

УДК 523.33

Определение углов ориентировки селенодезической координатной системы по фотографическим позиционным наблюдениям Луны (ноябрь 1979 — май 1981 гг.)

Н. А. Василенко, В. С. Кислюк, Р. Л. Семеренко

Новый массив фотографических наблюдений Луны одновременно со звездами, выполненных на двойном астрографе ГАО АН УССР ($D=40$ см, $F=5.5$ м) применен для определения углов ориентировки системы, реализуемой Сводным селенодезическим каталогом 4900 точек лунной поверхности, относительно квазидинамической селеноцентрической системы. По измерениям 80 кратеров на 55 пластинках, полученных в 1979—1981 гг., найдены углы поворота системы каталога относительно квазидинамической соответственно вокруг осей ξ , η , ζ , которые оказались равными: $\pi=226''\pm 10''$; $\nu=64''\pm 10''$; $\mu=-5''\pm 13''$. Отмечается хорошее согласие наблюдаемых величин с результатами, полученными авторами ранее из обработки измерений 40 снимков Луны.

DETERMINATION OF THE ORIENTATION ANGLES OF THE SELENODETIC COORDINATE SYSTEM BASED ON PHOTOGRAPHIC POSITIONAL OBSERVATIONS OF THE MOON, by Vasilenko N. A., Kislyuk V. S., Semerenko R. L.—A new series of photographic observations of the Moon against a stellar background were used for determining the orientation of the selenodetic system realized by the Consolidated Catalogue of 4900 basic points on the lunar surface with respect to the selenodetic coordinate system, the third axis of which is connected with the mean direction to the Earth. The results defined are in good agreement with those obtained by the authors in the previous paper.

В работе [2] решается задача определения углов ориентировки осей координатной системы, реализуемой Киевским Сводным селенодезическим каталогом [1] относительно селенографической системы координат, связанной со средним направлением на Землю. В работе [4] такая система названа квазидинамической. Как правило, именно квазидинамическая система применяется при построении селенодезических опорных сетей.

Связь между системами каталога (ξ , η , ζ) и квазидинамической ($\tilde{\xi}_d$, $\tilde{\eta}_d$, $\tilde{\zeta}_d$) представляется в виде [1]:

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\mu & \nu \\ \mu & 1 & -\pi \\ -\nu & \pi & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{\xi}_d \\ \tilde{\eta}_d \\ \tilde{\zeta}_d \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Ориентировка осей общепринята: ось ζ направлена в сторону Земли, ось η — к северному полюсу Луны, ось ξ — на восток, в сторону Моря Смита, дополняя систему до правой. Величины μ , ν , π — малые углы типа самолетных.

Результаты определения углов μ , ν , π , полученные в работе [2], приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, угол π , характеризующий поворот системы относительно оси ξ , оказался довольно большим. Эти результаты найдены из обработки 40 снимков Луны на фоне звезд, полученных в течение девяти вечеров на двойном длиннофокусном астрографе Главной астрономической обсерватории АН УССР ($F=5.5$ м, $D=40$ см) за период с 1978.561 по 1979.858 гг.

С целью подтверждения достоверности полученных результатов использован новый массив подобных наблюдений, обработанный по ана-

логичной методике. Всего было обработано 55 пластинок, полученных в течение десяти вечеров в период с 1979.922 по 1981.465 гг.

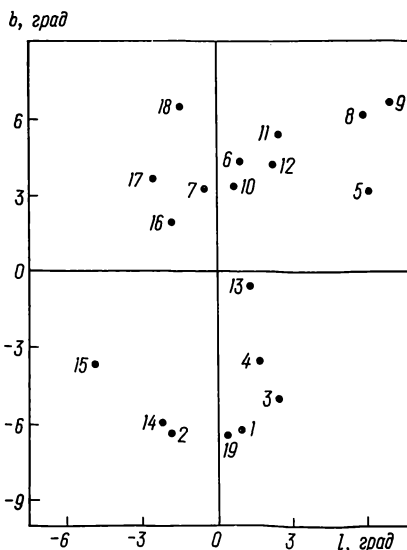
Второй массив наблюдений получен после значительного улучшения работы часового механизма телескопа, построенного на шаговом двигателе с высокостабильным задающим генератором частоты, что привело к заметному повышению качества снимков.

Основные сведения о пластинках приведены в табл. 2, а их распределение по либрациям представлено на рисунке.

Таблица 1. Углы ориентировки системы Киевского Сводного селенодезического каталога [1]

Параметр	По данным работы [2]	Данная работа	Совместное решение
n	2806	3140	5946
μ	$3'' \pm 15''$	$-5'' \pm 13''$	$-2'' \pm 10''$
ν	$10'' \pm 11''$	$64'' \pm 10''$	$41'' \pm 7''$
π	$207'' \pm 12''$	$226'' \pm 10''$	$218'' \pm 8''$
σ	$\pm 1.5''$	$\pm 1.4''$	$\pm 1.4''$

Распределение серий наблюдений по либрациям Луны: серии (1—9) — по данным работы [2]; серии (10—19) — по данным настоящей работы



Измерения пластинок новой серии позволили составить 3140 условных уравнений вида

$$(\alpha_0 - \alpha_c)_{ij} \cos \delta_{c_i} = a_{ij} \delta \mu + b_{ij} \delta \nu + c_{ij} \delta \pi, \quad (2)$$

$$(\delta_0 - \delta_c)_{ij} = e_{ij} \delta \mu + f_{ij} \delta \nu + g_{ij} \delta \pi,$$

где индексы i, j обозначают номер пластинки и кратера соответственно; α_0, δ_0 и α_c, δ_c — соответственно наблюдаемые и вычисленные значения экваториальных координат кратеров; $\delta \mu, \delta \nu, \delta \pi$ — поправки к принятым начальным значениям углов μ_0, ν_0, π_0 . В данной работе, как и в предыдущей [2], принято $\mu_0 = \nu_0 = \pi_0 = 0$.

