2</sub>σ<sub>3</sub></sup> (0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.76	33	(0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.90	44	(0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.82	46	(0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	-	-
Те же по δ	0.81	33	Те же по δ	0.84	44	Те же по δ	0.88	46	Те же по δ	-	-
<sup>σ<sub>2</sub>σ<sub>3</sub></sup> (0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	0.62	23	(0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	0.37	31	(0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	0.37	33	(0-с) <sub>S</sub> и (0-с) <sub>A</sub> mod	-	-
Те же по δ	0.66	23	Те же по δ	0.78	31	Те же по δ	0.73	33	Те же по δ	-	-
<sup>σ<sub>3</sub>σ<sub>3</sub></sup> (0-с) <sub>A</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.52	23	(0-с) <sub>A</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.40	31	(0-с) <sub>A</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	0.34	33	(0-с) <sub>A</sub> и (0-с) <sub>F</sub> mod	-	-
Те же по δ	0.61	23	Те же по δ	0.62	31	Те же по δ	0.63	33	Те же по δ	-	-
Примечание. (См. вступительную таблицу)											

29

100

Результаты:

Коррелируемость коррелирует  
между  $(O-C)_Y$  и  $(O-C)_F$  <sup>(49 пар)</sup>  $\sqrt{r_{OY}}$

В совокупности в диапазоне Толстеев +  
Николаев + Туляков + Москва и др.

~~79 объектов~~

таблица соответствия по д и б.

0.59 и 0.40

0,3" (АБКЗ, РРМ, ДДА) и 0,3" - 0,4" (Цейсс-600).

Параллельно с определением координат ТСС осуществлялся поиск решений некоторых методических вопросов этой проблемы. В частности, в связи с применением малопольных ( $\varnothing \sim 40'$ ) снимков, получаемых на 60-см рефлекторах, возникла необходимость в выполнении работ по определению положений промежуточных опорных звезд и решению ряда связанных с этим задач. Особое внимание было уделено выбору оптимальных моделей <sup>e</sup>редукционных вычислений. Совершенствование методики обработки астронегативов было направлено также на уменьшение некоторых обнаруженных ранее [23,14] систематических погрешностей, в частности "уравнения блеска".

Результаты этих исследований приведены в публикациях авторов [24,15,18] и отчете [ 96 ].

#### 5. Фотографические наблюдения и определение положений оптических двойников избранных радиоисточников в 1986-1990 гг.

Работу по определению положений оптических двойников избранных радиоисточников можно условно разбить на три этапа:

- а) получение наблюдательного материала;
- б) исследование телескопов с целью оценки точности определения положений объектов;
- в) определение положений звезд промежуточной опорной системы и самих внегалактических радиоисточников.

Наблюдения были начаты в рамках всесоюзной программы по наблюдениям внегалактических радиоисточников [ 17 ] и продолжены в отчетный период (1986-1990). Задача состояла в том, чтобы наряду с глубокими снимками для получения изображений радиоисточников, фотографировать области неба на широкоугольные пластинки с целью получения промежуточной опорной системы. Для решения этой

Таблица 4.1

Сведения о наблюдениях тел Солнечной системы в  
ГАО АН УССР (по состоянию на 1 января 1991 г.)

Объекты	Начало наблюдений, год	Количество пластинок получено					Количество положений, определенных	
		до 1986.0		в 1986-1990 гг.			до 1986.0	1986-1990
		на ДДА	на ДША	на ДША	на ДАЦ	на Ц-600		
Венера	1960	354	6	-	-	-	284	-
Марс + Спутники	1962	554	25	-	10	170	657+165	504+453
Юпитер + Спутники	1962	225	76	46	4	25	56+ 0	0+ 60
Сатурн + Спутники	1962	146	50	21	2	33	92+348	-
Уран + Спутники	1963	5	19	-	1	21	-	18+ 35
Нептун + Спутники	1963	3	14	-	1	13	-	18+ 8
Плутон	1979	2	21	2	-	-	-	-
Астероиды	1950	716	952	156	-	-	734	341
Кометы	1950	146	343	-	-	-	334	48
<b>ВСЕГО</b>		<b>2151</b>	<b>1506</b>	<b>225</b>	<b>18</b>	<b>262</b>	<b>2670</b>	<b>1485</b>



