

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЮПИТЕРА

А. В. Мороженко

Изучение физических характеристик атмосферы Юпитера по методам исследования делится на две отдельные задачи: 1) изучение ее газовой составляющей и 2) изучение аэрозольной составляющей. Вторая задача должна быть решена в первую очередь. Все имеющиеся к настоящему времени спектрофотометрические данные о молекулярных полосах поглощения показывают, что при их формировании многократно рассеянный свет играет существенную роль. Поэтому для выполнения

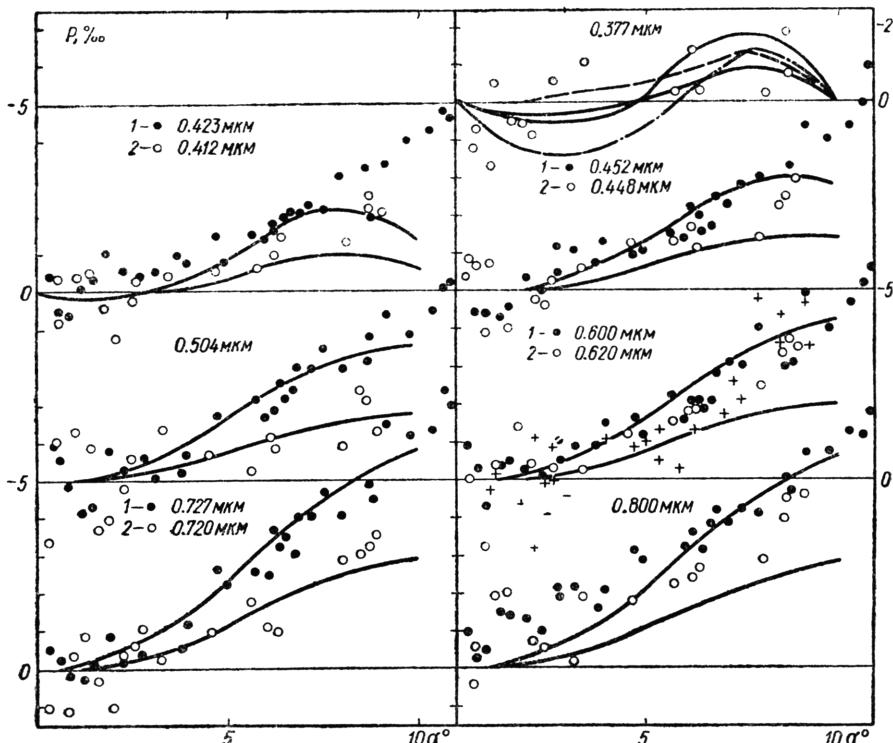


Рис. 1. Зависимость поляризации от угла фазы для центра диска.

1 и 2 — наблюдения автора в 1971 и 1973 гг.; 3 — наблюдения Лио в визуальных лучах. Сплошные линии на графиках — рассчитанные значения поляризации для $n_r=1,36$, $\sigma^2=0,30$, $r_0=0,19 \text{ мкм}$; пунктирные и штрих-пунктирные кривые для $n_r=1,35$, $\sigma^2=0,26$, $r_0=0,23 \text{ мкм}$ и $n_r=1,37$, $\sigma^2=0,40$, $r_0=0,13 \text{ мкм}$ соответственно.

корректного количественного анализа молекулярных полос поглощения необходимо знать индикаторы рассеяния и вероятность выживания кванта в непрерывном спектре. Так как при рассеянии света в атмосфере планеты, особенно в облачном слое, доминирующую роль играет аэрозольная составляющая, то рассеивающие свойства атмосферы будут определяться в основном показателем преломления и средним радиусом аэрозольных частиц.

С другой стороны, определение показателя преломления и среднего радиуса облачных частиц представляет несомненный интерес для изучения природы облаков и динамики атмосферы.

