

УДК 523.4

А. В. Мороженко

Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
03680 Киев, ул. Академика Заболотного 27

Переопределение монохроматических коэффициентов поглощения метана с учетом тепловых режимов планет-гигантов. IV. Юпитер и Сатурн

Из анализа данных о спектральной зависимости геометрического альbedo дисков Юпитера и Сатурна были определены закономерности высотного изменения оптической глубины аэрозольной составляющей верхних слоев атмосфер этих планет, уточнена относительная концентрация метана для атмосферы Юпитера (0.00125), определены характерные для тепловых режимов атмосфер Юпитера и Сатурна спектральные значения монохроматического коэффициента поглощения метана (или суперпозиции этих коэффициентов для метана и аммиака) в спектральном диапазоне $\lambda\lambda$ 527—956 нм.

ПЕРЕВИЗНАЧЕННЯ МОНОХРОМАТИЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ПОГЛІНАННЯ МЕТАНУ З УРАХУВАННЯМ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ ПЛАНЕТ-ГІГАНТІВ. IV. ЮПІТЕР І САТУРН, Мороженко О. В. — З аналізу даних про спектральні значення геометричного альbedo дисків Юпітера і Сатурна були визначені закономірності висотної зміни оптичної глибини аерозольної складової верхніх шарів атмосфер цих планет, уточнена відносна концентрація метану в атмосфері Юпітера (0.00125), визначені притаманні для теплових режимів атмосфер Юпітера і Сатурна спектральні значення монохроматичного коефіцієнта поглинання метану (або суперпозиції цих коефіцієнтів для метану і аміаку) у спектральному інтервалі $\lambda\lambda$ 527—956 нм.

REDETERMINATION OF MONOCHROMATIC ABSORPTION COEFFICIENTS OF METHANE WITH REGARD TO THERMAL CONDITIONS IN GIANT PLANET ATMOSPHERES. IV. JUPITER AND SATURN, by Morozhenko A. V. — On the basis of some data on spectral dependence of geometric albedo for the discs of Jupiter and Saturn, we determined the regularity in the change of the aerosol optical depth with altitude in the upper atmospheres, the relative concentration of methane (0.00125) for Jupiter's atmosphere, the monochromatic absorption coefficients of methane (or the superposition of these coefficients for methane and ammonia) in the spectral region from λ 527 nm to λ 956 nm.

В работах [4, 5, 7] был разработан метод уточнения монохроматических коэффициентов поглощения метана k_v с учетом температурных профилей

атмосфер планет-гигантов [10]. Ниже по уточненной методике [7] оценены значения k_ν для Юпитера и Сатурна. Не вдаваясь в описанные в работе [7] детали, отметим только используемые предположения и последовательность операций.

ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

1. Физические свойства облачных частиц, значения их коэффициентов рассеяния $\sigma_a(\lambda)$ и первого коэффициента x_1 в разложении индикатрисы рассеяния в ряд по полиномам Лежандра не меняются с глубиной в атмосфере и известны [2, 3, 11].

2. В качестве модельных значений геометрического альbedo и эффективных оптических глубин использовались расчеты А. Овсака для двухпараметрической индикатрисы рассеяния Хеньи-Гринштейна при значении $x_1 = 2.24$ (см. [6, с. 206]). Исправление за изменение этого коэффициента, в том числе и вследствие влияния молекулярного рассеяния, велось по данным графической зависимости $\ln \tau_s$ от x_1 (см. рис. 3 в работе [5]).

3. Относительные концентрации γ водорода и гелия соответственно равны 0.85 и 0.15.

4. Значения k_ν центров всех полос поглощения одинаково реагируют на изменение температуры, а сами k_ν при комнатной температуре брались из работы [8].

5. Исправление k_ν за температурный профиль проводилось с помощью поправки [5]

$$\Delta \ln k_\nu(p) = \ln \left[\sum (p_i T_0 / p_0 T_i) (295 / T_i)^n \right] - \ln \left[\sum (p_i T_0 / p_0 T_i) \right], \quad (1)$$

где p_0 и T_0 — значения давления и температуры для некоторого нулевого уровня в верхних слоях атмосферы (рис. 1). Принималось, что $p_0 = 0.001$ бар, $T_0 = 169.1$ К (Юпитер) и 0.00056 бар, 143.0 К (Сатурн), а $n = 0.72$ [4]). Поскольку в работе [10] приведены значения температуры до ограниченных значений давления, то для более глубоких слоев атмосфер использовались линейные аппроксимации со значениями $\Delta T = 59.8$ (Юпитер) и 44.3 К (Сатурн) на $\Delta \ln p = 1$.

6. Анализировались данные о спектральных зависимостях геометрического альbedo планет, которые получены со спектральным разрешением 1 нм [9].

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

1. Как и в предыдущих работах [4, 5, 7], первоначально определялись спектральные значения $\ln(\tau_\nu + \tau_\kappa) / \tau_s$ и $\ln \tau_s$, а по ним — значения $\ln \tau_\nu$ и количества метана на луче зрения. Как видно, определяемые по наблюдательным данным величины $\ln(\tau_\nu + \tau_\kappa) / \tau_s$ характеризуют совместное влияние полос поглощения метана и поглощения в непрерывном спектре (соответственно индексы ν и κ), поэтому в первую очередь необходимо определить и учесть последнее. В случае планет-гигантов эта проблема осложняется тем, что в видимом диапазоне длин волн практически нет участков с нулевым метановым поглощением. Поэтому здесь, как и в предыдущих наших работах, предполагалось, что спектральные значения $\ln(\tau_\nu / \tau_s)$ удовлетворительно описываются выражением

$$\ln(\tau_\nu / \tau_s)_\lambda = A + B \ln \lambda.$$

При определении параметров A и B принималось, что на длине волны $\lambda = 527.2$ нм доминирующим является поглощение в непрерывном спектре, а поэтому поглощением метана можно пренебречь. Что касается больших длин волн, то мы добивались, чтобы найденные в последующем значения монохроматического коэффициента поглощения метана на участках с минимальными его значениями [8] в основном были не меньшими, чем для Нептуна [7]. В результате для Юпитера было принято

$$\ln(\tau_c/\tau_s)_\lambda = -8.354 - 4.605\ln\lambda,$$

а для Сатурна —

$$\ln(\tau_c/\tau_s)_\lambda = -4.930 - 7.449\ln(\lambda/527.2) \text{ при } \lambda \leq 579.2 \text{ нм,}$$

$$\ln(\tau_c/\tau_s)_\lambda = -5.631 - 13.683\ln(\lambda/579.2) \text{ при } \lambda \leq 579.2 \text{ нм.}$$

2. После учета поглощения в непрерывном спектре определялись спектральные значения $\ln\tau_v$, а по ним и значения $\ln NL^G$ для центров полос поглощения в спектральном интервале $\lambda\lambda = 543...887$ нм. Индексом G обозначены значения, полученные с использованием значений k_v при комнатной температуре [8].

