

УДК 523.4:520.85

Временные изменения поляризационных свойств света Юпитера

А. В. Мороженко

Выполнен анализ поляриметрических наблюдений диска Юпитера и некоторых его деталей. Показано, что в центре диска, полярных и экваториальных краях диска наблюдаются долгопериодические изменения степени поляризации. Предложена программа наблюдений, которые позволят выявить причины этих изменений.

TIME VARIATIONS OF THE POLARIZATION PROPERTIES OF JOVIAN LIGHT, by Morozhenko A. V.— The results of polarimetric observations of the whole disk of Jupiter and some of its details are given. It is shown that the state of polarization of light for the centre of the disk and its polar and equatorial edges varies with time. Observational program to determine the causes of these variations is suggested.

Как известно, блеск Юпитера испытывает временные изменения, причиной которых могут быть вариации природы облачных частиц, их функции распределения по размерам, а также вертикальной структуры газовой-аэрозольной среды. Изменения любого из этих параметров должны сказаться на поляризационных свойствах света планеты. Используя все имевшиеся наблюдательные данные, а также новые наблюдения 1986 г., попытаемся выявить эти изменения.

Наблюдения 1986 г. Измерения проводились с помощью спектрополяриметра [2—4], установленного в 7,5-м фокусе Кассегрена 60-см рефлектора Боливийско-Советской обсерватории близ г. Тариха (Боливия). Основной задачей было изучение зависимости степени линейной поляризации в центре диска Юпитера от длины волны в пределах полосы поглощения метана у 727 нм при различных значениях фазового угла. Кроме того, в течение нескольких ночей измерялись лимбовые области диска, вырезаемые диафрагмой диаметром 5,4" (N-, S-, W-, E-участки и центр диска), а вблизи оппозиции ($\alpha \leq 2^\circ$) — весь диск. Детали диска наблюдались через U, V, R-фильтры или специальные узкополосные интерференционные фильтры А. Жерна, а весь диск — в режиме спектрополяриметра в диапазоне 340—760 нм с шагом 30 нм. Результаты измерений деталей диска приведены в таблице. Инструментальная поляризация системы телескоп — спектрополяриметр исследовалась по наблюдению звезд с практически нулевой поляризацией [14] (рис. 1).

Ранние наблюдения. Первые поляриметрические исследования деталей диска Юпитера проведены Лио [13] с помощью визуального поляриметра в интегральном свете в противостоянии 1923, 1924 и 1926 гг. Полярные районы наблюдались в течение 25 ночей. На краю диска степень поляризации достигала 8 % и от ночи к ночи изменялась примерно на 2 %. В 1923 г. степень поляризации южного района была больше, чем северного, а в 1926 г. поляризующие свойства обоих районов были одинаковы. Для экваториальных районов степень поляризации меньше, чем для полярных, но также испытывала временные вариации. При этом в некоторые моменты изменялся и знак поляризации.

В 1960 и 1963 гг. Герелс и др. [11] в течение нескольких ночей измеряли зависимость степени поляризации от длины волны отдельных

деталей диска Юпитера в диапазоне 330—943 нм. Наблюдения проводились на 208-см рефлекторе обсерватории Мак-Дональд. Детали диска вырезались диафрагмой 5.02".

В 1966—1969 гг. О. Р. Болквадзе [1] получил обширные ряды данных о степени поляризации деталей диска Юпитера в четырех участках спектра (λ 400, 480, 540, 660 нм), вырезаемых широкополос-