Так как в настоящее время одним из наиболее надежных методов изучения аэрозольной составляющей атмосферы является поляризационный метод исследования, то в этой статье мы попытаемся обобщить

результаты всех имеющихся работ по измерению поляризации Юпитера.

Первые поляризационные измерения различных участков диска Юпитера были проведены Лио [11] в 1923—1926 гг. Наблюдения проводились в интегральном свете с помощью визуального поляриметра, обеспечивающего измерение степени поляризации с ошибкой, не превышающей 0,1 %. Результаты этих измерений (рис. 1, крестики для $\lambda=0.6 \text{ мкм}$) показали:

1) степень поляризации центра диска Юпитера увеличивается с ростом фазового угла и фактически во всем интервале фазовых углов, доступных для наблюдений с поверхности Земли. Плоскость поляризации находится в плоскости рассеяния, т. е. поляризация отрицательна. Кроме того, вид фазовых кривых поляризации и ее величина с каждым годом меняются незначительно;

2) светлые зоны и темные полосы практически не различаются по своим поляризационным свойствам;

3) степень поляризации лимбовых точек диска (запад, восток, север, юг) больше центра диска и по модулю имеет разное значение для всех этих деталей. Кроме того, степень поляризации полярных районов не зависит от угла фазы, а преимущественное направление колебаний электрического вектора всегда перпендикулярно краю. Лио интерпретировал такое поведение поляризации у полюсов Юпитера как результат многократного рассеяния света в его плотной атмосфере.

В 1952—1955 гг. Дольфюс [7] изучал поляризационные свойства различных участков диска Юпитера в шести участках спектра в интервале 0,45—0,65 мкм. Наблюдения проводились с визуальным поляриметром и обеспечивали измерение поляризации с ошибкой около 0,1 %. Помимо результатов, подтверждающих ранее полученные Лио [11], Дольфюс обнаружил:

1) во всем исследованном спектральном интервале степень поляризации всех участков диска практически не зависит от длины волны;

2) в исследованных участках спектра и при различных значениях фазовых углов зоны и полосы не различаются своими поляризационными свойствами;

3) изучение поляризующих свойств Красного пятна и окружающих деталей на различных расстояниях от центрального меридиана, проведенное 7 августа 1952 г., не показало каких-либо различий.

В 1960—1963 гг. Герелс и др. [8] изучали зависимость поляризации краевых точек диска Юпитера от длины волны в спектральном интервале 0,325—0,99 мкм. Они установили, что степень поляризации как полярных, так и западного и восточного краев диска сильно зависит от длины волны. Кроме того, эти наблюдения показывают, что степень поляризации для всех краевых точек имеет не только различное значение, но и различный вид спектральной зависимости. Это, видимо, говорит об оптической неоднородности облачного слоя планеты в горизонтальной плоскости.

В 1968 г. Холл и Райли [9] с помощью сканирующего поляриметра исследовали распределение поляризации по диску планеты в двух участках спектра (0,376 и 0,574 мкм) при фазовом угле $\alpha=10^\circ$. Ошибки измерений составляли 0,3 и 0,8 % в центре и на краю диска соответственно. Эти результаты также показывают, что поляризация увеличивается от центра диска к краю и что краевые участки диска различаются своими поляризующими свойствами. Кроме того, наблюдения Холла и Райли впервые показали, что поляризация Юпитера в УФ-лучах положительная, тогда как в участке спектра 0,574 мкм — отрицательная. Это, безусловно, является самым интересным результатом их работы. Холл и Райли не обнаружили заметного различия в поляризующих свойствах зон, полос и Красного пятна. Сразу же оговоримся,

что низкая точность измерений степени поляризации (ошибка 0.3% для центра диска) не исключает возможности существования различий поляризации, по амплитуде не превышающих 0.3%.

В 1971 и 1972 гг. Холл и Райли [10] продолжили измерение распределения поляризации по диску Юпитера в области спектра с $\lambda = 0,376 \text{ мкм}$, уделив внимание исследованию Красного пятна. Поляризация Красного пятна не отличается по величине и знаку от поляризации окружающих его деталей.