3. В случае независимости относительной концентрации γ метана от глубины значения давления p и оптической глубины τ_R газовой составляющей атмосфер определялись с помощью выражений

$$\ln\tau_R = \ln NL - \ln\gamma - 8.123, \quad (2)$$

$$\ln p = \ln A + \ln\tau_R. \quad (3)$$

Здесь A равно давлению, при котором τ_R ($\lambda = 887.2$ нм) = 1 ($\ln A = 4.465$ для Юпитера, 3.599 для Сатурна). Коэффициент -8.123 равен значению $\ln\tau_R$ для газовой атмосферы протяженностью 1 км-амагат на длине волны $\lambda = 887.2$ нм. Первоначально принималось, что $\gamma = 0.0021$ [12]. По найденным с помощью выражения (3) значениям давления из графических зависимостей рис. 1 находились поправки (1), по которым величины $\ln NL^G$ исправлялись за изменение монохроматических коэффициентов поглощения метана в условиях тепловых режимов планет. Эта процедура проводилась до тех пор, пока последняя итерация давала изменение не больше, чем на 0.001.

4. По выражению (2) рассчитывались значения $\tau_R(\lambda)$ для эффективных уровней формирования центров полос поглощения, и по исправленным за изменение коэффициента x_1 оценкам $\tau_s(\lambda)$ вычислялись $\tau_d(\lambda)$.

Рис. 1. Изменение поправки к монохроматическому коэффициенту поглощения метана за изменение температуры с глубиной в атмосферах Юпитера (1) и Сатурна (2)

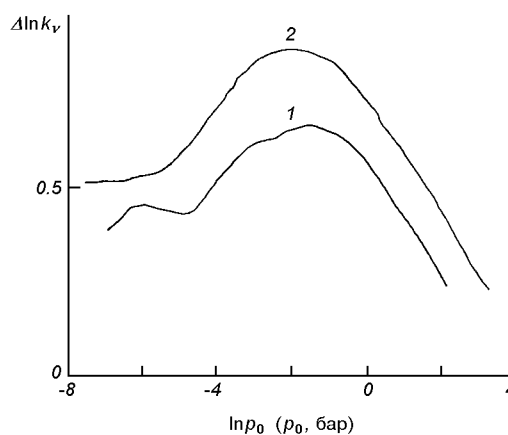


Таблица 1. Значения $\ln NL$, τ_a , давления p и длины волны λ для центров полос поглощения метана в атмосферах Юпитера и Сатурна

Юпитер				Сатурн			
$\ln NL$	p , бар	τ_a	λ , нм	$\ln NL$	p , бар	τ_a	λ , нм
-4.568	0.214	0.460	887.2	-4.805	0.0711	0.400	887.2
-3.359	0.717	3.300	862.4	-3.672	0.221	2.827	862.4
-3.211	0.826	3.395	727.6	-3.426	0.282	3.237	727.6
-2.364	1.940	8.807	619.2	-2.586	0.654	7.719	841.2
-2.134	2.437	8.613	841.6	-2.530	0.691	10.238	619.2
-1.947	2.944	10.863	542.8	-1.994	1.182	15.272	702.4
-1.589	4.212	11.748	702.4	-1.973	1.207	10.531	542.8
-1.151	6.527	13.324	576.0	-1.474	1.988	16.859	576.0
-0.397	13.874	12.748	596.0	-1.159	2.724	19.870	596.0

Пересчитанные на длину волны $\lambda = 887.2$ нм значения этой величины для обеих планет показали, что максимальное значение объемного коэффициента рассеяния облачных частиц соответствует уровням с примерно одинаковым значением метана на луче зрения. При этом оказалось, что для принятой относительной концентрации метана в 0.0021 эта граница в атмосфере Юпитера соответствует давлению в 0.84 бар, тогда как по данным измерений зонда КА Галилео [13] в экваториальной зоне — на давление 1.25 бар. Если предположить, что давление для этого уровня одинаково для всей планеты, то упомянутое различие может быть приписано только ошибочному значению γ . Легко убедиться, что в соответствии с выражениями (2) и (3) уровень с давлением 1.25 бар соответствует $\gamma = 0.00125$, которое в дальнейшем и использовалось для обеих планет. В этом случае выражения (2) и (3) переписываются в виде

$$\begin{aligned} \ln \tau_R &= \ln NL - 1.438 && \text{для Юпитера и Сатурна,} \\ \ln p &= 3.027 + \ln NL && \text{для Юпитера,} \\ \ln p &= 2.161 + \ln NL && \text{для Сатурна.} \end{aligned}$$

Вновь найденные значения оптической глубины аэрозольной составной для длины волны $\lambda = 887.2$ нм приведены в табл. 1.

Наблюдаемые немонотонные изменения $\tau_a(NL)$ вероятнее всего объясняются ошибками используемых значений $\sigma_a(\lambda)$ и $x_1(\lambda)$, а также k_v [8]. Тем не менее, следует ожидать, что в атмосфере Юпитера ниже уровня 6.6 бар практически отсутствует аэрозольное рассеяние, т. е. ниже этого уровня значение оптической глубины аэрозольной составляющей остается практически неизменным. В пользу такого предположения говорят и данные упомянутого выше зондирования атмосферы. В то же время для Сатурна центры всех полос поглощения формируются в облачном слое. Поскольку для расчета зависимости $\ln \tau_s(NL)$ необходимы данные о $\tau_a(NL)$, данные табл. 1 аппроксимировались квадратичной зависимостью от $\Delta \ln NL$. В результате для облачного слоя Юпитера было получено

$$\ln \tau_a(NL) = -0.7765 + (1.8926 - 0.2688 \Delta \ln NL) \Delta \ln NL$$

для $-4.568 \leq \ln NL = -1.05$, или $0.214 \leq p \leq 7.221$ бар;

$$\tau_a(NL) = 12.870 \text{ при } \ln NL = -1.05.$$

Сложнее обстояло дело с Сатурном, для которого, как уже говорилось, облачный слой простирается ниже уровня формирования центров всех полос поглощения. Поэтому здесь также пришлось подбирать закономерность изменения оптической глубины аэрозоля для слоев с давлением больше

2 бар. Мы добивались, чтобы для длинноволновой области спектра, в которой погрешности за ошибочность в учете поглощения в непрерывном спектре являются минимальными, полученные коэффициенты поглощения метана на длинах волн с минимальными значениями k_ν не были меньшими, чем для Урана и Нептуна. Было получено, что

$$\ln\tau_a(NL) = -0.9152 + (1.9011 - 0.2338\Delta\ln NL)\Delta\ln NL$$

для $-4.805 \leq \ln NL = -1.20$, или $0.0711 \leq p \leq 2.614$ бар;

$$\ln\tau_a(NL) = 2.8997\Delta\ln NL \text{ при } \ln NL = -1.20.$$

5. Сравнивая найденные по наблюдательным данным значения $\ln\tau_s$ с рассчитанными, мы находили значения $\ln NL$ в спектральном интервале $\lambda\lambda = 528...946$ нм, а по ним — k_ν (табл. 2). В этой таблице звездочками обозначены длины волн известных полос поглощения аммиака, в том числе и чрезвычайно слабых в крыльях полосы поглощения метана на $\lambda = 619$ нм [1]. Отметим, что используемая здесь методика позволяет определять суммарные значения k_ν всех газов (с учетом их относительных concentra-

Таблица 2. Монохроматические коэффициенты поглощения метана в тепловых режимах атмосфер Юпитера и Сатурна