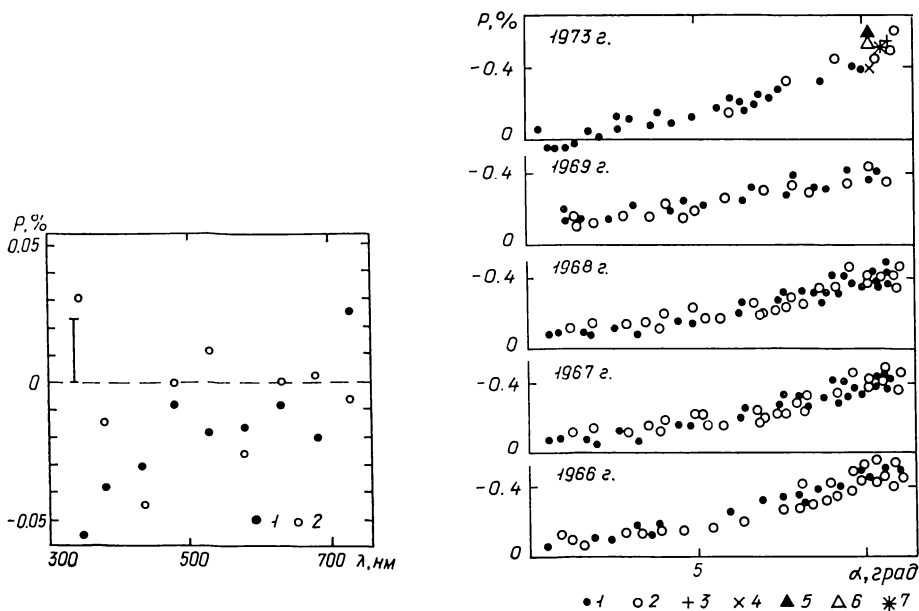


Рис. 1. Зависимость параметров θ_u (1) и U_u (2) инструментальной поляризации от длины волн. Вертикальная линия — ошибка измерений

Рис. 2. Зависимость степени поляризации центра диска Юпитера от угла фазы для $\lambda=500$ нм. Данные 1966, 1967, 1968, 1969 гг. [1], 1973 г. [7]. Измерение: 1 — до оппозиции; 2 — после оппозиции; 3 — 1984 г. [5]; 4, 5, 6 — 1922, 1924 и 1926 гг. соответственно [13]; 7 — 1986 г.

ными светофильтрами, на 40-см рефлекторе Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГССР. Диаметр диафрагмы — 3.03".

В 1971 и 1973 гг. мы проводили измерения всего диска Юпитера [6, 7] и его центра [7] на 70-см рефлекторе Главной астрономической обсерватории АН УССР (Киев) в диапазоне 316—800 нм. Центр диска вырезался диафрагмой 10".

В марте — июне 1981 г. О. М. Стародубцева и В. Г. Тейфель [10] изучили распределение поляризации в меридианной плоскости Юпитера для различных длин волн. Измерялись снимки планеты, полученные через кристалл исландского шпата. На широтах более 60—65° значения степени поляризации в УФ- и синих лучах в пределах точности измерений одинаковы, но происходит уменьшение в длинноволновую область спектра. Степень поляризации южного полярного района меньше, чем северного.

В 1984 г. на 60-см рефлекторе Института космических исследований АН СССР (г. Симеиз) с помощью спектрополяриметра [2—4] измерены спектральные значения степени поляризации всего диска Юпитера и его центра при нескольких значениях фазового угла в диапазоне λ 440—760 нм [5].

Итак, мы располагаем ограниченными по годам и разнородными по условиям наблюдений (длины волн, фазовые углы, детали и др.) данными о поляризационных свойствах деталей диска Юпитера. Поэтому для разных деталей в зависимости от полноты рядов наблюдений

выбиралась своя методика анализа. Например, для центра диска анализировались фазовые зависимости степени поляризации только в одной длине волны ($\lambda \approx 500$ нм). Она выбиралась по таким соображениям: в диапазоне 450—550 нм степень поляризации центра диска Юпитера практически не зависит от длины волны, а следовательно, можно использовать измерения, полученные не строго в одной и той же длине волны. Для краев диска анализировались зависимости степени поляризации от длины волны при двух значениях фазового угла $\alpha = 10.4^\circ$ и $\alpha = 0.5^\circ$. Второе значение α выбрано из тех соображений, что вблизи оппозиции наблюдаемая поляризация обусловлена только многократным рассеянием (при отсутствии ориентированных частиц). Проведенный анализ показал:

Значения степени поляризации P и положения плоскости поляризации Θ

λ , нм	Центр диска		S		N		W		E	
	P , %	Θ , град	P , %	Θ , град	P , %	Θ , град	P , %	Θ , град	P , %	Θ , град
12/13.07.86 г., $\alpha = 10.4^\circ$										
365	0.75	0	5.04	105	3.25	102	1.55	161	2.03	191
514	0.58	0	5.36	92	2.93	97	0.48	183	1.00	168
684	0.52	0	3.68	104	1.15	106	0.26	186	0.48	162
14/15.07.86 г., $\alpha = 10.3^\circ$										
U	0.50	0	6.10	92	3.09	111	1.24	190	1.12	188
514	0.50	0	5.58	89	2.61	97	0.42	177	0.45	180
R	0.77	0	3.64	93	1.52	100	0.17	130	0.25	140
7/8.08.86 г., $\alpha = 7.0^\circ$										
U	0.43	0	4.65	95	1.92	102	1.24	186	1.46	184
V	0.29	0	4.65	88	1.22	98	0.15	154	0.18	92
700	0.29	0	2.59	102	0.74	102	0.42	96	0.44	112
8/9.09.86 г., $\alpha = 0.5^\circ$										
U			5.11	87	5.56	89	2.61	182	2.57	163
B			6.30	86	4.52	82	1.22	182	0.77	166
V			6.72	82	4.60	86	0.39	86	0.32	79
R			6.25	83	2.45	86	0.87	86	0.70	83

1. Для центра диска Юпитера во все годы наблюдений фазовые зависимости степени поляризации до и после оппозиции практически идентичны (рис. 2). Из этого следует, что если и существуют какие-либо кратковременные изменения степени поляризации, то они находятся в пределах ошибок измерений. В то же время от года к году степень поляризации изменяется. Так, при $\alpha > 10^\circ$ в 1924, 1926, 1966, 1973 и 1984 гг. степень поляризации была больше, чем в 1922, 1967, 1968 и 1969 гг.

2. Для полярных районов Юпитера (рисунки 3 и 4) наблюдения не только в разные годы, но и в разные дни показывают существенные изменения степени поляризации и ее зависимости от длины волны. Особенно большие изменения отмечаются в северном полярном районе. Реальны ли эти изменения? Как известно (см., например, [12]), степень поляризации приполярных районов сильно зависит от расстояния измеряемой детали от края диска. Поэтому регистрируемое значение степени поляризации будет зависеть от размера диафрагмы, места ее установки на диске планеты, от качества изображения и гидрирования. Самые большие значения степени поляризации должны наблюдаться при измерениях с малой диафрагмой и в местах с высоким качеством изображения. Как следует из перечисленных работ, наименьший раз-

мер диафрагмы (3") использовался при наблюдениях в 1966—1969 гг. [1]. Кроме того, для Абастуманской астрофизической обсерватории характерно высокое качество изображения, что обеспечивало хорошее гидрирование. В то же время, как видно из рисунков 3 и 4, именно в работе [1] в 1967 г. для обоих полярных районов зарегистрировано

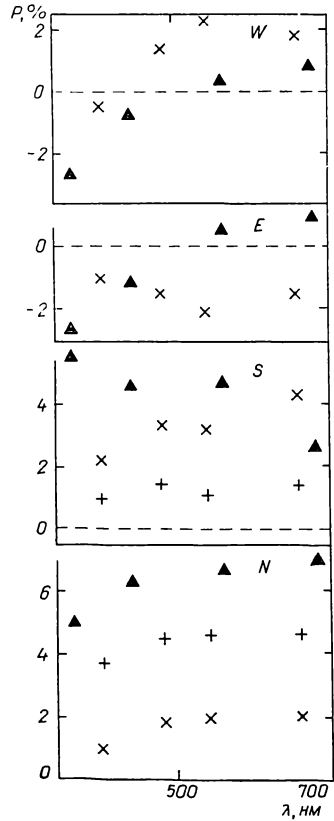
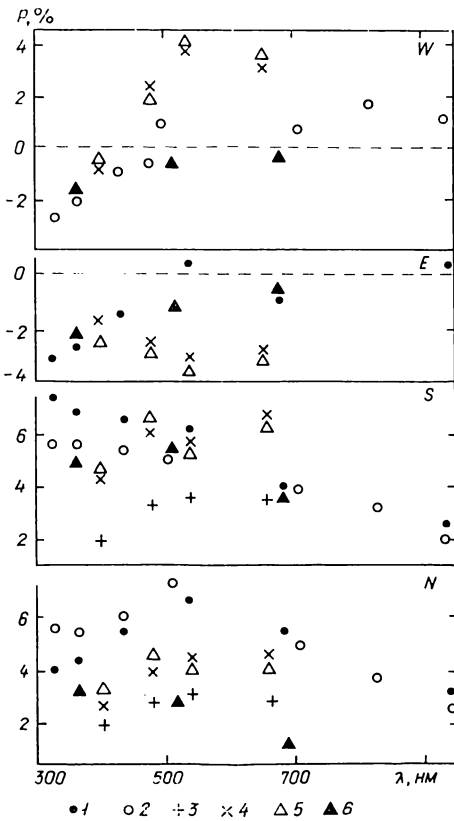