Большую работу по изучению поляризующих свойств отдельных деталей диска Юпитера провел О. Р. Болквадзе [2]. Измерения проводились в четырех участках спектра, вырезаемых с помощью широкополосных светофильтров, в спектральном интервале 0.4—0.66 мкм.

1. Степень поляризации центральных областей диска планеты (вплоть до широты 45°) не превышает в среднем — 0.5%. Кроме того, величина поляризации практически не зависит от длины волны и не испытывает временных вариаций. При $\alpha=0$ степень поляризации равна нулю.

2. Поляризация краевых точек диска не только зависит от длины волны и угла фазы, но и испытывает временные вариации. Своими поляризирующими свойствами западный край отличается от восточного, а южный — от северного.

Турбулентное дрожание изображения в земной атмосфере очень сильно влияет на результаты измерений краевых точек диска. Без систематического контроля качества изображения изменение амплитуды турбулентного дрожания может привести к ошибочному выводу о существовании временных вариаций.

В 1971 г. автором [5] были проведены измерения степени поляризации как всего диска планеты, так и его центральной области в отдельных участках спектра в интервале длин волн $0.373 \leq \lambda \leq 0.798 \text{ мкм}$. Ошибка в измеренных значениях степени поляризации для всего диска составляла 0.05%, а для центра — примерно 0.1%. Результаты этих измерений для центра диска представлены на рис. 1 (светлые кружки), а для всего диска (после исправления за его неоднородность) — на рис. 2 (светлые кружки).

Основные результаты этих измерений следующие.

1. Из-за неоднородности диска Юпитера поляризация всего диска планеты вблизи оппозиции не равна нулю. Во всем исследованном спектральном интервале поляризация положительна и равна 0.24—0.38%. Согласно измерениям Коффина и Бакера [13, с. 606], в двух участках спектра с длинами волн 0.446 и 0.619 мкм вблизи нулевого фазового угла поляризация всего диска Юпитера была положительной и равнялась 0.3—0.4%.

2. После исправления измеренных значений степени поляризации всего диска планеты за эффект неоднородности [5] оказалось, что в спектральном интервале $0.4 \leq \lambda \leq 0.8 \text{ мкм}$ поляризация отрицательная и увеличивается по модулю с ростом угла фазы. Максимальное значение степени поляризации не превышает 0.7%. В участках спектра с эффективной длиной волны $\lambda=0.373 \text{ мкм}$ поляризация находится вблизи нуля.

3. Для центра диска спектральные фазовые кривые поляризации имеют такой же вид, как и для всего диска. Максимальное значение степени поляризации не превышает 0.7%.

В 1973 г. работа по изучению поляризационных свойств всего диска Юпитера и его центральной области (с диафрагмой диаметром 20'') продолжалась. В период наблюдений спектральный интервал был расширен в УФ-область спектра за счет добавления двух интерференционных светофильтров с эффективными длинами волн 0.316 и 0.347 мкм. Поскольку в 1973 г. Юпитер наблюдался на больших зе-

нитных расстояниях ($z > 70^\circ$), то уверенные измерения центра диска проводились лишь в спектральном интервале 0.423—0.798 мкм.

В 1971 г. [5] наблюдения проводились с помощью электрофотометра слабых потоков [3], установленного в фокусе Кассегрена 70-см рефлектора ГАО АН УССР. Систематические измерения звезды α