λ , нм	$\ln k_\nu^{\text{Ю}}$	$\ln k_\nu^{\text{С}}$	λ , нм	$\ln k_\nu^{\text{Ю}}$	$\ln k_\nu^{\text{С}}$	λ , нм	$\ln k_\nu^{\text{Ю}}$	$\ln k_\nu^{\text{С}}$
945.6	-1.285	-1.426	930.8	-0.129	-1.500	916.0	+0.372	+0.445
945.2	-1.131	-1.465	930.4	-0.098	-1.462	915.6	+0.313	+0.409
944.8	-1.108	-1.600	930.0	-0.065	-1.407	915.2	+0.343	+0.438
944.4	-1.073	-1.640	929.6	-0.030	-1.370	914.8	+0.353	+0.489
944.0	-1.035	-1.602	929.2*	-0.007	-1.344	914.4	+0.383	+0.513
943.6	-1.012	-1.570	928.8	-0.015	-1.318	914.0	+0.438	+0.426
943.2	-0.983	-1.597	928.4	-0.046	-1.244	913.6	+0.559	+0.724
942.8	-1.027	-1.721	928.0	-0.083	-1.167	913.2	+0.621	+0.812
942.4	-1.043	-1.845	927.6	-0.095	-1.103	912.8	+0.618	+0.805
942.0	-1.029	-1.996	927.2	-0.069	-1.048	912.4	+0.581	+0.696
941.6	-1.042	-1.992	926.8	+0.007	-0.985	912.0	+0.580	+0.658
941.2	-1.035	-2.040	926.4	+0.079	-0.945	911.6	+0.638	+0.662
940.8	-1.012	-2.077	926.0*	+0.090	-0.945	911.2	+0.631	+0.576
940.4	-0.952	-2.077	925.6	+0.070	-0.985	910.8	+0.560	+0.478
940.0	-0.886	-1.900	925.2	+0.038	-1.000	910.4	+0.526	+0.420
939.6	-0.802	-1.900	924.8	+0.018	-0.945	910.0	+0.504	+0.394
939.2	-0.714	-2.027	924.4	+0.003	-0.865	909.6	+0.532	+0.458
938.8	-0.644	-2.166	924.0	-0.019	-0.769	909.2	+0.639	+0.560
938.4	-0.551	-2.083	923.6	-0.029	-0.701	908.8	+0.766	+0.715
938.0	-0.475	-2.012	923.2	-0.038	-0.660	908.4	+0.871	+0.794
937.6	-0.440	-1.788	922.8	-0.051	-0.617	908.0	+1.089	+0.892
937.2	-0.389	-1.637	922.4	-0.068	-0.586	907.6	+1.363	+0.989
936.8	-0.366	-1.601	922.0	-0.091	-0.539	907.2	+1.400	+1.095
936.4	-0.364	-1.656	921.6	-0.104	-0.476	906.8	+1.287	+1.231
936.0	-0.367	-1.704	921.2	-0.109	-0.404	906.4	+1.390	+1.344
935.6	-0.376	-1.760	920.8	-0.109	-0.324	906.0	+1.480	+1.465
935.2	-0.376	-1.860	920.4	-0.084	-0.231	905.6	+1.568	+1.558
934.8	-0.351	-1.977	920.0	-0.050	-0.193	905.2	+1.707	+1.715
934.4	-0.330	-2.018	919.6	-0.051	-0.166	904.8	+1.848	+1.872
934.0	-0.272	-1.854	919.2	+0.011	-0.131	904.4	+1.892	+1.923
933.6	-0.207	-1.490	918.8	+0.054	-0.126	904.0	+1.969	+1.990
933.2	-0.117	-1.382	918.4	-0.032	-0.108	903.6	+2.108	+2.128
932.8	-0.053	-1.402	918.0	+0.018	-0.062	903.2	+2.261	+2.338
932.4*	-0.024	-1.418	917.6	+0.113	+0.076	902.8	+2.380	+2.412
932.0	-0.055	-1.460	917.2	+0.229	+0.258	902.4	+2.464	+2.458
931.6	-0.096	-1.475	916.8	+0.321	+0.396	902.0	+2.551	+2.613
931.2	-0.113	-1.510	916.4	+0.394	+0.476	901.6	+2.677	+2.716