Рис. 3. Зависимость степени поляризации от длины волны N-, S-, E- и W-лимбов диска Юпитера при $\alpha=10.4^\circ$. Наблюдения: 1, 2—1960 и 1963 гг. соответственно [11]; 3, 4, 5—1967, 1968 и 1969 гг. соответственно [1]; 6—1986 г.

Рис. 4. То же, что на рис. 3, при $\alpha \approx 0.5^\circ$

минимальное значение степени поляризации. Это позволяет утверждать, что наблюдаемые изменения степени поляризации, вероятно, характеризуют реальные временные изменения свойств атмосферы Юпитера в полярных районах.

3. На западном и восточном краях диска также наблюдаются временные изменения (рисунки 3, 4). Особенно большие вариации отмечаются в длинноволновой области спектра ($\lambda > 400$ нм), когда может изменяться не только величина, но и знак поляризации. При этом западный и восточный края диска показывают различный ход степени поляризации. Например, в 1968 и 1969 гг. для $\lambda > 450$ нм при $\alpha=10.4^\circ$ степень поляризации западного и восточного краев диска достигала соответственно $+4$ и -4 %. При $\alpha=0.5^\circ$ уменьшилось только значение поляризации, но спектральный ход для обоих участков диска сохранился. В 1986 г. западный и восточный края имели одинаковый спектральный ход поляризации. При $\alpha=10.4^\circ$ с уменьшением длины волны степень поляризации только уменьшилась, а при $\alpha=0.5^\circ$ в области λ 500 нм произошла инверсия знака поляризации. В УФ-области спектра ($\lambda < 400$ нм) измерения за все годы дают примерно одинаковое значение поляризации.

4. Для всего диска Юпитера вблизи оппозиции ($\alpha \leq 2^\circ$) степень поляризации не равна нулю [6], что обусловлено оптической неоднородностью диска. По данным измерений в периоды трех противостояний максимум степени поляризации наблюдается в области $\lambda\lambda$ 420—560 нм, а само значение степени поляризации в разные годы для $\lambda > 400$ нм не испытывает изменений, превышающих ошибки измерений. В то же время в УФ-лучах не исключено изменение даже знака поляризации (рис. 5).

Итак, проведенный анализ показал, что поляризующие свойства деталей диска Юпитера подвержены временным изменениям. При этом

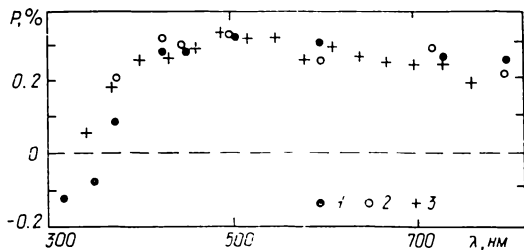


Рис. 5. Зависимость степени поляризации всего диска Юпитера от длины волны при $\alpha \leq 2^\circ$. Наблюдения: 1 — 1973 г. [7]; 2 — 1971 г. [6]; 3 — 1986 г.

