

A. M. КАРИМОВ

ПОВЕДЕНИЕ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ МЕТАНА НА САТУРНЕ ПОСЛЕ РАВНОДЕНСТВИЯ 2009 ГОДА

ДТОО «Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова», г. Алматы

Рассматриваются широтные вариации интенсивности полос поглощения метана на Сатурне после имевшего место в 2009 г. равноденствия, когда наклон экватора планеты к направлению на Солнце был близок к нулю и оба полушария находились в равных условиях инсоляции. На основе результатов обработки большого числа зональных ПЗС-спектрограмм Сатурна за 2010-2012 гг. прослеживаются основные глобальные изменения в меридиональном распределении поглощения в слабых и умеренных полосах CH₄ в диапазоне длин волн 580-800 нм. Основная характерная особенность Сатурна – пониженное поглощение метана в экваториальном поясе – сохраняется, хотя измерения при увеличивающемся наклоне экватора Сатурна в этой области затруднены из-за проектирующегося на южные умеренные широты и расширяющегося кольца. Однако в северном полушарии отчетливо выделяется депрессия метанового поглощения на широтах 40-60 градусов при усилении поглощения к полюсу. Ширина этой депрессии увеличилась в 2012 г. за счет смещения максимума поглощения на низких широтах к югу.

Введение. Продолжающиеся в лаборатории физики Луны и планет АФИФ многолетние спектральные наблюдения Сатурна дают возможность проследить те изменения в атмосфере и облачном покрове планеты, которые носят сезонный характер и связаны с происходящим по мере орбитального движения Сатурна изменением наклона его экватора к направлению на Солнце. Поскольку угол наклона (или планетоцентрическое склонение Солнца) меняется в пределах от +27 до -27 градусов, режим инсоляции северного и южного полушарий планеты меняется существенным образом. При этом также меняется и расстояние Сатурна от Солнца, что также оказывается на радиационном режиме. Немалое значение имеет и тот факт, что «зимнее» полушарие планеты получает еще более пониженное количество солнечной энергии за счет его экранирования кольцом.

Периоды равноденствий, когда наклон экватора Сатурна близок или равен нулю, повторяются лишь раз в 15 лет, но именно эти периоды оказываются наиболее интересными, поскольку здесь представляется возможность сравнить состояние атмосферы при одинаковых условиях освещения и видимости обоих полушарий. В это время приток солнечной радиации к ним практически одинаков. Однако наблюдения в равноденствие 1995 г обнаружили существенную асимметрию в величинах поглощения метана – в северном полушарии оно было гораздо выше, чем в южном [1, 2].

С переходом к максимальному наклонению южного полушария к Солнцу (около 2004 года) и вплоть до равноденствия 2009 г. наблюдался рост метанового поглощения в умеренных широтах южного полушария. Можно было ожидать, что в равноденствие 2009 г. картина асимметрии поглощения в северном и южном полушарии изменится на зеркальную, но этого не произошло: в обоих полушариях на умеренных широтах наблюдались почти одинаковые значения глубин и эквивалентных ширин полос поглощения метана [3-5]. Причина здесь видится именно в различиях расстояния Сатурна от Солнца в период до равноденствия 1995 г., когда он находился на максимальном удалении и приближался к Солнцу до 2003 г. и в период до равноденствия 2009 г., приходящегося на продолжающееся с 2004 г. удаление от Солнца. Это и создает неравенство ситуации с радиационным режимом для северного и южного полушарий в течение сатурнианского года.

Естественно, представляет интерес проследить следующие за равноденствием 2009 г. изменения в состоянии атмосферы Сатурна на основе однородных по методике спектрофотометрических наблюдений и измерений полос поглощения.