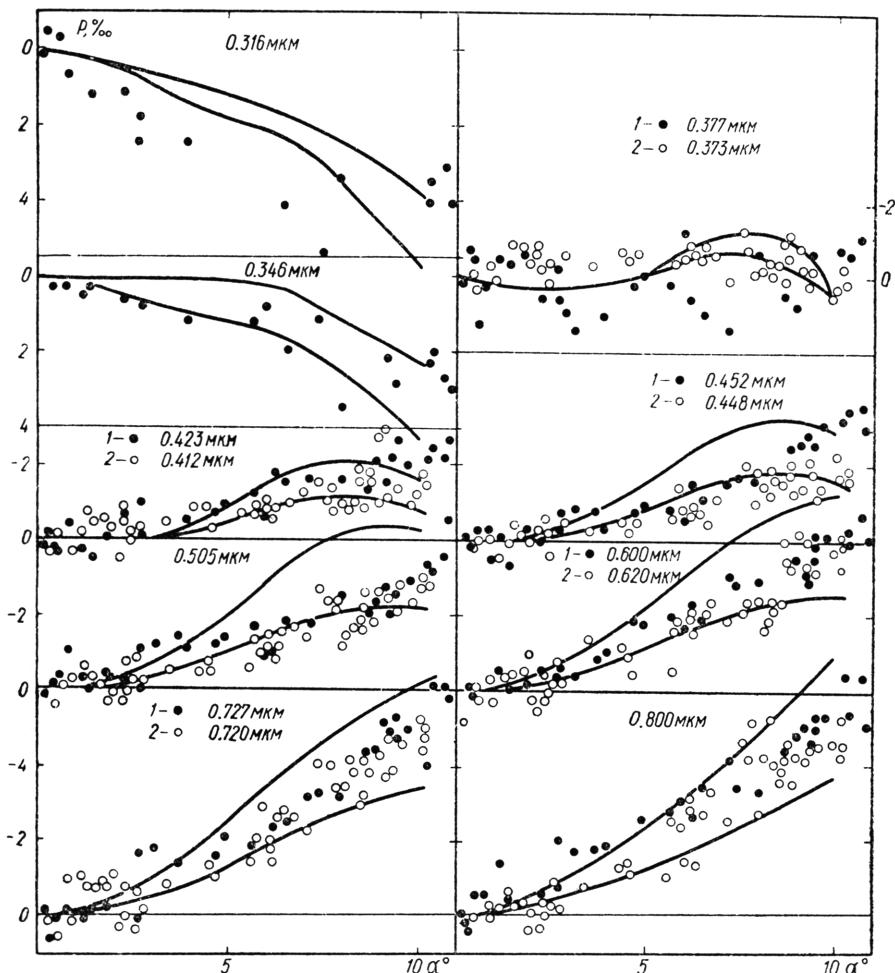


Рис. 2. Зависимость поляризации от угла фазы для всего диска. Условные обозначения см. на рис. 1.

Лиры показали, что во всем спектральном интервале инструментальная поляризация системы электрополяриметр—телескоп находится в пределах пороговой чувствительности аппаратуры, т. е. $P_n \leq 0.05\%$. Ошибка в измеренных значениях степени поляризации составляет примерно 0.05% для всего диска планеты и 0.1% — для центра диска. Результаты измерений приведены в табл. 1 и 2 и на рис. 1 и 2 (темные кружки).

Эти наблюдения подтвердили, что при малых значениях фазового угла ($\alpha < 1^\circ$) поляризация всего диска планеты не равнялась нулю. Данные измерений для всего диска (табл. 1 и рис. 2) исправлены за эффект неоднородности диска. Средние спектральные значения степени поляризации $P(\alpha < 1^\circ)$, обусловленные, по нашему мнению, эффектом неоднородности диска, приведены в нижней строке табл. 1.

Измерения в период наблюдений 1973 г. позволили получить уверенные данные о зависимости поляризации всего диска планеты от угла фазы в двух ранее не исследованных участках спектра с $\lambda=0.316$ и 0.347 мкм . В этих участках спектра поляризация положительная во всем интервале фазовых углов. Кроме того, сравнение наблюдений 1971 г. и 1973 г. (см. рис. 1 и 2) показало, что во всех участках спектра в интервале длин волн $0.373 \leq \lambda \leq 0.798 \text{ мкм}$ фазовые кривые поляризации практически совпадают между собой для двух периодов наблюдений. Это говорит о том, что физические характеристики атмосферного аэрозоля оставались неизменными.

