

в архив

Академия наук СССР
Главная астрономическая обсерватория

УДК 523.64

№ гос. регистрации 01.84.0079080

инв. №

0287.0 072051



УТВЕРЖДАЮ

Директор ГАО АН СССР

Академик АН СССР

Я.С.Якив

января 1987 г.

О Т Ч Е Т

о научно-исследовательской работе
НАЗЕМНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ
КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ В 1983 - 1986 ГГ.
заключительный

Руководитель НИР -
зав. лабораторией,
канд. физ.-мат. наук

С.П.Майор

1987 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зав. лабораторией,
канд. физ.-мат. наук

мл. науч. сотр.

инж.

инж.

Нормоконтролер



С.П. Майор разделы I - 3

Е.М. Ижакевич раздел 3

С.В. Калтыгина раздел 3

С.В. Шатохина раздел 3

Н.М. Чунакова

РЕФЕРАТ

Отчет 17 страниц, 2 таблицы, 5 источников.
КОМЕТА ГАЛЛЕЯ, АСТРОМЕТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ СОПРОГ, АСТРОНОМИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТА "ВЕГА".

Цель работы - организация и проведение систематических позиционных наблюдений кометы Галлея на астрономических обсерваториях СССР, их сбор, первичный анализ и передача в оперативном режиме в Центр обработки для дальнейшего использования по проекту "Вега".

В отчете освещены основные аспекты функционирования астрометрической сети СОПРОГ. Дан анализ выполненных наблюдений.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	5
I. Организация позиционных наблюдений кометы Галлея в СССР	7
2. О методике определения положений кометы Галлея по фотографическим наблюдениям	II
3. Итоги позиционных наблюдений кометы Галлея в появлении 1986 г.	13
Заключение	16
Список использованных источников	17

В В Е Д Е Н И Е

Кометы изучаются уже более трех столетий. Однако многие вопросы физики комет и их происхождения наземная астрономия еще не решила. Поэтому в проведении очередного 1986 г. появления кометы Галлея всеобщее признание получила идея организации комплексного исследования этой знаменитой кометы как наземными, так и космическими средствами. Ряд космических агентств приняли решение о посылке к комете специальных зондов. Совместными усилиями ученых разных стран была разработана программа наземных наблюдений кометы, т.н. Международная вахта кометы Галлея (*International Halley Watch - IHW*).

В программе содержится семь направлений, а именно:

- астрономические исследования ;
- крупномасштабные явления ;
- околоядерные явления ;
- фотометрия и поляриметрия ;
- спектроскопия и спектрометрия ;
- радиоастрономические наблюдения ;
- инфракрасная спектроскопия и радиометрия.

В наблюдениях по программе *IHW* - они начались с переоткрытия кометы 16 октября 1982 г. - приняли участие практически все обсерватории мира. Советские обсерватории тоже готовились к встрече кометы Галлея. Независимо от *IHW*, во всяком случае на первом этапе и в части астрономических исследований, была разработана Всесоюзная программа наземных наблюдений кометы Галлея СОПРОГ, которая в последствии стала региональной составляющей *IHW*. Головным учреждением по реализации СОПРОГ была назначена Главная астрономическая обсерватория АН УССР /1/.

Кроме получения новых экспериментальных данных по физике и динамике комет, наземные наблюдения должны были дать необходимую информацию для целей навигации и проведения космических экспериментов. Среди многих важных исследований кометы Галлея особое значение в этом плане имели позиционные наблюдения.

Проведение высокоточных наблюдений кометы Галлея и их обработка в оперативном режиме составили основную задачу выполненной научно-исследовательской работы. В ее решении, кроме ГАО АН УССР, принимали участие еще 22 астрономических учреждения СССР. Настоящий отчет посвящен вопросам организации этих работ,

методике наблюдений и их обработки, а также анализу выполненных наблюдений.

I. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЗИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ В СССР

Программа настоящих работ по астрометрическому обеспечению космических миссий неоднократно обсуждалась на Всесоюзных кометных конференциях и совещаниях рабочих групп, начиная с 1979 года. Ее разработка была завершена на рабочем совещании "Позиционные наблюдения кометы Галлея" апрель 1982 г., г. Киев. Этой программой предусматривалось решить следующие основные задачи:

- ранний поиск и обнаружение кометы Галлея;
- составление каталогов опорных звезд по трассе видимости кометы;
- создание математического обеспечения для составления каталогов опорных звезд и оперативной обработки наблюдений;
- проведение тренировочного эксперимента по астрометрическому обеспечению космической миссии;
- определение высокоточных координат кометы Галлея по данным наблюдений с помощью наземных телескопов;
- сбор результатов наблюдений, их первичный анализ и передача в советские и зарубежные центры обработки.