Методика наблюдений и обработки. Как и в предыдущие годы, спектральные наблюдения Сатурна выполнялись сотрудниками планетной лаборатории на 0.6-м телескопе РЦ-600 с дифракционным спектрографом SGS фирмы SBIG. Приемником изображения служила ПЗС-камера ST-7XE, измерения велись в диапазоне длин волн от 580 до 800 нм, в который попадает ряд полос поглощения метана 619, 687, 702, 725 и 794 нм. В данной работе обсуждаются пока только данные, полученные методом спектрального сканирования диска Сатурна щелью, устанавливаемой парал-

лько большой оси кольца. При экспозициях в 20 секунд на один скан диска приходится до 60 зональных спектрограмм, каждая из которых позволяет достаточно уверенно построить профили полос поглощения путем привязки к спектру кольца. Спектрограммы обрабатывались в программе **CCDOPS** для перевода изображений в числовые массивы, дальнейшая обработка этих массивов выполнялась с помощью электронных таблиц **EXCEL**. В конечном счете вычислялись эквивалентные ширины и центральные глубины полос поглощения. Для контроля возможных инструментальных ошибок измерялась также теллурическая полоса кислорода на 760 нм, величина которой не должна зависеть от позиции на спектральном скане.



Рис. 1. Вид Сатурна и изменение наклона кольца и экватора планеты в 2010-2012 гг. (Снимки Cristopher Go [6])

В результате такой обработки составлялись компьютерные атласы профилей основных полос поглощения, более детальный анализ полного объема которых еще предстоит. Здесь же коротко описываются основные особенности в широтном ходе поглощения метана на Сатурне в 2010-2012 гг. В этот период сатурноцентрическое склонение Земли (почти такое же, как и у Солнца) менялось от +3 до + 14 градусов, так что кольцо Сатурна проектировалось на южное полушарие (рис. 1).

Результаты спектральных измерений. Широтные вариации полос поглощения метана, характерные для каждого из трех сезонов наблюдений, показаны на рис. 2-4. На каждом из них представлены результаты измерений центральных глубин и эквивалентных ширин полос. В экваториальном поясе Сатурна поглощение значительно меньше, чем на умеренных и высоких широтах. Эта особенность, обусловленная, скорее всего, повышенным уровнем верхней границы экваториального облачного слоя или наличием более плотной надоблачной дымки, сохраняется в течение многих десятков лет. По крайней мере, об этом свидетельствуют и ранние спектральные наблюдения Сатурна [7-8].

К сожалению, как уже отмечалось выше, надежные измерения поглощения в экваториальном поясе возможны лишь в периоды равноденствий, когда отсутствуют помехи со стороны кольца, ориентированного ребром к земному наблюдателю. В другие периоды при неидеальном качестве изображения влияние кольца затрудняет такие измерения. Само же кольцо, естественно, создает дополнительную глубокую депрессию наблюдаемого поглощения.

Вполне возможно, что в экранируемой кольцом зоне, где инсоляция им достаточно сильно ослаблена, происходят свои изменения в структуре и плотности облаков, зарегистрировать которые невозможно.

В ходе метанового поглощения в поясах умеренных широт в рассматриваемый период обращает на себя внимание следующее. Глубина полосы CH_4 725 нм и в северных и южных умеренных широтах почти одинакова, тогда как эквивалентная ширина обнаруживает тенденцию к росту в северном полушарии, что еще более резко проявляется у полосы 794 нм. При этом наблюдается у обеих полос депрессия в поясе широт 30-60 градусов с ростом поглощения к северному полюсу. Депрессия эта присутствует и у слабых полос. В 2012 г. она расширяется к югу, сохраняя подъем поглощения к северному полюсу, который уже находится не на лимбе, а на видимой части диска Сатурна.

Необходимо отметить некоторую необычность ситуации с Сатурном в рассматриваемый период. В конце 2010 г. на Сатурне в северном полушарии на широте около 40 градусов возникло яркое пятно, названное Северным Тропическим Штормом. Это активное атмосферное возмущение дало начало постепенно растягивающейся по долготе двойной светлой полосе, которая в 2011 году охватила все долготы в виде голубоватого по сравнению с соседним облачным покровом пояса. Этот пояс наблюдается и в 2012 году.