Для учета физической либрации Луны приняты параметры:

$$f = 0.639; \quad I = 1^{\circ}32'33'', \quad (3)$$

рекомендуемые МАС [5].

Эфемеридные значения координат Луны приведены к экватору и равноденствию каталога FK4.

Результаты решения уравнений (2) способом наименьших квадратов приведены в третьем столбце табл. 1. В последнем, четвертом столбце этой таблицы приведены также результаты совместного решения всех уравнений, составленных по 19 сериям наблюдений. В первой строке приведено число условных уравнений n вида (2), в последней — средние квадратичные ошибки единицы веса σ .

Как видно из табл. 1, результаты обработки нового массива наблюдений подтверждают данные, полученные в работе [2]. Они свидетельствуют прежде всего о том, что система Киевского Сводного селенодезического каталога повернута относительно квазидинамической системы на угол $\pi \approx 3.5'$ вокруг оси ξ . Хорошее согласие результатов свидетельствует о достоверности определения этого угла.

Как уже отмечалось в [2], столь значительная величина угла π может быть результатом недостаточно надежной привязки системы ката-

лога [1] по координате η к центру масс Луны, а также следствием неточности лунной эфемериды.

Менее согласованно по двум независимым массивам наблюдений определен угол ν . Все же можно говорить о небольшом повороте системы каталога относительно квазидинамической системы вокруг оси η к западу (в сторону Океана Бурь).

Таблица 2. Основные сведения о пластинках

Номер серии	Дата, УТ	Момент полно- луния из АЕ	Количество		Номер серии	Дата, УТ	Момент полно- луния из АЕ	Количество	
			звезд	кратеров				звезд	кратеров
10	1979.11.01.839 ^d	1979.11.04.242 ^d	8	38	15	1980.06.01.998 ^d	1980.05.29.894 ^d	21	32
	01.843		12	33		02.004		16	31
	01.846		10	34		02.008		17	35
	01.849		13	30	16	1980.07.29.984	1980.07.27.785	5	28
	01.853		10	24		29.996		4	21
11	1979.11.30.777	1979.12.03.756	8	34	30.006	4	17		
	30.783		6	33	30.009	5	20		
	30.786		6	32	17	1980.09.23.869	1980.09.24.506	6	28
	30.790		4	34		23.872		6	20
12	1979.12.26.675	1980.01.02.377	14	16	23.875	5	35		
	26.683		14	13	23.910	6	38		
	26.688		14	13	23.912	6	40		
	26.693		13	16	23.916	5	29		
	26.696		13	14	23.932	5	32		
	13		1980.02.02.987	1980.02.01.099	8	32	18	1980.12.17.713	1980.12.21.756
02.990		8	30		17.717	6		34	
02.992		6	38		17.757	10		33	
03.030		6	17		17.761	13		25	
03.033		6	31		17.770	8		30	
14	1980.05.26.851	1980.05.29.894	14	32	17.797	7	34		
	26.857		15	19	17.800	7	30		
	26.860		14	30	19	1981.05.17.856	1981.05.19.003	13	32
	26.862		15	25		17.859		13	39
	26.866		13	17		17.864		13	39
15	1980.06.01.982	1980.05.29.894	17	16	17.866	14	35		
	01.986		19	20	17.870	12	45		
	01.995		23	33	17.873	11	37		

Таким образом, в рамках допущения о селеноцентричности системы, реализуемой Сводным каталогом [1], полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что ось ζ каталога повернута относительно оси $\tilde{\zeta}_d$ на угол $\nu = 41'' \pm 7''$ в сторону уменьшения селенографических долгот, т. е. в сторону Океана Бурь, и на угол $\pi = 218'' \pm 8''$ в сторону увеличения селенографических широт, т. е. к северу.

Ориентировка системы каталога относительно оси ζ (т. е. в картинной плоскости) осуществлена практически безошибочно ($\mu = -2'' \pm 10''$). Это свидетельствует о том, что ориентировка исходной системы Артура [3], заданная 25 снимками Луны со звездными следами, выполнена достаточно надежно.

В дальнейшем полученный массив наблюдений будет использован для вывода селенодезической системы 80 точек видимой стороны Луны, масштаб, ориентировка и начало которой будут заданы независимо от других селенодезических систем.

1. *Гаврилов И. В., Кислюк В. С., Дума А. С.* Сводная система селенодезических координат 4900 точек лунной поверхности.— Киев : Наук. думка, 1977.—172 с.
2. *Кислюк В. С., Василенко Н. А., Семеренко Р. Л., Коллюх В. Б.* Определение углов ориентировки селенодезической координатной системы по данным фотографических позиционных наблюдений Луны.— Астрометрия и астрофизика, 1983, вып. 48, с. 78—84.
3. *Arthur D. W. G.* A new secondary selenodetic triangulation.— *Communs Lunar and Planet. Lab.*, 1968, 7, p. 303—312.
4. *Kislyuk V. S.* On the absolute orientation of the selenodetic reference frame.— In: *High-Precision Earth Rotation. and Earth—Moon dynamics: Lunar distances and related observ.* Proc. 63 Colloq. Intern. Astron. Union, Grasse, May 22—27, 1981. Dordrecht, 1982, p. 281—286.
5. *Seidelman P. K.* Summary of the IAU (1976) system of astronomical constants.— *Inform. Bull. Intern. Astron. Union*, 1977, N 37, p. 37—40.

Главная астрономическая обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию
16.07.1984