Таблица 4.2

Сведения об опубликованных положениях  
тел Солнечной системы

Объект	Период наблюдений	К-во положений	Источник
Марс	1980-1988	504	[15, 24, 26, 31, 33]
Спутники Марса	1980-1988	453	[15, 24, 26, 31]
Спутники Юпитера	1980, 1987, 1989	60	[26]
Сатурн	1980	88	[26]
Спутники Сатурна	1980	348	[26]
Уран	1990	18	[26]
Спутники Урана	1990	35	[26]
Нептун	1990	18	[26]
Тритон	1990	8	[26]
Избранные малые планеты		139	
в том числе:			
1. Церера	1984	1	[25]
2. Палада	1976-1978, 1983	21	[5, 7, 25]
3. Юнона	1978, 1983	12	[5, 25]
4. Веста	1978, 1983, 1985	11	[7, 25]
5. Геба	1978, 1979, 1983, 1986	11	[5, 25, 26]
67. Ирида	1978, 1986	6	[5, 25]
11. Партенопа	1977, 1985	4	[5, 7, 125]
18. Мельпомена	1983, 1984	4	[7, 25]
25. Фокея	1977, 1978	5	[5]
39. Летиция	1983	10	[25]
40. Гармония	1977-1979, 1986	20	[5, 25, 26]
148. Галия	1977, 1979, 1984	4	[5, 25, 26]
389. Индустрия	1977, 1978, 1984	6	[5, 25]
480. Ганза	1978	1	[5]
532. Геркулина	1978, 1985	11	[7, 25]
568. Херуския	1978	6	[7]
582. Олимпия	1978	4	[5]
704. Интерамния	1977, 1979	11	[5, 26]

## Продолжение таблицы 4.2

Объект	Период наблюдений	К-во положений	Источник
Остальные малые планеты: (5, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 33, 41, 51, 60, 63, 64, 74, 121, 122, 154, 160, 173, 199, 237, 238, 246, 284, 326, 419, 421, 427, 472, 495, 511, 516, 790, 850, 885, 914, 1031, 1064, 1186, 1341, 1731, 1777)	1976-1979, 1987	202	[2, 3, 4, 6]
Кометы		148	
в том числе:			
комета Галлея	1985, 1986	130	[1, 8, 34]
комета Бредфилда	1987	15	[35]
комета Дж.-Циннера	1985	3	[13]

задачи были использованы следующие инструменты: Голосеевский двойной астрограф Цесса (400/2000,  $M = 103''$  /мм); рефлектор системы Шмидта (500/1775,  $M = 120''$  /мм), установленный в Буркане, рефлектор системы Кассегрена (600/7500,  $M = 28''$  /мм), установленный на г. Майданак УзССР. Программа наблюдений включала  $\sim 60$  объектов не слабее  $18.5^m$ . Всего в период 1986–1990 гг. получено 190 пластинок с изображением радиоисточников и 184 пластинки для определения звезд промежуточной опорной системы. Кроме того, в Боливии снято 73 радиоисточника (106) пластинок.

Поскольку пластинки с изображением внегалактических радиоисточников были получены на зеркальных телескопах, появилась необходимость исследования их астрометрических свойств. Наряду с качеством изображения, было оценено влияние дисторсии, и, если это было возможно, – комы и уравнения яркости на положения звезд. Оптимальная редуцированная модель связи измеренных и тангенциальных координат была подобрана как с помощью статистического критерия Эйхгорна–Вильямс [29], так и путем анализа средних квадратических ошибок единицы веса, которые дают разные модели. Результаты этих исследований изложены в работах [18, 20]. Для пластинок 50-см рефлектора коэффициент дисторсии уверенно определяется и изменяется в пределах от  $+0.27 \cdot 10^{-6}$  мм/мм<sup>3</sup> до  $+0.31 \cdot 10^{-6}$  мм/мм<sup>3</sup>. Для связи измеренных и тангенциальных координат наиболее подходящей оказалась модель, включающая наряду с линейными членами, члены, учитывающие наклон пластинки и дисторсию снимка, если измеренные координаты не были исправлены за дисторсию предварительно. Для 60-см рефлектора, на наш взгляд, наиболее целесообразной является модель, содержащая линейные и квадратичные члены за наклон пластинки. Для оценки влияния на положения звезд на фотопластинке эффектов типа инструментального уравнения блес-