Таблица 1

Дата	α°	Степень поляризации всего диска Юпитера (P, %) при различных λ								
		0.316	0.347	0.377	0.423	0.452	0.504	0.600	0.727	0.798
4/5. VI-1973 г.	9.68				-0.20	-0.31	-0.29	-0.41	-0.50	-0.53
8/9	9.24				-0.22	-0.27	-0.20	-0.31	-0.49	-0.46
11/12	8.88		0.08	-0.21	-0.25	-0.24	-0.35	-0.45	-0.48	
13/14	8.63		0.05	-0.14		-0.21	-0.35	-0.44	-0.44	
22/23	7.33				-0.17		-0.28	-0.33	-0.34	
23/24	7.17		0.14	-0.16	-0.15	-0.18	-0.30	-0.32	-0.42	
27/28	6.52	0.41	0.20	0.10	-0.15	-0.11	-0.18	-0.19	-0.25	-0.34
29/30	6.18			0.06	-0.18	-0.15	-0.10	-0.23	-0.24	-0.27
2/3. VII	5.64		0.12	0.02	-0.12	-0.09	-0.17	-0.20	-0.19	-0.28
6/7	4.90			0.00	-0.09	-0.09	-0.14	-0.18	-0.21	-0.26
7/8	4.69			0.02	-0.08	-0.08	-0.12	-0.19	-0.15	-0.25
11/12	3.91	0.25	0.12	0.10	-0.05	-0.03	-0.08	-0.11		-0.18
12/13	3.70				-0.07	-0.08	-0.07	-0.09	-0.13	-0.18
15/16	3.10			0.14	-0.05	-0.08	-0.12	-0.04	-0.18	-0.18
17/18. VII	2.68	0.18	0.08	0.06	-0.10	-0.07	-0.10	-0.06	-0.17	-0.20
19/20	2.27	0.12	0.07	0.06	-0.07	0.00	-0.02	-0.05		-0.06
21/22	1.84			-0.06	0.00	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.08
23/24	1.42	0.12	0.03	-0.03	0.05	0.07	0.00	-0.01	-0.01	-0.04
24/25	1.21			0.05	-0.04	0.03	-0.01	-0.04	-0.05	0.01
26/27	0.78	0.07	0.03	0.03	-0.04	-0.03	0.06	-0.05	-0.01	-0.06
27/28	0.55	-0.03	-0.02	0.13	0.04	-0.03	-0.04	-0.03	0.01	-0.06
29/30	0.30	-0.05	-0.02	-0.07	0.02	0.01	-0.01	-0.01	-0.05	0.02
30/31	0.18	0.01	-0.04	0.02	0.02	-0.01	0.02	0.07	0.01	0.00
31/1. VIII	0.38		0.03	-0.05	0.02	0.05	-0.02	0.01	0.07	0.04
11/12	2.68	0.24		-0.02	-0.01	-0.03	0.00	-0.04	0.01	-0.08
28/29	6.00		0.09	-0.12	-0.05	-0.05	-0.09	-0.17	-0.17	-0.31
9/10. IX	7.95	0.34		-0.06	-0.16	-0.16	-0.26	-0.29	-0.32	-0.33
18/19	9.14		0.22	-0.02	-0.16	-0.26	-0.28	-0.29	-0.51	-0.51
20/21	9.38		0.28	-0.06	-0.27	-0.26	-0.26	-0.35	-0.53	-0.50
29/30	10.25	0.41	0.22	-0.07	-0.02	-0.32	-0.34	-0.42	-0.41	-0.64
30/1. X	10.33	0.35	0.20	-0.06	-0.24	-0.35	-0.32	-0.39	-0.62	-0.54
5/6	10.69	0.31	0.27	-0.10	-0.22	-0.35	-0.36	-0.47	-0.61	-0.64
8/9	10.89	0.41	0.30	-0.18	-0.26	-0.29	-0.46	-0.40	-0.59	-0.51
			-0.13	-0.08	0.08	0.28	0.27	0.32	0.31	0.25
										0.24