На этом же совещании были определены организации-исполнители и сформирована астрометрическая сеть (АС). Список обсерваторий с указанием IAI кода, местоположения и инструментария приведен в табл. I.

Очень важно было иметь правила, регламентирующие деятельность АС. Такие правила были разработаны с учетом навигационных требований к точности наблюдений и оперативности их обработки. Кроме того, правилами были определены состав информации и порядок передачи ее потребителям /2/.

Ясно также, что успех в решении поставленной задачи в значительной мере зависит от того, насколько совершенны методики наблюдений и их обработки. С этой целью были проведены исследования астрометрических характеристик отдельных телескопов, а также испытаны различные методы редукации снимков. С учетом этих исследований были выработаны достаточно подробные рекомендации наблюдателям /3/.

Заключительным этапом подготовительных работ явился тренировочный тур. Проверка эффективности АС как, впрочем, и всех остальных звеньев СОПРОГ и **INW** проводилась во время наблюдений кометы Кроммелина в 1984 г. Проведенные испытания показали, что организационно и методически астрометрическая сеть

Обсерватории, принимавшие участие в фотографических позиционных наблюдениях кометы Галлея в 1983-1986 гг. (Астрометрическая сеть СОПРОГ)

Обсерватория и ее принадлежность	Код МАС	Телескоп	Φ/F , см
I	2	3	4
Лаборатория космических исследований Ужгородского госуниверситета	061	камера СН	42/78
Балдоне, Радиоастрофизическая обсерватория АН Латв. ССР	069	телескоп Шмидта	80/120/240
Тарту, Институт астрофизики и физики атмосферы АН ЭССР	075	астрограф Пецваля	16/80
Маяки, Астрономическая обсерватория Одесского госуниверситета	583	астрограф рефлектор АВР-2 рефлектор АЗТ-3	14/100 20/300 45/204
Голосеево, Главная астрономическая обсерватория АН УССР	083	двойной астрограф двойной астрограф	40/200 40/550
Пулково, Главная астрономическая обсерватория АН СССР	084	26" рефрактор нормальный астрограф	65/1040 33/345
Астрономическая обсерватория Киевского госуниверситета	085	астрограф	20/430
Николаевское отделение ГАО АН СССР	089	зонный астрограф	12/204
Астрономическая обсерватория Николаевского пединститута	089	рефлектор ЗТС-702 камера Уран-16	70/281 21/74
Симеиз, Научная база Астросовета АН СССР	094	рефлектор Цейсса-600 камера СН	60/750 42/78

I	2	3	4
Научный, Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР	095	двойной астрограф МТМ-500	40/160 50/1250
Научный, Южная база ГАИШ МГУ	095	двойной астрограф	40/160
Астрономическая обсерватория Харьковского госуниверситета	101	астрограф	16/72
Звенигород, Экспериментальная станция наблюдений ИСЗ Астросовета АН СССР	102	астрограф Цейсса	40/200
Москва, Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга Московского госуниверситета	105	астрограф АФР-I	23/230
Зеленчукская, Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР	115	БТА	600/2500
Зеленчукская, Астрономическая станция Казанского госуниверситета	114	астрограф Цейсса	40/200
Абастуманская астрофизическая обсерватория АН ГрССР	119	двойной астрограф Цейсса менисковый телескоп АС-32	40/300 70/98/210
Бораканская астрофизическая обсерватория АН АрмССР	123	0.5 м телескоп Шмидта	53/180
О ^Р дубад, экспедиция ГАО АН СССР	129	камера ФАС-3А	25/48
Астрономическая обсерватория им. В. П. Энгельгардта Казанского госуниверситета	136	менисковый телескоп АСТ-452	35/49/120
Коуровка, Астрономическая обсерватория Уральского госуниверситета	168	камера СБ'	42/78