λ , HM	$\ln k_y^{IO}$	$\ln k_y^C$	λ , HM	$\ln k_y^{IO}$	$\ln k_y^C$	λ , HM	$\ln k_y^{IO}$	$\ln k_y^C$
901.2	+2.769	+2.817	876.4	+0.800	+0.828	851.6	-0.624	-0.451
900.8	+2.857	+2.921	876.0	+0.761	+0.814	851.2	-0.685	-0.617
900.4	+2.946	+2.957	875.6	+0.730	+0.765	850.8	-0.815	-0.709
900.0	+3.024	+3.084	875.2	+0.723	+0.722	850.4	-0.864	-0.693
899.6	+3.105	+3.260	874.8	+0.739	+0.765	850.0	-1.117	-0.915
899.2	+3.139	+3.332	874.4	+0.745	+0.805	849.6	-1.145	-0.971
898.8	+3.148	+3.370	874.0	+0.701	+0.757	849.2	-1.437	-1.037
898.4	+3.107	+3.310	873.6	+0.660	+0.710	848.8	-1.087	-0.851
898.0	+3.089	+3.267	873.2	+0.696	+0.762	848.4	-0.922	-0.729
897.6	+3.083	+3.246	872.8	+0.778	+0.852	848.0	-0.849	-0.670
897.2	+3.132	+3.300	872.4	+0.822	+0.891	847.6	-0.803	-0.624
896.8	+3.298	+3.460	872.0	+0.886	+0.949	847.2	-0.856	-0.765
896.4	+3.466	+3.679	871.6	+0.995	+0.958	846.8	-0.866	-0.687
896.0	+3.617	+3.833	871.2	+1.109	+1.173	846.4	-0.849	-0.684
895.6	+3.626	+3.843	870.8	+1.220	+1.280	846.0	-0.784	-0.629
895.2	+3.593	+3.803	870.4	+1.265	+1.363	845.6	-0.642	-0.469
894.8	+3.605	+3.813	870.0	+1.277	+1.514	845.2	-0.468	-0.257
894.4	+3.647	+3.869	869.6	+1.307	+1.479	844.8	-0.263	-0.019
894.0	+3.664	+3.897	869.2	+1.329	+1.504	844.4	-0.165	+0.149
893.6	+3.572	+3.792	868.8	+1.390	+1.571	844.0	-0.259	+0.074
893.2	+3.483	+3.694	868.4	+1.459	+1.644	843.6	-0.447	-0.131
892.8	+3.488	+3.669	868.0	+1.550	+1.744	843.2	-0.566	-0.254
892.4	+3.466	+3.633	867.6	+1.691	+1.901	842.8	-0.444	-0.156
892.0	+3.471	+3.624	867.2	+1.809	+2.031	842.4	+0.002	+0.305
891.6	+3.562	+3.711	866.8	+1.872	+2.099	842.0	+0.301	+0.604
891.2	+3.589	+3.771	866.4	+1.816	+2.090	841.6	+0.357	+0.692
890.8	+3.593	+3.777	866.0	+1.866	+2.152	841.2	+0.242	+0.600
890.4	+3.567	+3.759	865.6	+2.002	+2.234	840.8	+0.006	+0.376
890.0	+3.516	+3.702	865.2	+2.027	+2.291	840.4	-0.182	+0.347
889.6	+3.562	+3.731	864.8	+2.027	+2.300	840.0	-0.253	+0.070
889.2	+3.593	+3.720	864.4	+2.067	+2.339	839.6	-0.153	+0.150
888.8	+3.624	+3.745	864.0	+2.127	+2.386	839.2	+0.005	+0.313
888.4	+3.779	+3.928	863.6	+2.112	+2.375	838.8	+0.185	+0.414
888.0	+3.936	+4.110	863.2	+2.057	+2.329	838.4	+0.010	+0.298
887.6	+4.089	+4.270	862.8	+2.089	+2.355	838.0	-0.200	+0.033
887.2	+4.100	+4.295	862.4	+2.154	+2.393	837.6	-0.351	-0.168
886.8	+3.848	+4.008	862.0	+2.124	+2.329	837.2	-0.401	-0.258
886.4	+3.492	+3.860	861.6	+2.088	+2.204	836.8	-0.506	-0.412
886.0	+3.352	+3.515	861.2	+1.935	+2.090	836.4	-0.611	-0.546
885.6	+3.288	+3.447	860.8	+1.827	+2.010	836.0	-0.822	-0.961
885.2	+3.248	+3.414	860.4	+1.700	+1.902	835.6	-1.088	-0.940
884.8	+3.345	+3.509	860.0	+1.543	+1.836	835.2	-1.909	-1.264
884.4	+3.577	+3.720	859.6	+1.439	+1.629	834.8	-2.453	-1.635
884.0	+3.702	+3.883	859.2	+1.398	+1.549	834.4	-2.801	-2.146
883.6	+3.787	+3.928	858.8	+1.285	+1.521	834.0	-2.921	-2.424
883.2	+3.736	+3.817	858.4	+1.264	+1.507	833.6	-3.004	-2.586
882.8	+3.645	+3.705	858.0	+1.212	+1.433	833.2	-3.100	-2.769
882.4	+3.538	+3.585	857.6	+1.112	+1.330	832.8	-3.220	-2.936
882.0	+3.278	+3.340	857.2	+1.099	+1.180	832.4	-3.317	-3.144
881.6	+3.028	+2.947	856.8	+0.819	+1.000	832.0	-3.353	-3.277
881.2	+2.747	+2.579	856.4	+0.669	+0.860	831.6	-3.406	-3.240
880.8	+2.477	+2.347	856.0	+0.500	+0.694	831.2	-3.433	-3.355
880.4	+2.360	+2.138	855.6	+0.358	+0.553	830.8	-3.419	-3.445
880.0	+2.077	+1.854	855.2	+0.334	+0.550	830.4	-3.329	-3.297
879.6	+1.696	+1.533	854.8	+0.325	+0.552	830.0	-3.252	-3.102
879.2	+1.428	+1.280	854.4	+0.129	+0.350	829.6	-3.251	-3.068
878.8	+1.226	+1.135	854.0	+0.059	+0.251	829.2	-3.219	-3.009
878.4	+1.115	+1.073	853.6	-0.034	+0.122	828.8	-3.237	-2.927
878.0	+1.067	+1.050	853.2	-0.156	+0.070	828.4	-3.273	-3.021
877.6	+0.982	+0.923	852.8	-0.310	-0.221	828.0	-3.219	-2.948
877.2	+0.899	+0.912	852.4	-0.378	-0.325	827.6	-3.175	-2.744
876.8	+0.841	+0.859	852.0	-0.499	-0.400	827.2	-3.123	-2.625

λ , нм	$\ln k_y^{IO}$	$\ln k_y^C$	λ , нм	$\ln k_y^{IO}$	$\ln k_y^C$	λ , нм	$\ln k_y^{IO}$	$\ln k_y^C$
826.8	-3.227	-2.809	802.0	+0.277	+0.478	777.2	-0.693	-0.777
826.4	-3.064	-2.744	801.6	+0.265	+0.465	776.8	-0.679	-0.797
826.0	-2.982	-2.600	801.2	+0.211	+0.391	776.4	-0.678	-0.798
825.6	-2.974	-2.501	800.8	+0.299	+0.466	776.0	-0.724	-0.833
825.2	-3.081	-2.645	800.4	+0.406	+0.543	775.6	-0.792	-0.928
824.8	-3.139	-2.809	800.0	+0.423	+0.546	775.2	-0.892	-1.073
824.4	-3.145	-2.853	799.6	+0.480	+0.625	774.8	-0.949	-1.170
824.0	-3.029	-2.687	799.2	+0.561	+0.716	774.4	-0.980	-1.187
823.6	-2.965	-2.886	798.8	+0.587	+0.717	774.0	-0.883	-1.041
823.2	-2.912	-2.938	798.4	+0.610	+0.723	773.6	-0.818	-0.937
822.8	-2.776	-1.985	798.0	+0.626	+0.739	773.2	-0.837	-0.979
822.4	-2.864	-1.958	797.6	+0.663	+0.743	772.8	-0.923	-1.200
822.0	-2.875	-2.519	797.2	+0.682	+0.726	772.4	-1.048	-1.521
821.6	-2.868	-2.587	796.8	+0.644	+0.656	772.0	-1.004	-1.652
821.2	-2.861	-2.539	796.4	+0.606	+0.592	771.6	-1.017	-1.730
820.8	-2.822	-2.117	796.0	+0.641	+0.602	771.2	-1.115	-1.710
820.4	-2.734	-2.064	795.6	+0.652	+0.620	770.8	-1.188	-1.758
820.0	-2.683	-1.952	795.2	+0.659	+0.603	770.4	-1.197	-1.811
819.6	-2.341	-2.085	794.8	+0.662	+0.552	770.0	-1.168	-1.889
819.2	-2.264	-2.070	794.4	+0.651	+0.438	769.6	-1.043	-1.804
818.8	-2.252	-2.167	794.0	+0.600	+0.357	769.2	-1.010	-1.782
818.4	-2.102	-2.056	793.6	+0.621	+0.371	768.8	-0.954	-1.765
818.0	-2.143	-2.025	793.2	+0.708	+0.431	768.4	-1.010	-1.848
817.6	-1.755	-1.752	792.8	+0.774	+0.408	768.0	-0.992	-1.892
817.2	-1.938	-1.995	792.4	+0.796	+0.425	767.6	-0.875	-1.896
816.8	-1.561	-1.765	792.0*	+0.844	+0.209	767.2	-0.756	-1.478
816.4	-1.561	-1.692	791.6	+0.721	+0.094	766.8	-0.900	-1.607
816.0	-1.040	-1.490	791.2	+0.746	-0.011	766.4	-0.955	-1.601
815.6	-1.022	-1.533	790.8	+0.655	-0.047	766.0	-0.972	-1.952
815.2	-0.955	-1.378	790.4	+0.591	-0.082	765.6	-0.850	-1.853
814.8	-0.939	-1.296	790.0	+0.630	-0.088	765.2	-0.822	-1.795
814.4	-0.995	-1.370	789.6	+0.675	-0.060	764.8	-0.877	-1.781
814.0	-0.941	-1.314	789.2	+0.689	-0.044	764.4	-0.920	-1.815
813.6	-0.911	-1.245	788.8	+0.696	-0.016	764.0	-0.949	-1.965
813.2	-0.778	-1.045	788.4	+0.736	+0.015	763.6	-0.901	-1.925
812.8	-0.759	-1.028	788.0	+0.739	+0.058	763.2	-0.833	-1.794
812.4	-0.756	-1.005	787.6	+0.749	+0.107	762.8	-0.831	-1.833
812.0	-0.723	-0.885	787.2	+0.767	+0.157	762.4	-0.842	-1.951
811.6	-0.679	-0.803	786.8*	+0.837	+0.215	762.0	-0.736	-2.022
811.2	-0.615	-0.658	786.4	+0.834	+0.260	761.6	-0.932	-2.554
810.8	-0.723	-0.588	786.0	+0.781	+0.338	761.2	-0.765	-2.341
810.4	-0.743	-0.598	785.6	+0.679	+0.188	760.8	-0.878	-2.055
810.0	-0.754	-0.559	785.2	+0.581	+0.109	760.4	-1.030	-2.087
809.6	-0.496	-0.467	784.8	+0.586	+0.185	760.0	-1.153	-2.209
809.2	-0.465	-0.409	784.4	+0.688	+0.435	759.6	-1.825	-2.242
808.8	-0.544	-0.495	784.0	+0.726	+0.614	759.2	-2.030	-2.855
808.4	-0.562	-0.514	783.6	+0.617	+0.555	758.8	-2.263	-3.046
808.0	-0.531	-0.458	783.2	+0.500	+0.408	758.4	-2.255	-3.017
807.6	-0.512	-0.441	782.8	+0.374	+0.336	758.0	-2.452	-3.018
807.2	-0.483	-0.408	782.4	+0.276	+0.312	757.6	-2.565	-3.127
806.8	-0.373	-0.302	782.0	+0.225	+0.307	757.2	-2.715	-3.218
806.4	-0.303	-0.190	781.6	+0.204	+0.290	756.8	-2.782	-3.313
806.0	-0.221	-0.096	781.2	+0.197	+0.264	756.4	-2.900	-3.413
805.6	-0.160	-0.038	780.8	+0.162	+0.205	756.0	-2.992	-3.543
805.2	-0.137	+0.002	780.4	+0.035	+0.031	755.6	-3.046	-3.641
804.8	-0.092	+0.058	780.0	-0.077	-0.136	755.2	-3.032	-3.641
804.4	-0.019	+0.158	779.6	-0.153	-0.256	754.8	-3.048	-3.651
804.0	-0.019	+0.159	779.2	-0.283	-0.404	754.4	-3.063	-3.638
803.6	-0.002	+0.167	778.8	-0.382	-0.467	754.0	-3.076	-3.722
803.2	+0.061	+0.223	778.4	-0.503	-0.551	753.6	-3.258	-3.796
802.8	+0.112	+0.297	778.0	-0.581	-0.641	753.2	-3.235	-3.767
802.4	+0.190	+0.373	777.6	-0.670	-0.737	752.8	-3.262	-3.767