В настоящее время имеются данные о поляризации Юпитера, полученные КА «Пионер-10» в декабре 1973 г. Опубликованы данные о распределении поляризации по диску Юпитера при фазовом угле $\alpha=103^\circ$ в области спектра с $\lambda=0.44 \text{ мкм}$ [6]. Поляризация положительна и для центра диска находится в пределах 7—10%, причем, при переходе от центра к краю диска она увеличивается. Кроме того, у зон поляризация меньше, чем у полос.

Таким образом, в настоящее время по наземным наблюдениям мы располагаем уверенными данными о зависимости поляризации от угла фазы (для $\alpha < 12^\circ$) в отдельных участках спектра в интервале длин волн $0.316 \leq \lambda \leq 0.798 \text{ мкм}$ для всего диска планеты и $0.373 \leq \lambda \leq 0.798 \text{ мкм}$ для центра диска. Кроме того, благодаря измерениям на КА «Пионер-10» мы располагаем данными о поляризационных свой-

ствах Юпитера в области спектра с $\lambda=0,44 \text{ мкм}$ при фазовом угле $\alpha=103^\circ$.

В 1973 г. автор и Э. Г. Яновицкий [13] провели анализ поляризационных измерений Юпитера в 1971 г. и определили показатель преломления и средний радиус аэрозольных частиц. В этой работе рассматривались две модели атмосферы Юпитера.

Таблица 2

Дата	α°	Степень поляризации центра диска Юпитера ($P, \%$) при различных λ					
		0.423	0.452	0.504	0.600	0.727	0.798
3/4. VI 1973	9.73	-0.40	-0.40	-0.39	-0.40	-0.62	-0.57
12/13	8.76	-0.20	-0.33	-0.38	-0.31	-0.45	-0.47
13/14	8.63	-0.33		-0.32	-0.30	-0.49	-0.50
21/22	7.50	-0.22	-0.28	-0.33	-0.30	-0.47	-0.42
23/24	7.17	-0.23	-0.23	-0.30	-0.31	-0.41	-0.39
25/26	6.85	-0.21	-0.25	-0.30	-0.28	-0.40	-0.42
26/27	6.68	-0.21	-0.17	-0.24	-0.21	-0.31	-0.38
27/28	6.52	-0.20	-0.16	-0.22	-0.19	-0.35	-0.31
28/29	6.35	-0.18	-0.20	-0.26	-0.21	-0.33	-0.51
29/30	6.28	-0.17	-0.22	-0.19	-0.21	-0.37	-0.36
2/3. VII	5.64	-0.15	-0.16	-0.22	-0.22	-0.26	-0.62
6/7	4.90	-0.08	-0.11	-0.17	-0.12	-0.23	-0.29
7/8	4.69	-0.15	-0.09	-0.13	-0.16	-0.27	-0.31
11/12	3.91	-0.08	-0.13	-0.07	-0.15	-0.12	-0.21
12/13	3.70	-0.10	-0.08	-0.02	-0.09	-0.11	-0.16
15/16	3.10	-0.06	-0.11	-0.01	-0.09	-0.06	-0.22
17/18	2.68	-0.04	-0.05	-0.06	-0.05	-0.11	-0.19
19/20	2.27	-0.06	0.00	-0.03	-0.01	-0.03	-0.10
21/22	1.84	-0.10	-0.04	-0.08	-0.03	-0.09	-0.13
23/24	1.42	-0.04	0.04	0.07	-0.05	-0.02	-0.14
24/25	1.21	-0.01	0.07	0.08	-0.04	0.02	-0.15
26/27	0.78	0.06	0.06	0.01	0.07	0.01	-0.05
27/28. VII	0.55	0.05	0.06	-0.06	-0.03	-0.03	-0.03
29/30	0.30	-0.04	-0.04	-0.09	-0.09	-0.06	-0.10
11/12. VIII	2.68	-0.04	-0.12	-0.07	-0.10	-0.04	-0.21
28/29	6.00	-0.14	-0.14	-0.17	-0.16	-0.25	-0.32
9/10. IX	7.95	-0.31	-0.30	-0.30	-0.29	-0.40	-0.41
29/30	9.14	-0.34	-0.44	-0.44	-0.49	-0.65	-0.57
30/1. X	10.33	-0.43	-0.44	-0.45	-0.47	-0.63	-0.63
5/6	10.69	-0.48	-0.50	-0.51	-0.52	-0.74	-0.62
8/9	10.85	-0.46	-0.60	-0.52	-0.56	-0.70	-0.68