1	2	3	4
Китаб, Широтная станция Астрономического института АН УзССР	186	двойной астрограф Цейсса	40/300
Майданак, Среднеазиатская обсерватория ГАИШ МГУ	188	I-м телескоп Ричи-Кретьена	100/1330
Гиссарская астрономическая обсерватория Института астрофизики АН ТаджССР	190	астрограф Цейсса	40/200
Ташкент, Астрономический институт АН УзССР	192	нормальный астрограф	33/345
Санглок, Обсерватория Института астрофизики АН ТаджССР	193	I-м телескоп Ричи-Кретьена	100/1330
Алма-Ата, Астрофизический институт АН КазССР	210	телескоп Максудова	50/113
Корональная станция АФИ АН КазССР	214	телескоп Шмидта	43/80
Ассы, Обсерватория АФИ АН КазССР	217	I-м телескоп Ричи-Кретьена	100/1330
Тариха (Боливия), экспедиция АН СССР	820	эксп. астрограф	20/226
Гавана (Куба), экспедиция АН СССР	788	камера Цейсса	16/72
Кито (Эквадор), экспедиция АН СССР		астрограф	20/75

СОПРОГ построена удачно. В наблюдениях приняли участие 14 астрономических учреждений. Получено 182 положения. Всего по линии **ИНВ** получено 372 положения и в наблюдениях приняли участие 42 обсерватории. С другой стороны, пробный тур выявил слабые места. Только 226 наблюдений, т.е. 61%, оказались пригодными для вывода орбиты кометы, а остальные имели отклонения, превышающие 36. Следует, однако, заметить, что эти наблюдения проводились в зимние и весенние месяцы, когда комета была низко над горизонтом.

2. О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЙ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ ПО ФОТОГРАФИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ

Для определения точных положений кометы Галлея применялись различные телескопы. Для переоткрытия кометы и в первые периоды ее видимости, до апреля 1985 г., использовались крупные, с диаметром зеркала 1м и больше, телескопы. Инструменты средней силы комета стала доступной лишь за несколько месяцев до перигелия, в августе 1985 г.

При фотографировании кометы с целью определения ее точных положений необходимо получить четкие и измеримые изображения кометы и опорных звезд. Качество снимка зависит от характеристик телескопа, а также от принятой методики наблюдений. Выбор методики определяется особенностями фотографируемого объекта таких как блеск, скорость перемещения относительно звезд, а также особенностями телескопа. Если комета видна в гид телескопа, и ее изображение имеет четкие очертания, то следует гидировать по комете. Если же по каким-то причинам гидировать по комете трудно, или она не видна в гид, то в таких случаях гидируют по звезде, применяя так называемый метод Меткофа. При гидировании по этому методу телескоп смещается за кометой не непрерывно, а скачками. Промежутки времени через которые перемещается телескоп подбираются такими, чтобы в продолжении этих промежутков сдвиг изображения кометы на пластинке не превышал некоторой предельной величины, например, 30 мкм.

На втором этапе - измерении снимков - также имеются свои особенности. Например, для исключения систематических ошибок измерений пластинку необходимо промерять в двух положениях относительно прибора, отличающихся между собой на 180° , или де-

лать повторные наведения при одновременном повороте реверсионной призмы на 180° . При измерениях визирования марка наводится на фотометрический центр изображения кометы и на середину изображений опорных звезд. В случае, когда звезды прочерчивают длинные следы, наведения предпочтительно делать на конец изображений звезд. Следует также отметить, что иногда из-за изменения прозрачности атмосферы начала и концы следов имеют разную ширину. При обработке таких снимков нужна особая сноровка.

Очень важным является вопрос о выборе опорных звезд, т.е. звезд сравнения. Обычно стараются, чтобы опорные звезды имели непередежанные изображения и находились вблизи определяемого объекта. В этом случае будет ослаблено влияние комы и других аберраций, вызывающих изменения во взаимном расположении ярких и слабых объектов.

Весьма ответственным является заключительный этап - редуционные вычисления сферических координат кометы. Здесь важно применить оптимальную модель уравнения связи измеренных и тангенциальных координат. С одной стороны, модель должна учитывать систематические искажения снимка, вносимые атмосферой и оптикой телескопа. С другой стороны, количество членов, необходимых для описания этих искажений, или другими словами, количество постоянных пластинки не должно превышать числа опорных звезд, охваченных рабочим полем снимка. Для уменьшения числа неизвестных измеренные координаты предварительно исправляют за влияние дисторсии (при $d \geq 0,5 \cdot 10^{-7} \text{ мм}^{-2}$) и дифференциальной ^{рефракции} ($Z > 60^\circ$).

Вычисляемые сферические координаты кометы являются экваториальными топоцентрическими координатами - прямое восхождение (α) и склонение (δ), - отнесенными к экватору и равноденствию 1950.0. Контроль вычислений осуществляется косвенно путем определения положений контрольных звезд. Сопоставление результатов одного вечера тоже позволяет сделать определенное заключение об их качестве.