λ , мм	$\ln k_v^{IO}$	$\ln k_v^C$	λ , мм	$\ln k_v^{IO}$	$\ln k_v^C$	λ , мм	$\ln k_v^{IO}$	$\ln k_v^C$
752.4	-3.320	-3.838	727.6	+1.973	+2.241	702.8	-1.052	-0.975
752.0	-3.346	-3.880	727.2	+1.963	+2.227	702.4	-0.920	-0.880
751.6	-3.391	-3.935	726.8	+1.835	+2.063	702.0	-0.957	-0.939
751.2	-3.390	-3.992	726.4	+1.770	+2.002	701.6	-0.987	-1.005
750.8	-3.369	-3.826	726.0	+1.815	+2.051	701.2	-1.135	-1.095
750.4	-3.388	-3.803	725.6	+1.815	+2.051	700.8	-1.251	-1.285
750.0	-3.407	-3.891	725.2	+1.725	+1.945	700.4	-1.308	-1.416
749.6	-3.427	-3.926	724.8	+1.579	+1.828	700.0	-1.418	-1.567
749.2	-3.391	-3.935	724.4	+1.432	+1.549	699.6	-1.572	-1.897
748.8	-3.412	-3.949	724.0	+1.337	+1.426	699.2	-1.954	-2.209
748.4	-3.426	-3.903	723.6	+1.215	+1.303	698.8	-2.405	-2.454
748.0	-3.471	-3.918	723.2	+0.994	+1.202	698.4	-2.643	-2.597
747.6	-3.497	-3.947	722.8	+0.935	+1.095	698.0	-2.819	-2.720
747.2	-3.487	-3.930	722.4	+0.863	+1.046	697.6	-2.843	-2.758
746.8	-3.529	-3.989	722.0	+0.843	+1.046	697.2	-2.905	-2.849
746.4	-3.531	-4.101	721.6	+0.811	+1.010	696.8	-2.942	-3.020
746.0	-3.462	-4.010	721.2	+0.745	+0.929	696.4	-3.024	-3.291
745.6	-3.463	-4.008	720.8	+0.700	+0.876	696.0	-3.104	-3.448
745.2	-3.464	-3.952	720.4	+0.667	+0.856	695.6	-3.220	-3.589
744.8	-3.488	-3.935	720.0	+0.570	+0.691	695.2	-3.336	-3.773
744.4	-3.473	-3.921	719.6	+0.395	+0.613	694.8	-3.380	-3.940
744.0	-3.443	-3.919	719.2	+0.230	+0.435	694.4	-3.396	-3.982
743.6	-3.399	-3.859	718.8	+0.085	+0.298	694.0	-3.349	-3.997
743.2	-3.291	-3.697	718.4	+0.010	+0.209	693.6	-3.356	-4.038
742.8	-3.194	-3.537	718.0	-0.162	+0.003	693.2	-3.388	-4.091
742.4	-3.135	-3.436	717.6	-0.316	-0.179	692.8	-3.505	-4.157
742.0	-3.044	-3.177	717.2	-0.437	-0.412	692.4	-3.621	-4.280
741.6	-2.997	-3.036	716.8	-0.784	-0.740	692.0	-3.777	-4.395
741.2	-2.856	-2.903	716.4	-1.006	-1.044	691.6	-3.782	-4.370
740.8	-2.643	-2.591	716.0	-1.338	-1.633	691.2	-3.725	-4.326
740.4	-3.327	-2.413	715.6	-1.836	-2.142	690.8	-3.813	-4.423
740.0	-2.181	-2.186	715.2	-2.496	-2.558	690.4	-3.837	-4.444
739.6	-1.831	-1.915	714.8	-2.780	-2.829	690.0	-3.965	-4.521
739.2	-1.429	-1.459	714.4	-2.963	-3.101	689.6	-3.977	-4.444
738.8	-1.116	-1.242	714.0	-3.021	-3.183	689.2	-3.923	-4.163
738.4	-0.950	-0.981	713.6	-2.985	-3.242	688.8	-3.859	-4.045
738.0	-0.786	-0.810	713.2	-2.876	-3.080	688.4	-3.776	-4.031
737.6	-0.648	-0.416	712.8	-2.769	-2.885	688.0	-3.973	-4.392
737.2	-0.492	-0.288	712.4	-2.845	-2.952	687.6	-3.923	-4.491
736.8	-0.380	-0.285	712.0	-2.888	-3.030	687.2	-3.720	-3.696
736.4	-0.350	-0.290	711.6	-2.959	-3.236	686.8	-3.504	-3.734
736.0	-0.243	-0.180	711.2	-2.920	-3.232	686.4	-3.868	-4.213
735.6	-0.048	+0.074	710.8	-2.765	-3.059	686.0	-3.897	-3.844
735.2	+0.086	+0.202	710.4	-2.552	-2.774	685.6	-3.767	-3.956
734.8	+0.146	+0.267	710.0	-2.412	-2.595	685.2	-3.705	-3.824
734.4	+0.330	+0.412	709.6	-2.413	-2.554	684.8	-3.748	-3.862
734.0	+0.461	+0.546	709.2	-2.483	-2.603	684.4	-3.761	-3.789
733.6	+0.704	+0.674	708.8	-2.512	-2.622	684.0	-3.722	-3.760
733.2	+0.743	+0.853	708.4	-2.300	-2.545	683.6	-3.655	-3.750
732.8	+0.821	+0.957	708.0	-2.073	-2.436	683.2	-3.570	-3.661
732.4	+0.721	+1.004	707.6	-1.724	-2.149	682.8	-3.497	-3.467
732.0	+0.902	+1.032	707.2	-1.521	-2.011	682.4	-3.458	-3.319
731.6	+0.993	+1.121	706.8	-1.461	-1.871	682.0	-3.611	-3.707
731.2	+1.116	+1.257	706.4	-1.485	-1.897	681.6	-3.814	-3.992
730.8	+1.273	+1.431	706.0	-1.500	-1.965	681.2	-4.033	-4.223
730.4	+1.391	+1.598	705.6	-1.416	-1.969	680.8	-4.068	-4.325
730.0	+1.503	+1.707	705.2	-1.160	-1.418	680.4	-4.040	-4.335
729.6	+1.549	+1.746	704.8	-1.002	-1.039	680.0	-4.019	-4.333
729.2	+1.574	+1.781	704.4	-0.974	-0.960	679.6	-4.031	-4.363
728.8	+1.646	+1.820	704.0	-1.100	-1.028	679.2	-4.025	-4.496
728.4	+1.716	+1.921	703.6	-1.174	-1.225	678.8	-4.261	-4.751
728.0	+1.874	+2.102	703.2	-1.162	-1.031	678.4	-4.304	-4.922