ка были сопоставлены сферические координаты одних и тех же звезд, определенных по пластинкам, полученным при положении телескопа "труба запад" и "труба восток." С этой целью в октябре 1988 г. были получены четыре пластинки с областью  $h Per$  в часовых углах от  $-10^m$  до  $+30^m$  с экспозициями  $5^m$ . На каждой из четырех пластинок измерены координаты 30-40 звезд. Положения 15-ти звезд были определены по 20-25 опорным, в число которых определяемые не входили. Исходным служил каталог точных положений 100 звезд  $\sim 12^m - 13^m$  в окрестностях  $h Per$  на эпоху наблюдений 1986.9 [9], из него же взяты значения  $\alpha$  и  $\delta$  для дальнейшего сравнения.

Для каждой из четырех пластинок было определено 15 разностей типа  $(\alpha_{\text{выл}} - \alpha_{\text{кат}})$  и  $(\delta_{\text{выл}} - \delta_{\text{кат}})$  и для 3-х пластинок (так как центр одной из пластинок был сдвинут относительно остальных  $\sim$  на  $1.5^m$  по  $\alpha$  и поля только частично перекрывались) возможные комбинации  $(\alpha_W - \alpha_E)$ ,  $(\delta_W - \delta_E)$ ,  $(\alpha_W - \alpha_W)$ ,  $(\delta_W - \delta_W)$  с их средними значениями и средними квадратическими отклонениями. Эти величины представлены в таблицах 5.1 и 5.2. Анализируя их, можно видеть отличие величин  $(\alpha_{\text{выл}} - \alpha_{\text{кат}})_E$  и  $(\alpha_{\text{выл}} - \alpha_{\text{кат}})_W$ ; противоположные знаки разностей  $(\alpha_E - \alpha_E)$  и  $(\alpha_E - \alpha_W)$ ; а также устойчивые отрицательные значения всех разностей по  $\delta$ . Природу этих эффектов вряд ли можно объяснить уравнением яркости, так как исходный каталог содержит звезды в небольшом интервале звездных величин и нельзя построить достоверной зависимости индивидуальных разностей типа  $(\alpha_W - \alpha_E)$  от  $m$ . Скорее всего причина кроется в том, что в период наблюдений, когда были получены исследуемые снимки, телескоп был плохо отъюстирован и изображения звезд на них имеют сложную структуру, меняющуюся по полю. При другой юстировке телескопа значения разностей, вероятно, изменятся, как впрочем, может измениться и вид

Таблица 5.1

Результаты сравнения вычисленных координат  
звезд с их каталожными координатами

Номер пластинки	Положение трубы	$(\alpha_{\text{выч.}} - \alpha_{\text{кат.}})$ $\times \cos \delta$	$\sigma_{\alpha}$	$(\delta_{\text{выч.}} - \delta_{\text{кат.}})$	$\sigma_{\delta}$	$V_{\text{набл.}}$	
						$\alpha$	$\delta$
441	W	0.02 "	0.08 "	-0.04 "	-0.11 "	0.96	1.40
442	W	0.05	0.09	-0.03	0.07	2.15	1.65
443	E	-0.07	0.11	-0.06	0.10	2.46	2.32
444	E	-0.02	0.07	-0.01	0.10	1.11	0.38
$V_{\text{кр.}} = 2.58 (\alpha = 0.01)$							

Таблица 5.2

Результаты сопоставления вычисленных по  
разным пластинкам координат звезд

Номера со- поставляе- мых пластинок	Положение трубы	$\Delta \alpha \cdot \cos \delta$	$\sigma_{\Delta \alpha}$	$\Delta \delta$	$\sigma_{\Delta \delta}$	$V_{\text{набл.}}$	
						$\alpha$	$\delta$
441-442	W-W	-0.02	0.11	-0.02	0.06	0.89	1.29
441-444	E-W	0.04	0.11	-0.05	0.12	1.43	1.61
442-444	E-W	0.07	0.11	-0.03	0.08	2.40	1.45
$V_{\text{кр.}} = 2.58 (\alpha = 0.01)$							

оптимальной редуцированной модели. Поэтому, такую работу надо будет время от времени повторять.