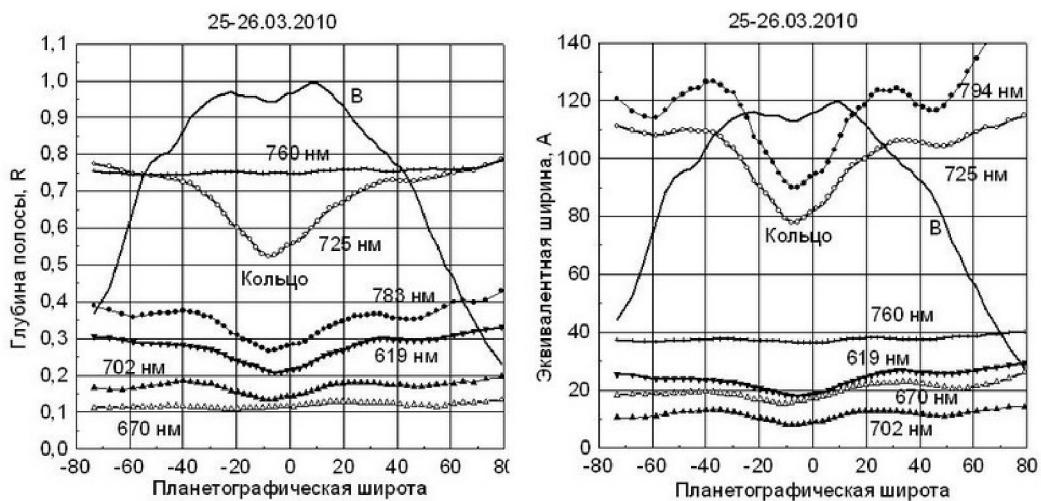


Рис. 2. Центральные глубины R (слева) и эквивалентные ширмы W (справа) полос поглощения метана на центральном меридиане Сатурна в 2010 г.

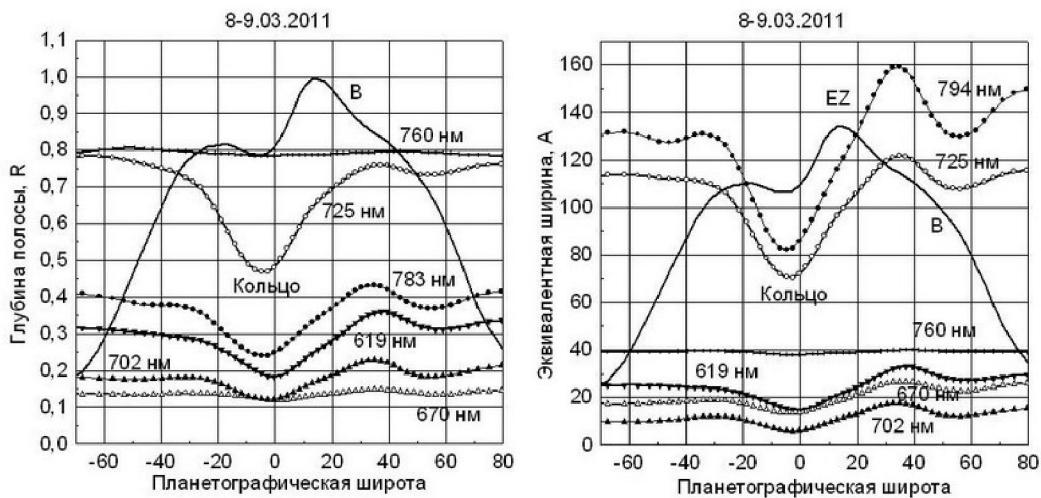


Рис. 3. Центральные глубины R (слева) и эквивалентные ширмы W (справа) полос поглощения метана на центральном меридиане Сатурна в 2011 г.

