

(ДТОО «Астрофизический институт им. Фесенкова», Алматы, Республика Казахстан)

ВАРИАЦИИ ПОГЛОЩЕНИЯ МЕТАНА НА ЮПИТЕРЕ В ПОЛОСЕ CH₄ 889 НМ В 2009-2011 ГОДАХ

Аннотация. По снимкам в непрерывном спектре и в глубокой полосе поглощения метана CH₄ 889 нм делается попытка проанализировать особенности изменения распределения метанового поглощения по диску Юпитера в период освещения Южной Экваториальной полосы (SEB) в 2010 году по сравнению с 2009 и 2011 годами. Делается вывод о том, что в 2010 году оптическая толщина поглощения на луче зрения SEB относительно центра диска действительно стала заметно больше чем в 2009 году. Отмечается, что значительные активные процессы и изменения в эффективной толщине поглощения происходили на границах SEB и EZ, а также на границе NEB и NTrZ.

Ключевые слова: Юпитер, полосы поглощения, метан, аммиак, SEB, GRS.

Тірек сөздер: Юпитер, жұтылу жолағы, метан, аммиак, SEB, GRS.

Keywords: Jupiter, absorption bands, methane, ammonia, SEB, GRS.

В одной из предыдущих наших статей [1] мы уже затрагивали вопрос о вариациях аммиачного и метанового поглощения на Юпитере в период освещения (исчезновения) Южной Экваториальной Полосы (SEB) по результатам спектральных наблюдений, проведенных в лаборатории физики Луны и планет Астрофизического института им. В. Г. Фесенкова в 2009–2011 гг.

Согласно результатам инфракрасных наблюдений [2], причиной такой метаморфозы явилось то, что меридиональный температурный градиент внутри SEB понижался в течение 2008–2010 годов, уменьшая вертикальный тепловой поток в местах расположения зональных потоков, находящихся на границах SEB. Южная часть SEB полностью осветлилась к июлю 2010 г., и для нее (на широтах 19°–20°S) была характерна волновая (с короткими длинами волн) структура. Северная часть SEB в течение всего процесса освещения выглядела как узкий, серый коридор, обеспечивающий условия, при которых облака не возникают. Пониженные температуры и повышенная аэрозольная непрозрачность SEBZ после июля 2009 г. согласуются с направленным вверх потоком примесей (например, насыщенного аммиаком воздуха) и с повышенной конденсацией, ослабляя поглощение голубого излучения в УФ области спектра, обусловленное различного рода хромо-форами и усиливая освещение SEB к апрелю 2010 г. Сравнивая попарно между собой снимки Юпитера, полученные в эти годы в трех участках спектра: УФ – ближний ультрафиолет, ИК – ближняя инфракрасная область спектра, свободная от

поглощения аммиака и метана и в полосе поглощения метана CH_4 889 нм, можно увидеть, что в глубокой полосе метана CH_4 889 нм, которая формируется вблизи верхней границы облачного покрова, внешний вид Юпитера от года к году мало меняется, и SEB в 2010 году остается такой же темной как и в 2009 г. Максимальные изменения прослеживаются в основном на снимках в УФ-области спектра, за формирование которых ответственны облачные ярусы в конвективной тропосфере, а не в верхней тропосфере, которая контролируется лучистым равновесием, что наглядно видно на рисунке 1.

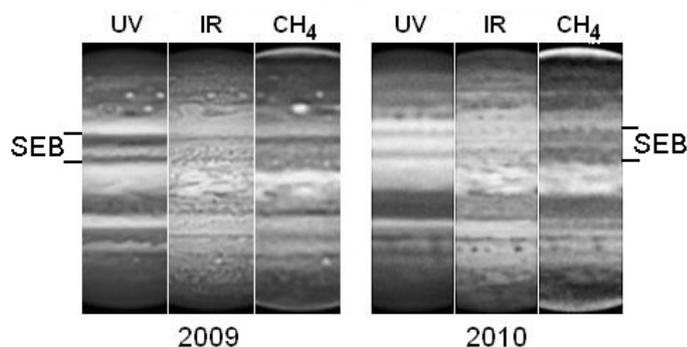


Рисунок 1 – Фрагменты центрального меридиана Юпитера в трех областях спектра в 2009 и 2010 гг.