Фотографический метод определения координат является относительным методом. Поэтому, чем точнее координаты звезд, тем точнее будет положение определяемого объекта. С другой стороны, как уже упоминалось, имеются определенные требования к количеству и качеству опорных звезд. До осени 1985 г. комета не была очень яркой ($m, \geq 10$). Поэтому, обычные (8-10 зв. величины) опорные звезды получались передежанными и, следовательно, не мог-

ли быть использованы для определения точных координат кометы из-за возможных ошибок уравнения блеска. К тому же, в случае малополюсных снимков их было явно недостаточно. В связи с этим был создан специальный каталог промежуточных опорных звезд (с плотностью распределения 50-60 звезд на кв. градус) по трассе кометы для периода сентябрь 1983 г. - октябрь 1985 г. /4/.

3. ИТОГИ ПОЗИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ В ПОЯВЛЕНИИ 1986 Г.

Первые успешные наблюдения кометы Галлея в СССР были проведены 15 сентября 1983 г. с помощью 6-м телескопа (САО АН СССР, ГАО АН УССР, ГАИШ МГУ). В следующем, 1984 г., комета наблюдалась еще в четырех местах: на метровых телескопах обсерваторий Санглок, Майданак и АССН и на МТМ-500 КраО АН СССР. В 1985 г. в наблюдениях приняли участие 31 обсерватория, в том числе боливийская станция АН СССР в г.Тариха. После перигелия комету наблюдали в 13 обсерваториях на территории СССР и в экспедициях в Боливии, Эквадоре и на Кубе. Всего в наблюдениях были использованы 41 телескоп 33 обсерваторий и станций, принадлежащих 23 астрономическим учреждениям.

Для целей навигации КА в доперигелийный период в общей сложности отработано более 700 телескопо-ночей, определено 2156 положений кометы Галлея (т.е. около половины мирового объема), сделано несколько сотен оценок блеска /5/. В послеперигелийный период определено еще 537 наблюдений. Сведения о проведенных наблюдениях приведены в табл.2. Первичные результаты предполагается опубликовать в виде отдельного сборника.

Вся информация, получаемая обсерваториями, передавалась в центр сбора данных (ГАО АН УССР). Здесь наблюдения сопоставлялись с эфемеридой. В случае больших ($\geq 10''$) расхождений наблюдение отбраковывалось, а наблюдателям предлагалось устранить ошибку. После этого данные передавались в советские (Центр управления полетом, Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша, Институт космических исследований АН СССР) и зарубежные (JPL, США и ESOC, ФРГ) центры обработки. В советские центры пересылались и результаты наблюдений зарубежных обсерваторий, которые поступали в ГАО АН УССР из JPL (Пасадена, США). Все эти данные были использованы для оперативного уточнения орбиты кометы.

Сведения о позиционных наблюдениях кометы Галлея на станциях астрометрической сети СОПРОГ