Определение положений слабых оптических двойников радиоисточников - задача, требующая для своего решения создания промежуточной опорной сети звезд более слабых, чем те, которые содержат опорные каталоги. Это необходимо делать, чтобы с одной стороны, избавиться от уравнения яркости, которое, вероятно, будет влиять на положения радиоисточников, так как средняя разность звездных величин между ними и звездами опорных каталогов  $-9$ , с другой стороны, чтобы обеспечить опорные сети звезд на пластинках рефлекторов, покрывающих, как правило, малые поля неба. Для создания каталога промежуточной опорной системы слабых звезд были обработаны пластинки 50-см рефлектора Шмидта и Двойного астрографа Цесса, полученные по специальной методике.

Методика состоит в том, что на одну пластинку делается два снимка с экспозицией разной длительности [12]. Это дает возможность компенсировать разность в блеске между определяемой и опорной системами звезд, и, посредством этого, увеличить допустимое время экспозиции, что, в свою очередь, приводит к существенному увеличению количества слабых звезд, которое можно использовать в качестве опорных на пластинках с изображением радиоисточников. Поскольку часть материала была получена в рамках всесоюзной программы [17], то придерживаясь требуемой тогда методики на пластинки делалось два снимка одинаковой длительности. В этом случае положение звезды получается как среднее из положений, определенных по двум экспозициям. Как правило, мы пытаемся использовать для получения координат опорных звезд две пластинки, полученные при положениях телескопа "труба - восток" и "труба - запад", на каждой из которых имеются два снимка с экспозициями одинаковой или разной длительности. Обработка ведется по стандартной методике: 25-30

звезд из каталогов AGK3, SAO, PPM, равномерно распределенные по рабочему полю пластинки, служат опорными, измерения проводятся на "Аскорекарде", обработка ведется методом I2 постоянных с учетом членов наклона пластинки и дисторсии снимка [20]. Положение звезды вторичной опорной системы определяется со средней по нескольким областям и обеим координатам средней <sup>дра</sup>квартичной ошибкой  $0.47''$  для каталога AGK3 и  $-0.33''$  для каталога PPM. Точность положений звезд по внешней сходимости можно оценить сравнивая положения одних и тех же звезд, определенных разными авторами. В таблице 5.3 даны результаты сравнения координат звезд, определенных нами и Инасаридзе Р.Я. [16] для некоторых радиоисточников.  $\overline{\Delta \alpha \cos \delta}$  и  $\overline{\Delta \delta}$  определены, как правило, по 8-10 звездам, ошибка в их координатах характеризуется средним квадратическим отклонением, которое иногда достигает  $0.6''$ . Средние значения разностей составляют  $0.11'' \pm 0.14''$  по  $\alpha$  и  $0.13'' \pm 0.12''$  по  $\delta$  и не показывают наличия в них систематической составляющей. К настоящему моменту составлен каталог 400 положений звезд промежуточной опорной системы, который переводится сейчас в систему FK-5. Вокруг каждого радиоисточника имеется 15 - 20 опорных звезд, которые распределены равномерно, насколько это возможно, в области радиусом  $20'$ . Измерения и обработка пластинок производится стандартным способом с использованием редуцированной модели с 6 или 10 постоянными (включая члены за наклон пластинки), в зависимости от количества опорных звезд в каждом конкретном случае. В таблице 5.4 представлены разности O-P координат 15 радиоисточников в оптическом и радиодиапазонах, определенные с помощью инструментов разных классов: зеркально-линзового телескопа системы Шмидта, рефлектора системы Кассегрена, а объекты 0955 + 326 и 316 + 413 - с помощью широкоугольного астрографа. Координаты для сравнения в радиодиапазоне были взяты из [42],