SEB на Юпитере расположена южнее экватора (южные тропические широты). Ее характерной особенностью является присутствие на ее южной границе Большого Красного Пятна (GRS). Обычно эта полоса имеет темно-коричневый цвет. Она опоясывает всю планету, и зональные потоки на ее границах, имеют, как известно, противоположное направление. В этой полосе наблюдается ин-тенсивная конвективная активность и грозовые штормы. Здесь же присутствуют и аммиачные облака. Процесс осветления SEB наблюдался ранее, и не один раз. Можно даже отметить некие характерные для подобного явления особенности: сначала на широте 7-17°S (на северо-западе от GRS) прекращается турбулентная активность и затухают конвективные движения, что сопровождается осветлением полосы. Процесс может длиться несколько месяцев. Сначала он захватывает южную компоненту SEB на широте 15-17°S, а впоследствии и северную (7-10°S), и это уже может длиться годами. Здесь интересно отметить, что в продолжение этого необычного для планеты периода GRS находится в совершенно спокойном состоянии: оно выглядит как красный овал, окруженный белым аэрозолем. Через 1-3 года SEB начинает возвращаться к прежнему виду. Вначале происходят единичные локальные возмущения. Эти конвективные «извержения» становятся все более мощными и сложными по виду. На бледном фоне SEB появляются яркие и темные цвета, которые, «расползаясь», возвращают полосе его прежний коричневый цвет.

В течение последнего процесса визуальное осветление южной части SEB началось западнее GRS и достигло области восточнее GRS к октябрю-ноябрю 2009 г. К моменту завершения этого осветления (апрель-июль 2010 г.) тропосферная непрозрачность SEB-аэрозоля повысилась на 80% по сравнению с ее значением в 2008 г. Эта непрозрачность «затуманивала» как ее южную часть, так и пять коричневых образований (баржи),

которые присутствовали там (наблюдались) с 2009. Осветленная SEB казалась исключительно неподвижной (полное отсутствие конвективных «плюю-мажей» или пятен), и только узкая северная часть ее оставалась относительно свободной от облаков. По результатам инфракрасных фильтровых измерений [2] возрастание ИК оптической толщины SEB-аэрозоля проявилось в июне-августе 2009 г. на всех высотах облачных уровней при давлениях 0.8-3 бар. Это повлекло за собой повышение визуальной отражательной способности SEB в течение нескольких месяцев.

После прекращения турбулентно-конвективной активности на северо-западе от GRS в мае 2009 г., в центре SEB на уровне с давлением $p > 300$ мб в июле-августе 2009 г. сформировалась низкотемпературная зона, но это произошло до повышения визуального альбедо. Низкотемпературное образование наблюдалось только в конвективно-нестабильном районе тропосферы, но его результатом стало понижение меридионального температурного градиента (и, следовательно, теплового вертикального потока на зональных границах) на высотах 100-300 мб. Осветление SEB не повлияло на стратосферные температуры на уровне 5 мб.

Прекращение турбулентно-конвективной активности на северо-западе от GRS повлекло за собой формирование холодной зоны, появление «коричневых барж» и повышение аэрозольной не-прозрачности. Если принять во внимание, что «кильватер» GRS находился в состоянии покоя до начала процесса осветления, то это предполагает динамическую связь между атмосферными потоками вокруг GRS и «жизненным циклом» SEB.

В связи с этим нам представилось интересным проследить поведение GRS за длительный период.

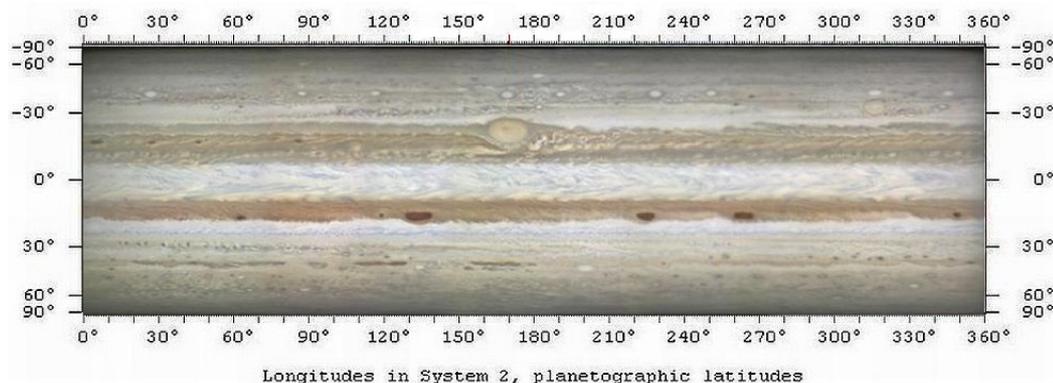


Рисунок 2 – Развертка изображения центрального меридиана Юпитера по долготе (ноябрь 2011 г.)