наиболее заметные изменения происходят на краях диска. В центре диска, когда степень поляризации находится в пределах 0.4—0.6 %, а ошибки измерений составляют 0.05—0.10 %, заметны только наиболее сильные изменения физических характеристик атмосферы планеты. К сожалению, имеющихся в настоящее время наблюдательных данных недостаточно для выявления конкретной причины, приводящей к временным изменениям оптических свойств атмосферы Юпитера. Прежде всего все анализировавшиеся наблюдения не преследовали цель контроля временных изменений и зачастую трудно сопоставимы. Кроме того, для выявления причин временных изменений одних поляризационных измерений недостаточно. Необходимы еще данные об изменении спектральных значений отражательной способности деталей диска Юпитера и интенсивности молекулярных полос поглощения. Так, незначительное изменение действительной части показателя преломления облачных частиц может привести к большим изменениям поляризационных свойств света, но практически не повлияет на отражательную способность и интенсивность молекулярных полос поглощения. И наоборот, незначительное изменение объемной концентрации аэрозоля приведет к изменениям величины молекулярного поглощения, но может практически не отразиться на поляризующих свойствах. Поэтому для решения вопроса о природе временных изменений в атмосфере планеты необходимо организовать одновременные измерения степени поляризации и отражательной способности в узких участках спектра диапазона 300—1000 нм, а также интенсивности молекулярных полос поглощения. Особенно важны измерения профилей сильных полос поглощения метана у 727 и 890 нм и поляризации в центре и на краю диска. Учитывая, что сильная полоса поглощения метана λ 890 нм формируется в широких пределах оптической глубины атмосферы, а облачный слой Юпитера имеет слоистую структуру [8, 9], не исключено, что в центре этой полосы, формируемой в самых верхних слоях атмосферы, может измениться не только степень, но и знак поляризации.

1. Болквадзе О. Р. Исследование поляризационных свойств Юпитера // Бюл. Абастум. астрофиз. обсерватории.— 1980.—53.— С. 131—163.
2. Бугаенко Л. А., Бугаенко О. И., Гуральчук А. Л. и др. Астрономический спектрофотополариметр. III. Информационно-измерительная и регистрирующая система // Фотометрические и поляризметрические исследования небесных тел.— Киев: Наук. думка, 1985.— С. 169—178.

3. *Буаенко Л. А., Мельников М. А., Рагозина Л. Е., Самойлов В. С.* Астрономический спектрофотополариметр. II. Оптико-механический блок // Там же.— С. 164—169.
4. *Буаенко О. И., Гуральчук А. Л.* Астрономический спектрофотополариметр. I. Основные принципы работы // Там же.— С. 160—164.
5. *Гуральчук А. Л., Кучеров В. А., Мороженко А. В.* Спектрополариметрия планет. II. Юпитер // Кинематика и физика небес. тел.— 1986.—2, № 4.— С. 57—62.
6. *Мороженко А. В.* Поляриметрические исследования планет-гигантов. III. Юпитер // Астрон. журн.— 1973.—50, вып. 1.— С. 163—166.
7. *Мороженко А. В.* Результаты поляризационных исследований Юпитера // Астрометрия и астрофизика.— 1976.— Вып. 30.— С. 47—54.
8. *Мороженко А. В.* О структуре облачного слоя Юпитера // Письма в Астрон. журн.— 1984.—10, вып. 10.— С. 775—779.
9. *Мороженко А. В.* Вертикальная структура широтных облачных поясов Юпитера // Астрон. вестн.— 1985.—19, № 1.— С. 64—75.
10. *Стародубцева Ю. М., Тейфель В. Г.* Поляризация света в полярных областях Юпитера // Там же.— 1984.—18, № 3.— С. 179—190.
11. *Gehrels T., Herman B. M., Owen T.* Wavelength dependence of polarization. XIV. Atmosphere of Jupiter // Astron. J.— 1969.—74, N 1.— P. 190—199.
12. *Hall L. S., Riley L. A.* A polarimetric search for fine structure on Jupiter disk // Icarus.— 1976.—29, N 2.— P. 231—234.
13. *Lyot B.* Recherches sur la polarisation de la lumière des planètes et de quelques substances terrestres // Ann. Observ. Meudon.— 1929.—8, N 1.— P. 1—169.
14. *Serkowski K.* Polarimeters for optical astronomy // Planets, stars and nebulae studied with photopolarimetry / Ed. by T. Gehrels.— Tucson: Arizona Univ. press, 1974.— P. 135—174.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию
05.08.87

РЕФЕРАТ ДЕПОНИРОВАННОЙ РУКОПИСИ

УДК 520.034

РЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ЭКСПЕДИЦИОННОГО ИНФРАКРАСНОГО J, H, K, L-ФОТОМЕТРА / Кузьков В. П.

(Рукопись деп. в ВИНТИ; № 2774-B88)

Описаны функциональная и принципиальная схемы малогабаритной системы регистрации, размещенной непосредственно на инфракрасном экспедиционном фотометре. Система регистрации характеризуется малыми температурными дрейфами параметров.