I	Станция	Период наблюдений, месяц, год	К-во доперигелийных положений	К-во послеперигелийных положений	$(O-C)_L$	$(O-C)_S$	$(O-C)_L^2$	$(O-C)_S^2$
					6	7	8	9
1.	Ужгород	09.85-05.86	65	25	- 20	- 73	96	115
2.	Балдоне	08.85-01.86	70	15	+ 16	- 37	96	90
3.	Тарту	10.85	6	-	-	-	-	-
4.	Маяки	09.85-05.86	71	12	+ 40	- 35	98	81
5.	Голосеево	08.85-05.86	66	12	- 6	- 13	125	71
6.	Пулково	10.85-01.86	42	-	- 13	+ 30	78	61
7.	Киев	10.85-01.86	28	-	- 89	- 13	122	76
8.	Николаев, Отделение ГАО АН СССР	09.85-05.86	83	17	- 49	+ 15	100	74
9.	Николаев, АО пединститута	09.85-05.86	88	16	+ 14	- 37	98	92
10.	Симеиз	08.85-03.86	19	4	-	-	-	-
11.	Научный, КрАО, 40-см астрограф	08.85-06.86	139	79	- 9	- 24	101	94
12.	Научный, КрАО, МТМ-500	11.84-10.85	114	-	- 84	- 47	106	96
13.	Научный, ЮБ ГАИШ	08.85-10.85	20	-	- 47	- 4	115	79
14.	Харьков	11.85-01.86	25	9	-	-	-	-
15.	Звенигород	09.85-12.85	25	-	+ 19	- 55	167	109
16.	Москва	09.85-11.85	7	-	- 27	+ 32	64	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17.	Зеленчукская САО, БГА	09.83-03.85	6	-	+ 54	+ 78	125	106
18.	Зеленчукская, АС Каз.ГУ, 40-см астрограф	08.85-12.86	151	35	+ 23	+ 3	76	72
19.	Абастумани	07.85-05.86	32	5	+ 9	- 35	41	56
20.	Вюракан	09.85-01.86	31	-	- 8	- 42	77	76
21.	Ордубад	10.85-06.86	126	39	+ 14	- 80	121	149
22.	АОЭ	12.85	9	-	+ 24	- 65	56	126
23.	Коуровка	09.85-05.86	138	34	+ 1	- 64	118	145
24.	Китаб	08.85-06.86	311	70	- 32	- 23	104	96
25.	Майданак	11.84-12.85	24	-	+ 7	+ 5	72	26
26.	Гиссар	08.85-04.87	146	61	+ 31	+ 6	91	104
27.	Ташкент	09.85-01.86	186	-	-20	- 43	142	156
28.	Санглок	09.84-04.85	23	-	+ 18	+ 72	113	102
29.	Алма-Ата, Каменское плато	08.85-06.86	46	3	+ 51	-102	119	175
30.	Алма-Ата, Корональная станция	09.85-01.86	10	-	-138	-144	155	169
31.	Ассы	12.84-05.86	28	4	+ 18	+129	122	144
32.	Тариха (Боливия)	10.85-07.86	23	90	- 73	+ 6	119	89
33.	Бойерос (Куба)	03.86-04.86	-	18	-	-	-	-
34.	Кито (Эквадор)	01.86-05.86	-	23	-	-	-	-

Примечание: Средние и среднеквадратичные значения σ -С (в 0.01") вычислены по отношению к *INW 02614 №.34*. Они получены по точным наблюдениям (σ -С < 3"), результаты которых поступили в центр сбора. данных до 27 декабря 1985 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения настоящей работы решены следующие основные задачи:

1. Совместными действиями Главной астрономической обсерватории АН УССР и других учреждений сформирована астрометрическая сеть, разработана и осуществлена программа работ по астрометрическому сопровождению кометы Галлея в появлении 1986 г.
2. Составлена инструкция для позиционных наблюдений комет (ГАО АН УССР и ГАО АН СССР).
3. Составлен каталог дополнительных опорных звезд по трассе кометы Галлея для периода сентябрь 1983 г. - октябрь 1985 г. (ГАИШ МГУ).
4. Проведены фотографические позиционные наблюдения кометы Галлея в 1983-1986 гг. С помощью 41 телескопа, расположенных в 27 пунктах на территории СССР и на 3 станциях за рубежом, определено около 2700 положений кометы.
5. В распоряжение баллистиков в оперативном режиме переданы результаты свыше 4000 доперигелийных наблюдений кометы Галлея. Около половины наблюдений (2156) выполнены советскими обсерваториями. Основная масса наблюдений имеет высокую точность (1.0" - 1.5"). Использование указанных наблюдений в совокупности с наблюдениями в появлениях 1835 и 1910 гг. позволило определить орбиту кометы настолько точно, что оказалось возможным организовать встречу КА "Вега - 1" и "Вега - 2" с ошибкой во времени встречи не более 10-20 секунд, что было вполне достаточно для успешного выполнения программы "Вега".

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Яцкив Я.С. Международная программа (IHW) и советская программа (СОПРОГ) наблюдений кометы Галлея. - Астрономический календарь на 1985 г. - М., 1984, с.184-193.
2. Major S.P., Shokou Yu.A. *The Astrometry Network of the observers in USSR.* - In.: *Cometary Astrometry.* - Eds. D.K. Yeomans, R.M. West, R.S. Harrington, B.G. Marsden. - JPL: Pasadena, 1984. - p.76-81.
3. Киселева Т.П., Майор С.П. Позиционные наблюдения // Рекомендации к наблюдениям кометы Галлея в 1985-1986 гг. - Информ. сообщ., вып.2, ч.1, ГАО АН УССР: Киев, 1984.-с.14-16
4. Шокин Ю.А., Евстигнеева Н.М. Каталог атлас опорных звезд по трассе движения кометы Галлея. - М.: Изд МГУ, 1985. - 7с.
5. Майор С.П. Астрометрическая сеть // Советская программа наземных наблюдений кометы Галлея (доперигелийный период наблюдений). - Информ. сообщ., вып.3. - ГАО АН УССР: Киев, 1986. - с.3-7.