Модель A. Атмосфера планеты представляет собой полубесконечный однородный газово-аэрозольный слой. Роль газовой составляющей при рассеянии света в этом слое характеризуется параметром $\beta=\sigma_g/(\sigma_g+\sigma_a)$, где σ_g и σ_a — объемные коэффициенты рассеяния газа и аэрозольных частиц соответственно.

Модель B. Над полубесконечным аэрозольным облачным слоем ($\beta=0$) расположен газовый слой малой оптической толщины τ_0 .

В результате анализа было получено, что действительная часть показателя преломления облачных частиц $n_r=1.36 \pm 0.01$, их средний радиус $r_0=0.19 \text{ мкм}$, дисперсия радиусов $\sigma^2=0.30$, $\beta \approx 0.30$ (для модели A) и $\tau_0 \approx 0.15$ (для модели B). Значения β и τ_0 приведены для длины волны 0.373 мкм . Полученное значение n_r совпадает с показателем преломления жидкого аммиака при температуре $T=200 \pm 20^\circ \text{K}$ [12].

На рис. 1 и 2 приведено сравнение наблюденных значений степени поляризации с рассчитанными (сплошные кривые) при $n_r=1.36$ и $r_0=-0.19 \text{ мкм}$. Подробно этот вопрос рассматривался [13]. Отметим, что приведенные для каждой длины волны две рассчитанные фазовые кривые означают наиболее вероятные пределы нахождения измеренных значений степени поляризации. На рис. 1 дано сравнение для модели B, а на рис. 2 — для модели A. Кроме того, на этих рисунках для

длины волны $\lambda=0.373 \text{ мкм}$ приведены рассчитанные фазовые кривые поляризации для частиц с $n_r=1.35$, $r_0=0.23 \text{ мкм}$ (пунктир) и $n_r=1.37$, $r_0=0.13 \text{ мкм}$ (штрихпунктир). В длинноволновой области спектра ($\lambda \geq 0.6 \text{ мкм}$) рассчитанные фазовые кривые для всех трех показателей преломления совпадают. Вывод о малом значении среднего радиуса облачных частиц Юпитера ранее был получен В. В. Аврамчуком [1] на основе анализа поведения полосы поглощения метана $\lambda 6190 \text{ \AA}$ по диску планеты ($0.15 \leq r_0 \leq 0.20 \text{ мкм}$), В. М. Лоскутовым [4] на основе анализа поляризационных наблюдений Лио [11] ($r_0 \approx 0.3 \text{ мкм}$) и др.

При выполнении [13] сравнение расчетов с наблюдениями велось в предположении, что показатель преломления облачных частиц находится в пределах $1.31 \leq n_r \leq 1.50$. При подготовке настоящей статьи мы провели подобное сравнение для частиц с $1.50 \leq n_r \leq 2.2$. В этой области значений показателя преломления не было найдено удовлетворительного согласия расчетов с наблюдениями.

В 1973 г. впервые были получены фазовые кривые поляризации всего диска Юпитера в УФ-лучах для длин волн с $\lambda < 0.35 \text{ мкм}$. Сравнение расчетов с наблюдениями показало хорошее согласие в области спектра с $\lambda=0.347 \text{ мкм}$ и несколько худшее — для $\lambda=0.316 \text{ мкм}$ (см. рис. 2).