Продолжение табл. 2

λ , нм	$\ln k_{\nu}^{\text{Ю}}$	$\ln k_{\nu}^{\text{С}}$	λ , нм	$\ln k_{\nu}^{\text{Ю}}$	$\ln k_{\nu}^{\text{С}}$	λ , нм	$\ln k_{\nu}^{\text{Ю}}$	$\ln k_{\nu}^{\text{С}}$
678.0	-4.189	-4.977	652.8	-2.858	-3.229	627.6	-2.910	-3.011
677.6	-4.267	-4.909	652.4	-2.731	-3.190	627.2	-2.985	-3.027
677.2	-4.208	-4.770	652.0	-2.657	-3.187	626.8	-2.905	-2.987
676.8	-4.186	-4.673	651.6	-2.495	-3.121	626.4	-2.778	-2.857
676.4	-4.129	-4.669	651.2	-2.396	-3.072	626.0	-2.503	-2.671
676.0	-4.161	-4.702	650.8	-2.412	-3.063	625.6	-2.307	-2.461
675.6	-4.125	-4.671	650.4	-2.353	-3.063	625.2	-2.030	-2.202
675.2	-4.154	-4.557	650.0	-2.169	-3.009	624.8	-1.828	-1.938
674.8	-3.924	-4.312	649.6	-1.813	-2.938	624.4	-1.590	-1.644
674.4	-3.950	-4.153	649.2	-1.726	-2.932	624.0	-1.426	-1.428
674.0	-3.916	-4.042	648.8	-1.697	-3.978	623.6	-1.171	-1.188
673.6	-3.834	-3.979	648.4	-1.618	-2.965	623.2	-1.040	-0.958
673.2	-3.814	-3.933	648.0	-1.354	-2.909	622.8	-0.911	-0.781
672.8	-3.790	-3.823	647.6*	-1.126	-2.862	622.4	-0.806	-0.639
672.4	-3.621	-3.629	647.2	-1.327	-2.912	622.0	-0.629	-0.435
672.0	-3.467	-3.465	646.8	-1.820	-3.019	621.6	-0.487	-0.265
671.6	-3.405	-3.213	646.4	-2.219	-3.086	621.2	-0.414	-0.186
671.2	-3.381	-3.155	646.0	-1.952	-3.013	620.8	-0.360	-0.138
670.8	-3.297	-3.049	645.6	-1.488	-2.890	620.4	-0.226	-0.010
670.4	-3.146	-2.930	645.2	-1.257	-2.810	620.0	-0.198	+0.062
670.0	-3.046	-2.795	644.8*	-1.168	-2.722	619.6	-0.172	+0.108
669.6	-2.872	-2.654	644.4	-1.261	-2.773	619.2	-0.162	+0.112
669.2	-2.866	-2.539	644.0	-1.420	-2.819	618.8	-0.176	+0.078
668.8	-2.816	-2.460	643.6	-1.728	-2.882	618.4	-0.207	+0.017
668.4	-2.809	-2.420	643.2	-2.194	-2.989	618.0	-0.319	-0.114
668.0	-2.705	-2.360	642.8	-2.571	-3.046	617.6	-0.478	-0.306
667.6	-2.678	-2.325	642.4	-2.770	-3.152	617.2	-0.689	-0.545
667.2	-2.656	-2.337	642.0	-2.882	-3.206	616.8	-0.822	-0.666
666.8	-2.590	-2.251	641.6	-3.071	-3.289	616.4	-0.881	-0.706
666.4	-2.582	-2.216	641.2	-3.187	-3.316	616.0	-0.920	-0.741
666.0	-2.664	-2.442	640.8	-3.305	-3.379	615.6	-1.037	-0.882
665.6	-2.767	-2.510	640.4	-3.325	-3.405	615.2	-1.115	-0.889
665.2	-2.900	-2.637	640.0	-3.275	-3.385	614.8	-1.183	-0.926
664.8	-2.894	-2.683	639.6	-3.314	-3.423	614.4	-1.283	-1.022
664.4	-2.777	-2.627	639.2	-3.320	-3.407	614.0	-1.365	-1.154
664.0	-2.893	-2.637	638.8	-3.531	-3.471	613.6	-1.594	-1.282
663.6	-2.956	-2.691	638.4	-3.442	-3.490	613.2	-1.915	-1.562
663.2	-2.893	-2.639	638.0	-3.571	-3.548	612.8	-2.197	-1.785
662.8	-2.897	-2.718	637.6	-3.569	-3.576	612.4	-2.519	-2.098
662.4	-2.905	-2.774	637.2	-3.473	-3.532	612.0	-2.762	-2.350
662.0	-2.956	-2.859	636.8	-3.494	-3.532	611.6	-3.015	-2.608
661.6	-3.073	-2.895	636.4	-3.536	-3.538	611.2	-3.120	-2.789
661.2	-3.135	-2.939	636.0	-3.511	-3.507	610.8	-3.194	-2.862
660.8	-3.117	-2.961	635.6	-3.567	-3.517	610.4	-3.316	-2.963
660.4	-3.116	-2.999	635.2	-3.552	-3.575	610.0	-3.387	-3.032
660.0	-3.143	-3.006	634.8	-3.570	-3.626	609.6	-3.478	-3.100
659.6	-3.042	-3.033	634.4	-3.577	-3.591	609.2	-3.465	-3.075
659.2	-2.951	-2.992	634.0	-3.583	-3.601	608.8	-3.465	-3.087
658.8	-3.115	-2.937	633.6	-3.559	-3.611	608.4	-3.473	-3.118
658.4	-3.112	-3.082	633.2	-3.631	-3.690	608.0	-3.444	-3.209
658.0	-3.088	-3.028	632.8	-3.659	-3.738	607.6	-3.586	-3.317
657.6	-3.123	-3.060	632.4	-3.650	-3.707	607.2	-3.612	-3.376
657.2	-3.178	-3.132	632.0	-3.582	-3.655	606.8	-3.579	-3.374
656.8	-3.134	-3.106	631.6	-3.572	-3.635	606.4	-3.562	-3.417
656.4	-3.047	-2.989	631.2	-3.687	-3.659	606.0	-3.585	-3.492
656.0	-2.747	-2.930	630.8	-3.693	-3.652	605.6	-3.643	-3.535
655.6	-2.974	-3.169	630.4	-3.602	-3.548	605.2	-3.809	-3.650
655.2	-2.969	-3.209	630.0	-3.464	-3.466	604.8	-3.881	-3.709
654.8	-2.940	-3.195	629.6	-3.352	-3.454	604.4	-3.784	-3.669
654.4	-2.889	-3.151	629.2	-3.356	-3.391	604.0	-3.673	-3.585
654.0	-2.910	-3.160	628.8	-3.285	-3.387	603.6	-3.592	-3.579
653.6	-2.901	-3.190	628.4	-3.078	-3.284	603.2*	-3.616	-3.604
653.2	-2.889	-3.220	628.0*	-2.896	-3.087	602.8	-3.666	-3.611