По долготным меридиональным разверткам, представленным в Интернете [3] за 2002-2012 гг. (одна из них показана на рисунке 2), нам удалось проследить дрейф Большого Красного Пятна (БКП или GRS) во второй системе координат Юпитера в течение 10-летнего периода (рисунок 3, а).

Оказалось, что за два года до драматических событий, связанных с освещением SEB в 2010 го-ду, равномерный дрейф БКП был нарушен. Большое Красное Пятно длительное время, почти в течение года, в период с июля 2007 по июль 2008 гг., оставалось практически на одной долготе, что подтверждается и результатами других авторов (рисунок 3, b) [3(j080512r3)].

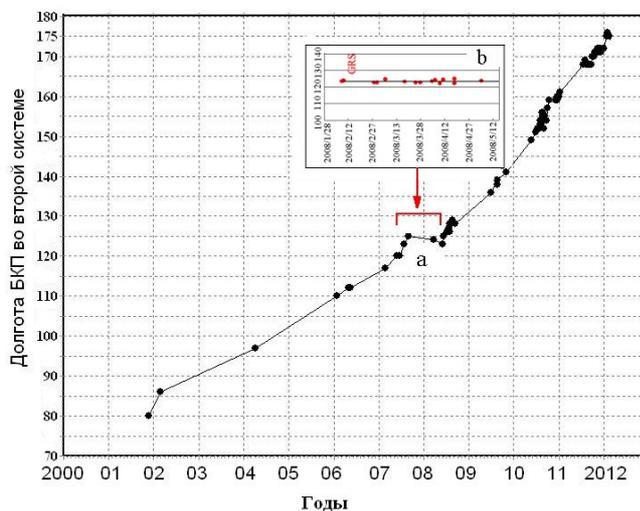


Рисунок 3 – Дрейф Большого Красного Пятна в период 2002–2012 гг.

Чтобы понять, как освещение SEB повлияло на вариации метанового поглощения по диску Юпитера в целом, были использованы изображения Юпитера в ближней ИК-области спектра и в полосе поглощения метана CH_4 889 нм, размещенные на сайте [3].

Из огромного многообразия фотографий (десятки тысяч) были выбраны лучшие по качеству, вблизи противостояния планеты с интервалом съемки не более 3 мин между снимками в ИК-области и в CH_4 889 нм, для наилучшего совпадения деталей. Наиболее качественными оказались снимки D.Parker (Coral Gables), T.Akutsu (Cebu Philippines), Brisbane (Australia), D.Peach, C.Pellier, A.Wesley (Murrumbateman Australia) и Akihiro Yamazaki (Токуо Japan). По отношению снимков в непрерывном ИК-диапазоне и в глубокой полосе метана CH_4 889 нм строилось новое изображение, соответствующее распределению метанового поглощения по диску планеты. Программа обработки снимков написана на Delphi и позволяет:

- вводить снимки в непрерывном спектре и в полосе поглощения CH_4 889 нм;
- вычитать фон у каждого снимка;
- при необходимости смещать один снимок относительно другого по обеим координатам;
- представлять результирующий снимок в черно-белом или цветном виде;
- регулировать цветовую градацию результирующего снимка;
- под исходными снимками выводить на графики разрезы относительной интенсивности параллельно экватору и центральному меридиану;

– под результирующим снимком выводить графики вариации $\Delta\tau$ эффективного, которые эквивалентны разности между оптической толщиной поглощения на луче зрения исследуемой зоны и таковой для центра диска;

– сохранять скриншот и табличные данные всех расчетов в отдельный файл.

Рабочий скриншот программы представлен на рисунке 4.

Наиболее характерный результат обработки серии снимков за 2009, 2010 и 2011 гг. представлен на рисунке 5.