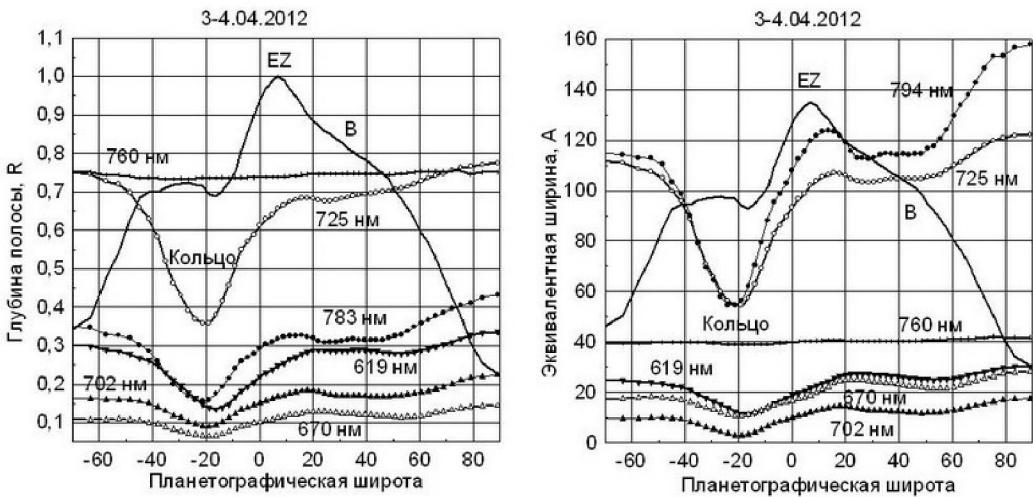


Рис. 4. Центральные глубины R (слева) и эквивалентные ширмы W (справа) полос поглощения метана на центральном меридиане Сатурна в 2012 г.

Хотя было бы заманчиво связать депрессию метанового поглощения на упомянутых выше широтах северного полушария с этим возмущением, но, как видно из рис. 2, эта депрессия наблюдалась еще в марте 2010 г., когда никаких намеков на появление шторма не было. По нашим наблюдениям в начале формирования полосы за штормом [9] никаких существенных различий в поглощении метана в ней по сравнению с соседними широтами не обнаружено.

Из-за ограничения объема статьи здесь не обсуждаются другие особенности в ходе поглощения метана в слабых полосах, требующие дополнительного анализа и дальнейших наблюдений.

Автор благодарен В. Д. Вдовиченко и В. Г. Тейфелю за ценные замечания и советы, способствовавшие написанию этой статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тейфель В.Г. Распределение молекулярного поглощения по диску Сатурна по наблюдениям в 1995 г. на основе зональной спектрофотометрии с ПЗС-камерой. Результаты наблюдений. // Астроном. вестник РАН. – 1997. – Т. 31, № 3. – С. 222-231. – Solar System Res. – 1997. – V. 31, N 3. – P. 198-206.
2. Tejfel V.G. Latitudinal Variations of the Molecular Absorption Bands on Saturn and Seasonal Changes of the Atmospheric State at S- and N- Hemispheres // Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences. – 2005. – Vol. 16, N 1. – P. 231-240.
3. Tejfel V., Karimov A., Kharitonova G. Preliminary comparison of the methane absorption latitudinal distribution on Saturn's disk near zero tilt of the rings in 1995 and 2009 // Geophysical Research Abstracts. – V. 11, EGU 2009-9735.
4. Тейфель В.Г., Каримов А.М., Кириненко Г.А., Харитонова Г.А. Сезонные различия в северном и южном полушариях Сатурна по данным спектрофотометрии 1995 и 2009 гг. // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. – 2009. – № 4. С. 105-109.
5. Tejfel V.G. , Karimov A.M., Kharitonova G.A., Kirienko G.A. , Vdovichenko V.D. The hemispheric differences in the methane and ammonia absorptions on Saturn near last equinox in 2008-2010 // 42-nd DPS Meeting – Bulletin of the American Astronomical Society. – 2010. – V. 42. – P. 1021.
6. Cristopher Go .Saturn images // ALPO Japan 2010-2012 – <http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/indexE.htm>.
7. Тейфель В.Г., Харитонова Г.А. Высота облачного покрова и экваториальное ускорение в атмосфере Сатурна // Астрон. Циркуляр АН СССР. – 1972. – № 735. С. 4-6.
8. Apt J., Singer R.B. Cloud height differences on Saturn // Icarus. – 1982. – V. 52. – P. 503-508.
9. Тейфель В.Г., Каримов А.М., Синяева Н.В. Спектрофотометрия Сатурна во время Большого северного возмущения (Северного тропического шторма) //Известия НАН РК. Сер. физ.-мат. – 2011. – № 4. – С. 86-90.