для объекта 0955 + 326 из [ 40 ]. Положения радиисточников, за исключением 0607 - I50, даны в системе каталога AGK3, а 0607 - I50 - в системе каталога SAO. В таблице приведены также средние квадратические ошибки единицы веса для объекта ( $\varepsilon$ ) и звезд вторичной опорной системы ( $E$ ), средние квадратические отклонения  $\sigma_\alpha$  и  $\sigma_\delta$ , которые получены из сравнения положений объекта, определенных по нескольким пластинкам. Средние по всем объектам разности  $O-P$  составляют  $0.03'' \pm 0.24''$  и  $-0.04'' \pm 0.21''$  по  $\alpha$  и  $\delta$  соответственно. Средние квадратические отклонения  $\sigma_\alpha$  и  $\sigma_\delta$  равны  $0.20''$  и  $0.15''$ , что говорит о том, что положения радиисточников определяются с хорошей для фотографического метода точностью и не содержат в себе систематической составляющей, по крайней мере, на том уровне точности, с которой они определены.

В таблице 5.5 даны положения 15 радиисточников в системе каталога AGK3 с указанием инструмента, с помощью которого они получены, а также количество пластинок участвующих в обработке. Работы, ведущиеся в ГАО АН УССР, по определению координат радиисточников не завершены и будут продолжены в будущем.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения НИР получены следующие основные результаты:

1. введен в практику позиционных наблюдений тел некоторых спутников планет и радиисточников 60 - см рефлектор Цейсс-600. Опыт эксплуатации показал, что этот телескоп вполне пригоден для определения точных координат небесных объектов  $13^m - 18^m$ ;
2. Проведены позиционные фотографические наблюдения различных тел Солнечной системы, радиисточников и фундаментальных звезд. В течение 1986 - 1990 г.г. с помощью астрографов (ДША в Голосееве и ДАЦ в Китабе) и 60-см рефлекторов (на г. Майданак и в Бо-



Результаты сравнения координат звезд,  
определенных в ГАО АН УССР и Абастумани

Таблица 5.3.

№ радиосточника	$\Delta\alpha \cos\delta$	$\sigma_{\Delta\alpha}$	$\overline{\Delta\delta}$	$\sigma_{\Delta\delta}$
0229+132	-0".17	0".19	+0".15	0."30
0333+321	0.37	0.44	0.09	0.31
0735+178	0.27	0.24	-0.17	0.20
0736+017	-0.10	0.27	0.23	0.26
0839+187	0.60	0.37	0.64	0.26
0955+326	-0.29	0.49	-0.17	0.60

Разности координат в оптическом и радиодиапазонах  
для некоторых радиоисточников

Таблица 5.4.

Номер радиоисточника	<sup>3B.</sup> Величина	$(\sigma-p)_\alpha \cos \delta$	$(\sigma-p)_\delta$	$\sigma_\alpha$	$\sigma_\delta$	$\varepsilon$	$E$
0056-001	18.0	-0."09	-0."26	0."15	0."18	0."17	0."50
0300+470	18.0	-0.17	-0.22	0.31	0.18	0.17	0.40
0316+413	12.7	0.18	-0.17	-	-	-	0.50
0333+321	17.5	0.18	-0.06	0.25	0.11	0.23	0.48
0336-019	17.9	0.06	0.48	0.36	0.26	0.29	0.56
0430+052	15.0	-0.09	0.10	0.18	0.35	0.30	0.50
0457+024	18.0	-0.01	0.18	0.15	0.03	0.25	0.40
0607-150	17.0	-0.25	-0.31	-	-	0.26	1.50
0735+178	16.5	-0.03	-0.03	-	-	0.17	0.40
0736+017	18.0	-0.36	-0.04	0.10	0.06	0.19	0.38
0839+187	16.5	0.51	-0.13	0.13	0.13	0.20	0.55
0851+202	14.5	0.06	-0.12	-	-	0.29	0.44
0955+326	16.0	0.02	-0.27	-	-	0.14	0.50
1546+027	18.0	0.15	0.11	0.17	0.09	0.28	0.40
2134+004	18.0	0.46	0.12	-	-	0.88	0.52

Оптические положения некоторых радиосточников,  
определенных в ГАО АН УССР

Таблица 5.5.