В целом результаты не противоречат тем, что были получены нами при обработке спект-рограмм [1], но содержат больше деталей из-за хорошего качества исходных изображений. Однако ввиду того, что снимки не стандартизованы и получены методом многослойного наложения, они

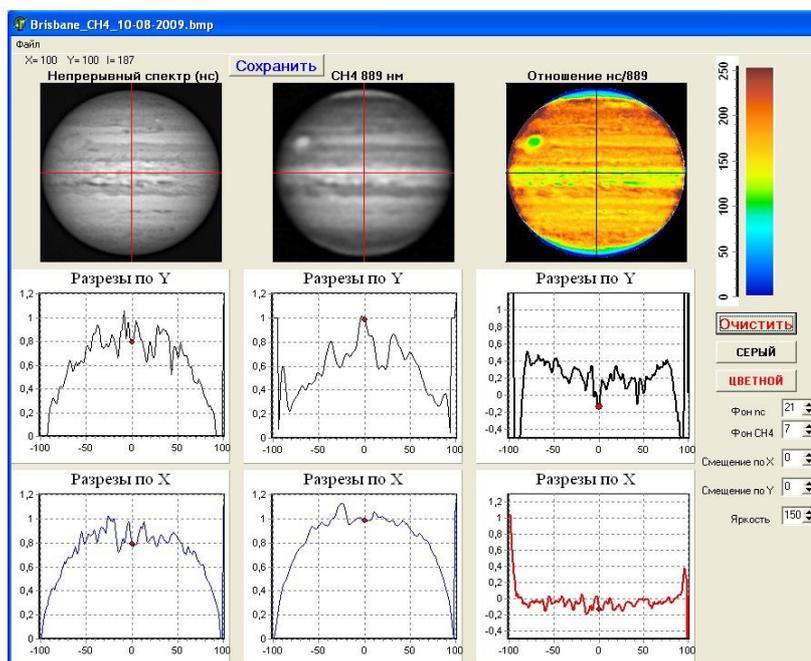


Рисунок 4 – Скриншот программы отношения снимков в непрерывном спектре и в полосе метана CH_4 889 нм

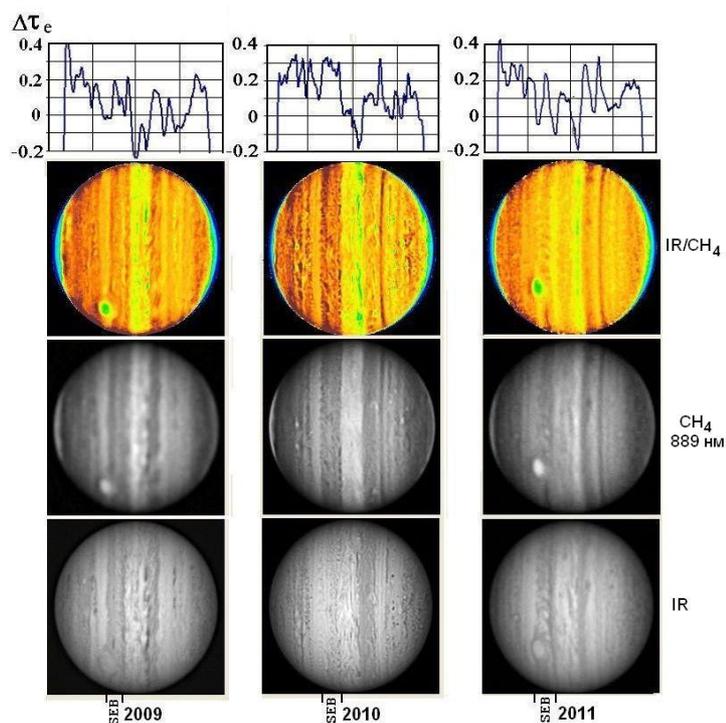


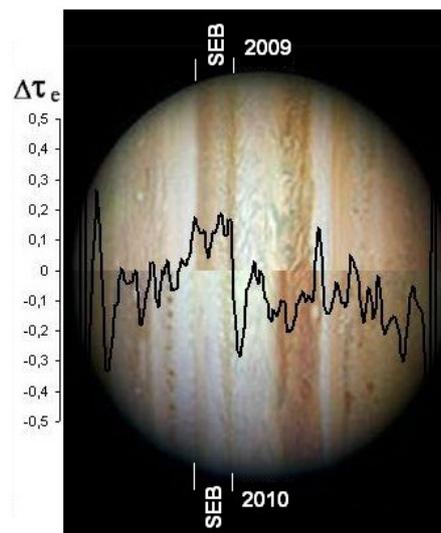
Рисунок 5 – Внешний вид Юпитера в непрерывном спектре (IR) и в полосе поглощения метана CH_4 889 нм,

их отношение и $\Delta\tau$ эффективное вдоль центрального меридиана для трех лет 2009–2011 гг.

не обладают необходимой фотометрической точностью, а результаты обработки носят скорее всего качественно-иллюстративный характер и к приводимым оценкам $\Delta\tau$ эффективного следует относиться с осторожностью.