REFERENCES

1. Tejfel' V.G. Raspredelenie molekuljarnogo pogloschenija po disku Saturna po nabljudenijam v 1995g. na osnove zonal'noj spektrofotometrii s PZS-kameroj. Rezul'taty nabljudenij. // Astronom. vestnik RAN, 1997, T.31, N3, c.222-231, Solar System Res., 1997, v.31, N3, p.198-206
- 2 Tejfel V.G. Latitudinal Variations of the Molecular Absorption Bands on Saturn and Seasonal Changes of the Atmospheric State at S- and N- Hemispheres. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 2005, vol.16, No.1, p. 231-240.
3. Tejfel V., Karimov A., Kharitonova G., .Preliminary comparison of the methane absorption latitudinal distribution on Saturn's disk near zero tilt of the rings in 1995 and 2009 . Geophysical Research Abstracts,V 11, EGU2009-9735.
4. Tejfel' V.G, Karimov A.M., Kirienko G.A., Kharitonova G.A. Sezonnye razlichija v severnom i juzhnom polusharjah Saturna po dannym spektrofotometrii 1995 i 2009gg . Izvestija NAN RK, serija fiziko-matematicheskaja, №4, 2009 S.105-109
- 5.Tejfel V.G. , Karimov A.M., Kharitonova G.A., Kirienko G.A. , Vdovichenko V.D. The hemispheric differences in the methane and ammonia absorptions on Saturn near last equinox in 2008-2010. 42-nd DPS Meeting -Bulletin of the American Astronomical Society, 2010, V. 42, P.1021
6. Cristopher Go .Saturn images ALPO Japan 2010-2012.
- 7 Tejfel' V.G., Kharitonova G.A. Vysota oblachnogo pokrova i jekvatorial'noe uskorenje v atmosfere Saturna. Astron.Cirkuljar AN SSSR №735, 1972, S. 4-6
8. Apt J., Singer R.B Cloud height differences on Saturn. *Icarus*, 1982, V.52, P.503-508
9. Tejfel' V.G., Karimov A.M., Sinjaeva N.V. Spektrofotometrija Saturna vo vremja Bol'shogo severnogo vozmuschenija (Severnogo tropicheskogo shtorma) .Izvestija NAN RK. Ser. fiz.-mat.№4. 2011, S.86-90

A. M. Каримов

САТУРНДАҒЫ МЕТАН ЖҰТУ ЖОЛАҚТАРЫНЫҢ 2009 ЖЫЛЫНЫҢ КҮН МЕН ТҮН ТЕҢЕЛҮҮНЕН КЕЙІНГІ ҚАЛПЫ

Планетаның еністік экваторы күнге қарай бағыты нөлге жақын болған кезде және екі жарты шарда инсоляцияның тен жағдайында тұрған кезеңіндегі 2009 ж. орын алған күн мен түн тенелүүнен кейінгі Сатурндағы метан жұту жолақтарының қарқындылығының көндік вариациясы қарастырылады. 2010–2012 ж. Сатурнның үлкен санды зональды ПЗС спектроммасын өңдеу нәтижелерінің негізінде, жұтуудың меридионалды таралуының толқын ұзын 580–800 нм диапозанда әлсіз және қалыпты жолақ CH_4 негізгі глобалды өзгерістері бақыланады. Сатурнға тән басты ерекшелігі – экватордың ұлғаюшы еңсінде Сатурн өлшемі бұл

аймақта оңтүстік шамалы кеңдік жобаланған кеңейген сақинаға болса да, экваторлы сызықта метан жұтылуының төмендеуі сакталады. Алайда, солтүстік жартышарда 40–60 градус кеңдікте полюске жұту күшеноінде, метан жұтылуының күйзелісі айрықша ерекшеленеді. Бұл күйзелістің ұзындығы 2012 жылы оңтүстіктің төмен ендітерінде максималды жұту араласуымен көбейді.

A. M. Karimov

THE BEHAVIOR OF THE METHANE ABSORPTION BANDS ON SATURN
AFTER ITS EQUINOX 2009

There are considered here the latitudinal variation of the intensity of the absorption bands of methane on Saturn after 2009 equinox, when the inclination of the planet's equator to the direction of the Sun was close to zero, and both hemispheres were equally insulated. Based on the results of processing a large number of zonal CCD-spectrograms of Saturn in 2010-2012 there may be traces the major global changes in the latitudinal distribution of absorption in the weak and moderate bands of CH₄ at the wavelength range 580-800 nm. The main characteristic feature of Saturn - a reduced absorption of methane in the equatorial belt - is preserved, although the measurements at Saturn's equator are difficult with the increasing of the slope in this area because of the projection on the southern temperate latitudes and the expanding ring. However, in the northern hemisphere is clearly visible depression of methane absorption at latitudes of 30-60 degrees with increasing absorption toward the pole. The width of this depression increased in 2012 due to the shift of the absorption maximum at low latitudes to the south.