№ радиосточника	Инструмент	$\alpha$ 1950.0			$\delta$ 1950.0			Количество пластинок
		<sup>h</sup>	<sup>m</sup>	<sup>s</sup>	<sup>°</sup>	<sup>'</sup>	<sup>''</sup>	
0056-001	60-см	00	56	31.750	-00	09	18.45	2
0300+470	50	03	00	10.095	47	04	33.47	2
0316+413	40	03	16	29.585	41	19	51.75	1
0333+321	50	03	33	22.419	32	08	36.60	2
0336-019	50+60	03	36	58.958	-01	56	16.47	4
0430+052	50+60	04	30	31.596	05	14	59.71	5
0457+024	60	04	57	15.540	02	25	05.78	3
0607-150	50	06	07	25.964	-15	42	03.62	1
0735+178	60	07	35	14.118	17	49	09.23	1
0736+017	60	07	36	42.489	01	54	00.16	2
0839+187	60	08	39	14.120	18	46	27.12	3
0851+202	60	08	51	57.256	20	17	58.29	1
0955+326	40	09	55	25.410	+32	38	22.78	1
1546+027	60	15	46	58.301	02	46	06.16	3
2134+004	60	21	34	06.237	00	28	25.21	1

ливии) получено свыше 900 астронегативов;

3. выполнена обработка нескольких рядов наблюдений Марса, Юпитера, Урана, Нептуна и их спутников, некоторых астероидов, комет и радиоисточников. Определено свыше 1500 точных положений этих объектов;

4. проведен сравнительный анализ положений избранных малых планет по наблюдениям ГАО АН УССР, ГАО АН СССР, НО ГАО АН СССР и ГАИШ. Установлено, что одни и те же наблюдения, будучи обработаны с применением каталогов *Yale*, SAOC и AGK3, дают разные  $O-C$ . Применение SAOC и таблиц систематических разностей *Yale-GC* и *GC-FK4* приводит к практически одинаковым результатам;

5. выполнен спектральный анализ  $O-C$  кометы Галлея в появлении 1986 г. Определены периодические составляющие изменений  $O-C$  в диапазоне 2 - 50 дней. Некоторые среди них согласуются с периодическими компонентами вариаций блеска кометы, выявленными другими авторами;

6. исследовано влияние продолжительности экспозиции на взаимное расположение изображений звезд. Установлено, что суммарное действие аббераций телескопа и неоднородностей атмосферы при разных экспозициях проявляется по-разному.

Анализ полученных результатов позволяет заключить следующее:

1. выполнен большой объем работы по определению точных положений тел Солнечной системы и, таким образом, сделан существенный вклад в выполнение Всесоюзной долгосрочной программы "ОРБИТА", а также целевых программ "СОПРОГ" и "ФЕБОС";

2. С целью повышения надежности результатов позиционных фотографических наблюдений необходимо вводить эти наблюдения постановкой специальных исследований по выявлению и исключению различных систематических и случайных факторов.