Представляется интересным сравнить значения $\Delta\tau$ эффективное для 2009 года, когда SEB была в обычном состоянии и для 2010 года, когда произошло ее осветление. Такое сравнение представлено на рисунке 6, на котором нижняя полусфера соответствует изображению Юпитера в 2010 г., а верхняя – в 2009 г. Здесь же на снимок нанесена разность $\Delta\tau_{2010} - \Delta\tau_{2009}$.

Рисунок 6 – Внешний вид Юпитера
в 2009 году (верхняя полусфера), в 2010 г. (нижняя
полусфера)
и разность оптических толщ $\Delta\tau_{2010} - \Delta\tau_{2009}$



На рисунке 6 хорошо видно, что в 2010 году $\Delta\tau$ эффективное в области SEB действительно стало заметно больше, чем в 2009 году. Здесь же хорошо заметно, что наиболее активные процессы и значительные изменения в $\Delta\tau$ эффективное происходили также на границах SEB и EZ, что подтверждается результатами инфракрасных фильтровых наблюдений [2], а также на границе NEB и NTrZ, но с противоположным знаком.

Работа выполнена в рамках программы 055 научно-исследовательской работы «Изучение физических свойств избранных объектов солнечной системы».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Тейфель В.Г., Харитоновна Г.А. Драматические события на Юпитере в 2009–2011 годах // Известия НАН РК. Сер. физ.-мат. – 2012, – № 3. – С. 58-62
- 2 Fletcher L.N., Orton G.S. et al. Jovian temperature and cloud variability during the 2009–2010 fade of the South Equatorial Belt // Icarus. 2011. – Vol. 213. – P. 564-580.
- 3 <http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/Latest/Jupiter.htm>.

REFERENCES

- 1 Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Teyfel V.G., Haritonova G.A. Dramaticheskie sobyitiya na Yupitere v 2009-2011 godah // Izvestiya NAN RK. Seriya fiz.-mat. 2012, № 3, S. 58-62 (in Russ).

2 Fletcher L.N., Orton G.S. et al. Jovian temperature and cloud variability during the 2009-2010 fade of the South Equatorial Belt // *Icarus*, 2011, Vol. 213. P. 564-580.

3 <http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/Latest/Jupiter.htm>.

Резюме

В. Д. Вдовиченко, Г. А. Кириенко

(«Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан Республикасы)

2009–2011 ЖЫЛДАРДАҒЫ CH₄ 889 НМ

ЖОЛАҒЫНДА ЮПИТЕРДЕГІ МЕТАННЫҢ ӨЗГЕРУЛЕРІ

2009 және 2011 жылдармен салыстырғанда 2010 жылғы Оңтүстік Экваторлы жолақтың (SEB) жарықтану периодында Юпитердің дискісінде метан жұтылуы таралуының өзгеру ерекшеліктеріне, үздіксіз спектрдің суреттері және CH₄ 889 нм метанның жұтылу жолағы арқылы талдап көру жұмыстары жүргізілді. 2009 жыл-ға қарағанда дискінің центрімен салыстырғанда SEB көзге көрінерлік сәуле жұтылуының оптикалық қалың-дығы 2010 жылы үлкейгендігі нақты түрде байқалады деген шешім қабылданады. Белсенді процестер және тиімді қалыңдықтың жұтылуының өзгерулері SEB және EZ шекараларында, сонымен бірге NEB және NTrZ шекараларында да болған.

Тірек сөздер: Юпитер, жұтылу жолағы, метан, аммиак, SEB, GRS.

Summary

V. D. Vdovichenko G. A. Kirienko

(D TOO «Fesenkov Astrophysical Institute», Almaty, Republic of Kazakhstan)

METHANE ABSORPTION VARIATIONS ON JUPITER
IN THE BAND OF CH₄ 889 nm IN 2009–2011

An attempt to analyze change of methane absorption distribution on the Jovian disk during the fade of the SEB in 2010 as compared with those in 2009 and 2011 is undertaken. This is made using snapshots of Jupiter in the continuum (IR) and in the CH₄ 889 nm. The conclusion is drawn that in 2010 an absorption optical depth of SEB (on a sight beam) relatively the disk centre, indeed, became noticeably more than in 2009. It is note that considerable active processes and changes in the effective optical absorption depth were happening on borders between SEB and EZ and also between NEB and NTrZ.

Keywords: Jupiter, absorption bands, methane, ammonia, SEB, GRS.

Поступила 2.09.2013г.