Наблюдаемое различие в области спектра с $\lambda=0.316 \text{ мкм}$ может быть вызвано несколькими причинами (неверное значение n_r , r_0 , β и пр.). Наиболее вероятным нам кажется то, что на практике показатель преломления несколько изменяется с длиной волны.

Наибольший интерес представляет сравнение расчетов с наблюдениями, полученными с КА «Пионер-10». В [6] Коффин провел предварительную интерпретацию поляризационных наблюдений, полученных при фазовом угле 103° и длине волны 0.44 мкм . Он рассмотрел модель чисто газовой надоблачной атмосферы с ламбертовским подстилающим облачным слоем. В результате расчетов оказалось, что в этой длине волны оптическая толщина газовой атмосферы для центральных областей диска планеты находится в пределах $0.03—0.09$, что довольно хорошо согласуется с полученными значениями $\tau_0^{(1)}=0.048$ и $\tau_0^{(2)}=0.085$ для модели *B* [13]. Кроме того, для модели *A* были рассчитаны предельные значения степени поляризации центра диска Юпитера. Оказалось, что рассчитанное значение степени поляризации для центральных областей диска Юпитера находится в пределах $3.5—9.4\%$, что также хорошо согласуется с наблюденными значениями ($7 \leq p \leq 10\%$) [6].

Проведенные автором поляризационные измерения Юпитера позволили определить физические характеристики облачных частиц атмосферы планеты, которые удовлетворяют не только всем имеющимся поляризационным измерениям, но и данным КА «Пионер-10».

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврамчук В. В. — Определение оптических параметров атмосферы Юпитера. — АЦ, 1968, 484, 4.
2. Болквадзе О. Р. Исследование поляризационных свойств Юпитера, канд. дис., Тбилиси, 1972.
3. Бугаенко Л. А. и др. Электрофотометр слабых потоков. — В кн.: Астрометрия и астрофизика, 1, Киев, «Наукова думка», 1968, 193.
4. Лоскутов В. М. Об интерпретации поляриметрических наблюдений Юпитера, — АЖ, 1971, 48.
5. Мороженко А. В. — Поляриметрические исследования планет гигантов, III. Юпитер. — АЖ, 1973, 50.
6. Coffeen D. L. Optical Polarization Measurements of the Jupiter Atmosphere at 103° Phase Angle, J. Geophys. Res., 1974, 79, 3645.
7. Dollfus A. Etude des planètes par la polarization de leur lumière, Ann. Astrophys. Suppl., 1957, N 4, 53.

8. Gehrels T., Herman B. M., Owen T. Wavelength Dependence of Polarization XIV. Atmosphere of Jupiter, Astron. J., 1969, **79**, 190.
9. Hall J. S., Riley L. A. Photoelectric Observations of Mars and Jupiter with a Scanning Polarimeter, Lowell Observ. Bull., 1968, **7**, 83.
10. Hall J. S., Riley L. A., Polarization Measurements of Jupiter and the Great Red Spot, Planets, Stars and Nebulae Studied with Photopolarimetry, ed. T. Gehrels, Tucson, 1974, 593.
11. Lyot B. Recherches sur la polarization de la lumiere des planetes et de quelques substances terrestres, Ann. Obs. Meudon, 1929, **8**, 1.
12. Marcoux J. E. Indices of Refraction of some Gases in Gases in the Liquid and Solid State, J. Opt. Soc. Amer., 1969, **59**, 998.
13. Morozhenko A. V., Yanovitskii E. G. The Optical Properties of Venus and the Jovian Planets. I. The Atmosphere of Jupiter According to Polarimetric Observations, Icarus, 1973, **18**, 583.

Главная астрономическая
обсерватория АН УССР

Поступила в редакцию
в марте 1975 г.