## Список использованных источников.

1. Ахвердян Л.Г. и др. Позиционные наблюдения кометы Галлея в Бюракане // Позиционные наблюдения в СССР кометы Галлея в появлении 1986 г. - Киев:Наукова думка, 1990.-С.83-85.
2. Головня В.В. Положения малых планет в 1987 г. по наблюдениям, выполненным в ГАО АН УССР -Киев, 1990.-6с (Депонир рукопись ВИНТИ, №2647-В80Деп.).
3. Головня В.В., Майор С.П., Мороз Г.В. Наблюдения малых планет в ГАО АН УССР в 1976 г. - Киев, 1986.-6с (депонир.рукопись ВИНТИ, №3584-В86Деп.).
4. Головня В.В. и др. Положения малых планет в 1977-1978 гг. по наблюдениям, выполненным в ГАО АН УССР. - Киев, 1987.-7с. (депонир.рукопись ВИНТИ, № 7137-В87Деп.).
5. Головня В.В. и др. Положения избранных малых планет в 1977-1978 гг. по наблюдениям, выполненным в ГАО АН УССР с помощью двойного астрографа 400/2000. - Киев, 1987-16с (депонир.рукопись ВИНТИ, №7136-В87Деп.).
6. Головня В.В. и др. Положения малых планет 246 Аспорина, 427 Галена, 850 Альтона и 1064 Этуса на 1979 г. - Киев, 1988.- 9с (Депонир.рукопись ВИНТИ, №23-В88Деп.).
7. Головня В.В. и др. Положения избранных малых планет в 1978-1979гг. по наблюдениям, выполненным в ГАО АН УССР с помощью двойного астрографа 400/2000 в ГАО АН УССР, - Киев, 1988.-14с (Депонир.рукопись ВИНТИ, №4712-В88Деп.).
8. Головня В.В. и др. Фотографические наблюдения кометы Галлея в ГАО АН УССР //Позиционные наблюдения в СССР кометы Галлея в появлении 1986 г. - Киев, Наукова думка, 1990, с.33-35.
9. Евстегнеева И.М., Шокин Ю.А., Юферев А.О.// Точные положения опорных звезд в рассеянных скоплениях  $h$  и  $\chi$  Персея//Тр.Гос.астрон.ин-та им. П.К.Штернберга.-1989.-№1.-С.194-202.

10. Емец А.И., Яцкив Я.С. О применении метода оценивания спектра с максимальной энтропией для изучения свободной близсуточной нутации//Астрономия и астрофизика.-1976.-Вып.29.-С.3-7.
11. Иванов Г.А. К вопросу об исследовании уравнения блеска//Астрометрия и астрофизика.-1983.-Вып.48.-С.59-63.
12. Иванов Г.А., Онегина А.Б., Яценко А.И. Модель учета уравнения блеска с использованием экспозиций разной длительности//Там же.-1984.-Вып.53.-С.53-56.
13. Ижакевич Е.М., Сизоненко Ю.В. Позиционные наблюдения кометы ~~Танини~~ Джакобини-Циннера (1984) в Киеве//Кометный циркуляр.-1986.-№349.
14. Ижакевич Е.М., Майор С.П. Определение топоцентрических координат Сатурна и его спутников в ГАО АН УССР//Современная астрометрия.-Л:ГАО АН УССР,1987.-С.316-317.
15. Ижакевич Е.М. и др. Позиционные наблюдения Марса и его спутников в 1988 г.-Киев,1990.-24с.(Депонир.рукопись ВИНТИ, №3888-В90Деп.),
16. Инасаридзе Р.С. Точные положения промежуточных опорных звезд вокруг радиооптических источников//Бюлл.Абастуманской астроф.обсерватории.-1987.-№62.-С.139-154.
17. Кумкова И.И. Итоги выполнения программы *ROAS*//Современная астрометрия.-Л:ГАО АН УССР,1987.-С.144-146.
18. Ледовская И.В., Майор С.П., Шатохина С.В. Астрометрические свойства телескопов умеренных размеров. Там же.-С.407-409.
19. Ледовская И.В., Майор С.П. Коэффициент атмосферной дисперсии. объективов двойного широкоугольного астрографов ГАО АН УССР// Кинематика и физика небесных тел.-1990.-т.6 №2.- С.91-96.
20. Ледовская И.В., Пакуляк Л.К. Определение положений внегалактических радиисточников с помощью телескопов-рефлекторов.//Там же.-1990.- т.6 № 3.- С.86-90