Окончание табл. 2

λ , нм	$\ln k_{\nu}^{\text{Ю}}$	$\ln k_{\nu}^{\text{С}}$	λ , нм	$\ln k_{\nu}^{\text{Ю}}$	$\ln k_{\nu}^{\text{С}}$	λ , нм	$\ln k_{\nu}^{\text{Ю}}$	$\ln k_{\nu}^{\text{С}}$
602.4	-3.724	-3.626	577.2	-3.539	-3.161	552.0	-3.098	-3.350
602.0	-3.792	-3.656	576.8	-3.526	-3.091	551.6	-3.300	-3.436
601.6	-3.886	-3.705	576.4	-3.486	-3.100	551.2	-3.000	-3.249
601.2	-3.909	-3.658	576.0	-3.520	-2.940	550.8	-2.752	-3.153
600.8	-3.952	-3.651	575.6	-3.455	-3.009	550.4*	-2.670	-3.128
600.4	-3.871	-3.655	575.2	-3.336	-2.960	550.0	-2.819	-3.227
600.0	-3.771	-3.566	574.8	-3.397	-3.058	549.6	-3.072	-3.404
599.6	-3.676	-3.488	574.4	-3.461	-3.138	549.2	-3.385	-3.565
599.2	-3.664	-3.497	574.0	-3.556	-3.224	548.8	-3.800	-3.840
598.8	-3.674	-3.473	573.6	-3.606	-3.269	548.4	-3.966	-4.024
598.4	-3.678	-3.430	573.2	-3.627	-3.346	548.0	-3.916	-3.895
598.0	-3.596	-3.402	572.8	-3.738	-3.497	547.6	-3.766	-3.603
597.6	-3.521	-3.337	572.4	-3.841	-3.627	547.2	-3.458	-3.453
597.2	-3.574	-3.390	572.0	-4.030	-3.823	546.8	-3.237	-3.196
596.8	-3.573	-3.386	571.6	-4.140	-3.888	546.4	-3.194	-2.636
596.4	-3.437	-3.289	571.2	-4.162	-3.852	546.0	-2.988	-2.707
596.0	-3.447	-3.292	570.8	-4.220	-3.733	545.6	-2.782	-2.519
595.6	-3.480	-3.354	570.4	-4.505	-4.275	545.2	-2.437	-2.160
595.2	-3.458	-3.416	570.0	-4.100	-4.191	544.8	-2.270	-1.961
594.8	-3.403	-3.464	569.6	-4.067	-4.151	544.4	-2.080	-1.695
594.4	-3.487	-3.639	569.2	-3.974	-4.088	544.0	-1.937	-1.551
594.0	-3.682	-3.733	568.8	-3.919	-4.029	543.6	-1.840	-1.433
593.6	-3.817	-3.762	568.4	-4.055	-4.034	543.2	-1.819	-1.386
593.2	-3.835	-3.756	568.0	-4.273	-4.113	542.8	-1.781	-1.337
592.8	-3.840	-3.827	567.6	-4.612	-4.432	542.4	-1.788	-1.400
592.4	-3.833	-4.083	567.2	-4.839	-4.708	542.0	-1.805	-1.464
592.0	-3.729	-4.063	566.8	-4.990	-4.800	541.6	-1.915	-1.613
591.6	-3.742	-4.041	566.4	-5.065	-4.753	541.2	-1.989	-1.880
591.2	-3.793	-4.102	566.0	-5.009	-4.608	540.8	-2.230	-1.949
590.8	-4.100	-4.361	565.6	-5.152	-4.650	540.4	-2.366	-2.070
590.4	-4.152	-4.597	565.2	-5.463	-4.979	540.0	-2.447	-2.144
590.0	-3.969	-4.821	564.8	-5.560	-4.969	539.6	-2.565	-2.240
589.6	-3.737	-4.444	564.4	-5.713	-5.149	539.2	-2.706	-2.398
589.2	-3.774	-4.664	564.0	-5.486	-4.483	538.8	-2.778	-2.433
588.8	-3.656	-4.364	563.6	-5.116	-5.009	538.4	-2.858	-2.487
588.4	-3.913	-4.295	563.2	-5.340	-5.060	538.0	-2.964	-2.543
588.0	-3.871	-4.331	562.8	-5.391	-5.045	537.6	-3.048	-2.684
587.6	-4.081	-4.391	562.4	-5.260	-4.700	537.2	-3.314	-2.890
587.2	-4.229	-4.550	562.0	-5.182	-4.561	536.8	-3.154	-2.740
586.8	-4.348	-4.747	561.6	-4.923	-4.405	536.4	-3.129	-2.789
586.4	-4.383	-4.814	561.2	-5.127	-4.713	536.0	-3.217	-2.934
586.0	-4.407	-4.734	560.8	-5.493	-5.279	535.6	-2.727	-3.188
585.6	-4.386	-4.563	560.4	-5.565	-5.220	535.2	-3.614	-3.506
585.2	-4.391	-4.602	560.0	-5.600	-5.287	534.8	-3.676	-3.638
584.8	-4.386	-4.675	559.6	-5.633	-5.374	534.4	-3.673	-3.724
584.4	-4.449	-4.823	559.2	-4.947	-4.502	534.0	-3.792	-3.433
584.0	-4.455	-4.972	558.8	-4.761	-4.162	533.6	-3.738	-3.803
583.6	-4.476	-4.867	558.4	-4.652	-4.087	533.2	-3.919	-4.012
583.2	-4.493	-4.941	558.0	-4.759	-4.301	532.8	-4.140	-4.008
582.8	-4.564	-5.052	557.6	-4.662	-4.244	532.4	-3.884	-3.795
582.4	-4.621	-4.833	557.2	-4.410	-4.026	532.0	-3.614	-3.606
582.0	-4.619	-4.993	556.8	-4.322	-3.767	531.6	-3.526	-3.669
581.6	-4.491	-4.718	556.4	-4.129	-3.802	531.2	-3.570	-3.735
581.2	-4.387	-4.516	556.0	-3.820	-3.624	530.8	-3.781	-3.885
580.8	-4.430	-4.475	555.6	-3.874	-3.588	530.4	-3.828	-3.924
580.4	-4.286	-4.320	555.2	-3.456	-3.497	530.0	-3.958	-4.082
580.0	-4.119	-4.263	554.8	-3.407	-3.484	529.6	-3.722	-3.795
579.6	-4.021	-3.861	554.4	-3.263	-3.407	529.2	-3.776	-3.846
579.2	-4.009	-3.842	554.0	-3.200	-3.361	528.8	-3.814	-3.908
578.8	-3.957	-3.612	553.6	-3.126	-3.392	528.4	-4.431	-4.646
578.4	-3.760	-3.334	553.2	-2.926	-3.236	528.0	-4.473	-4.330
578.0	-3.634	-3.160	552.8*	-2.687	-3.083	527.6	-5.208	-5.000
577.6	-3.552	-3.169	552.4	-2.713	-3.100			