21. Майор С.П. и др. Отчет по НИР "Определение точных положений тел Солнечной системы фотографически методом"-Киев, 1980.-89с.
22. Майор С.П. Опыт изучения систематических ошибок опорных каталогов по фотографическим наблюдениям избранных малых планет// Там же.-1985.-т. I №2.-С.3-8.
23. Майор С.П. и др. Отчет по НИР "Позиционные фотографические наблюдения тел Солнечной системы и исследование факторов, влияющих на их точность".-Киев, 1985.-88с.
24. Майор С.П., Серeda Е.М., Шатохина С.В. Позиционные фотографические наблюдения Марса, Фобоса и Деймоса в 1986 г.-Киев, 1988.-9с.(Депонир.рукопись ВИНТИ, №8734-В88Деп.).
25. Майор С.П., Калтыгина С.В., Серeda Е.М. Положения некоторых избранных малых планет в 1983-1986 гг.-Киев, 1988.-11с.(Депонир.рукопись ВИНТИ, №2776-В88.Деп.).
26. Майор С.П. и др. Отчет по х/д "Проведение позиционных (меридианных и фотографических) наблюдений и определение положений тел Солнечной системы"-Киев, 1990.-87с.
27. Онегина А.Б. Определение положений больших планет фотографическим методом.-Киев:Наукова думка, 1981.-115с.
28. Онегина А.Б. Атмосферная дисперсия и уравнение Блеска для 400-мм астрографа ГАО АН УССР//Астрометрия и астрофизика.-1969.-Вып.5.-С.62-71.
29. Пакуляк Л.К. Применение статистического уравнения Эддингтона-Вильямс для подбора оптимальных моделей редукции пластинок широкоугольного астрографа//Кинематика и физика небесных тел.-1989.-т.5 №2.-С.23-28
30. Сергеев В.А. и др. О некоторых периодичностях в движении кометы Галлея относительно центра масс.-Препринт №133.М:ИПМ, 1987.-23с.
31. Серeda Е.М. Позиционные фотографические наблюдения Марса и

Деймоса в ГАО АН УССР в 1980 г. - Киев, 1986. - 17с (Депонир. рукопись ВИНТИ №3583-В86Деп.).

32. Серeda Е.М. Сравнение позиционных наблюдений Венеры в ГАО АН УССР при разных методах учета эффекта фазы // Современная астрометрия. - Л: ГАО АН СССР, 1987. - С. 312-315.

33. Серeda Е.М. Позиционные фотографические наблюдения Марса в ГАО АН УССР в 1982, 1984 гг. - Киев, 1989. - 15с (Депонир. рукопись ВИНТИ № 632-В89Деп.).

34. Сизоненко Д.В. и др. Наблюдения кометы Галлея (1982) в Эквадоре // Кометный циркуляр. - 1987. - №376.

35. Сизоненко Д.В., Калтыгина С.В. Наблюдения кометы ~~Пашена~~ Бредфилд (1987с) в ГАО АН УССР // Кометный циркуляр. - 1988. - №384.

36. Шокин Ю.А. О редукиции измеренных координат к идеальным с использованием членов, зависящих от блеска и цвета звезд // Сообщ. Гос. астроном. ин-та им. П.К. Штернберга. - 1974. - №190. - С. 3-19.

37. Barney Ida. Supplementary volume to the Yale Zone Catalogues,  $-30^{\circ}$  to  $+30^{\circ}$  // Trans. of the Astron. Observatory of Yale University - 1951. - 23. - p. 108.

38. Bastian D. PPM: A tool for astronomers // Proc. of the 141st Symp. of the IAU "Inertial coordinate system on the Sky", Leningrad, Oct. 17-21, 1989 / Ed. by J.H. Lieske and V. Abalakin - 1990. - p. 465-469.

39. Brosche P., Nowacki H., Strobel W. Systematic differences FK4-GC and FK4-N30 for 1950.0 // Veröffentlichungen des Astronomische Rechen Instituts, Heidelberg. - 1964. - 15, N2. - p.

40. de Vegt C., Gehlich D.K. Precise optical position of radio sources in the FK4-system // Astron. and Astrophys. - 1984. - 130, M1. - p. 191-199.



41. Sexanina Z. Light variations of Periodic comet  
Halley beyond IAU. // Astronomy and Astrophys., 1985.-  
148, n2. - p. 299-311.

42. Witzel A., Johnston K.J. Candidate radio sources  
for a radio/optical reference catalog // Abh. Hamburger  
Sternw. - 1982. - 10. - P. 151-164.