ций), поглощение которых соответствует данной длине волны. В случае Юпитера и Сатурна такими газами являются в основном метан и аммиак, поэтому в следующих исследованиях мы попытаемся разделить вклады поглощения этих газов.

Итак, проведенный в работе анализ спектрофотометрических измерений Юпитера и Сатурна позволил:

— определить закономерности высотного изменения оптической глубины аэрозольной составляющей в верхних слоях атмосфер этих планет;

— уточнить относительную концентрацию метана в атмосфере Юпитера (0.00125);

— определить характерные для тепловых режимов атмосфер Юпитера и Сатурна монохроматические коэффициенты поглощения метана (или суперпозиции этих коэффициентов для метана и аммиака) в спектральном диапазоне $\lambda\lambda = 527...956$ нм.

В заключение отметим, что результаты этой работы, как и работы [7], необходимо рассматривать как предварительные, что обусловлено рассмотренными в работах [5, 7] погрешностями. Основные из них: 1) использование приближенного метода учета изменения индикатрисы рассеяния; 2) недостоверность данных о спектральных индикатрисах рассеяния для облачных частиц; 3) погрешности значений k_v при комнатной температуре, а также недостоверность предположений о том, что k_v для центров всех полос поглощения одинаково реагируют на изменение температуры, а индикатрисы рассеяния аэрозольных частиц не изменяются с глубиной; 4) некорректность определения спектрального поглощения в непрерывном спектре, что особенно влияет на определяемые значения k_v в крыльях всех полос поглощения и для слабых полос в целом; 5) экстраполяция значений τ_a на слои атмосферы, расположенные ниже уровня формирования центров наиболее слабых полос поглощения метана. В табл. 2 приводятся значения $\ln k_v$ с тремя знаками после десятичной точки, однако реальные погрешности изменяются с глубиной в атмосфере. В самих верхних слоях они действительно могут находиться в третьем знаке, тогда как в глубоких слоях, где формируются крылья полос поглощения, уже первая цифра после десятичной точки может быть ошибочной.

Несмотря на указанные недостатки, при анализе спектрофотометрических наблюдений Юпитера и Сатурна, особенно с целью выяснения причин временных изменений, корректнее использовать именно эти данные о монохроматических коэффициентах поглощения, а не полученные при фиксированной температуре. Дело не только в том, что лабораторные измерения не могут отобразить влияние реальных температурных профилей на значения монохроматического коэффициента поглощения в контурах различных полос поглощения, но еще и в том, что их трудно реализовать для характерных количеств метана на луче зрения. Так, в случае Сатурна диффузно отраженное излучение в центре наиболее сильной в видимой области спектра полосе поглощения метана $\lambda = 887$ нм соответствует количеству газа на луче зрения около 8 м-атм, тогда как вблизи непрерывного спектра на длине волны $\lambda = 678$ нм — около 3 км-амагат; атмосферное давление и температура изменяются в пределах 0.07—24 бар и 82—280 К.

1. Антонов Е. Н., Берик Е. Б., Калашиников В. Г. Регистрация спектров поглощения аммиака и метана в области 600—650 нм методом внутривибрационной лазерной спектроскопии. — М., 1978.—22 с.—(Препринт / АН СССР, Ин-т спектроскопии; № 2).
2. Бугаенко О. И., Длугач Ж. М., Мороженко А. В., Яновицкий Э. Г. Об оптических свойствах облачного слоя Сатурна в видимом диапазоне длин волн // Астрон. вестник.— 1975.—9, № 1.—С. 13—21.

3. Длугач Ж. М. Разложение индикатрисы рассеяния в ряд по полиномам Лежандра // Кинематика и физика небес. тел.—1985.—1, № 6.—С. 16—23.
4. Мороженко А. В. Переопределение значений монохроматических коэффициентов поглощения метана с учетом тепловых режимов планет-гигантов. I. Полоса поглощения на $\lambda = 619$ нм // Кинематика и физика небес. тел.—2002.—18, № 4.—С. 376—384.
5. Мороженко А. В. Переопределение монохроматических коэффициентов поглощения метана с учетом тепловых режимов планет-гигантов. II. Юпитер // Кинематика и физика небес. тел.—2003.—19, № 6.—С. 483—500.
6. Мороженко О. В. Методи і результати дистанційного зондування планетних атмосфер. — Київ: Наук. думка, 2004.—647 с.
7. Мороженко А. В. Переопределение монохроматических коэффициентов поглощения метана с учетом тепловых режимов планет-гигантов. III. Уран и Нептун // Кинематика и физика небес. тел.—2006.—22, № 2.—С. 138—153.
8. Giver L. P. Intensity measurements of the CH₄ bands in the region of 4350 to 10600 Å // J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer.—1978.—19, N 2.—P. 311—322.
9. Karkoshka E. Spectrophotometry of the Jovian planets and Titan at 300 to 1000 nm wavelength: The methane spectrum // Icarus.—1994.—111, N 2.—P. 174—192.
10. Lindal G. F. The atmosphere of Neptune: An analysis of radio occultation data acquired with Voyager 2 // Astron. J.—1992.—103, N 3.—P. 967—982.
11. Morozhenko A. V., Yanovitskij E. G. The optical properties of Venus and Jovian planets. I. The atmosphere of Jupiter according to polarimetric observations // Icarus.—1973.—18, N 4.—P. 583—592.
12. Niemann H. B., Atreya S. K., Carignan G. R., et al. The composition of the Jovian atmosphere as determined by the Galileo probe mass spectrometer // J. Geophys. Res.—1998.—103.—N E10.—P. 22831—22845.
13. Ragent B., Colburn D. S., Rages K. A., et al. The clouds of Jupiter: Results of the Galileo Jupiter mission probe nephelometer experiment // J. Geophys. Res.—1998.—103, N E10.—P. 22891—22909.

Поступила в редакцию 22.11.06