УДК 523.45

В. Д. ВДОВИЧЕНКО[1], Г. А. КИРИЕНКО[2], П. Г. ЛЫСЕНКО[3], В. Г. ТЕЙФЕЛЬ[4]

(Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова «НЦКИТ» НКА РК, г.Алматы)

ОСОБЕННОСТИ БОЛЬШОГО КРАСНОГО ПЯТНА НА ЮПИТЕРЕ В ПОЛОСАХ ПОГЛОЩЕНИЯ МЕТАНА

Аннотация. Выполнены спектрофотометрические наблюдения Юпитера, приуроченные к периодам прохождения Большого Красного Пятна (БКП) по видимой стороне диска планеты. Исследованы особенности его отражательных свойств в полосе поглощения метана 887 нм. Интерпретация выполнена в рамках двухслойной модели атмосферы, которая представляет собой рассеивающе-поглощающий облачный слой, с расположенной над ним чисто газовой атмосферой. В итоге определены основные оптические особенности облачных слоев и толщины надоблачной атмо-сферы, а также различия высот верхней границы аэрозоля. Получено, что Большое Красное Пятно является самым высоким облачным образованием. Его высота по данным спектральных иссле-дований расположена выше окружающей его Южной тропической зоны на 10 км.

Ключевые слова: *Юпитер, Большое Красное Пятно, атмосфера, спектрофотометрия, метан, молекулярное поглощение.*

Тірек сөздер: Юпитер, Үлкен Қызыл Дақ, атмосфера, спектрофотометрия, метан, молекулалық жұтылу.

Keywords: *Jupiter, Great Red Spot, atmosphere, spectrophotometry, methane, molecular absorption.*

Введение. Большое Красное Пятно на Юпитере – это гигантский антициклональный вихрь в его южном полушарии, обладающий необычными свойствами по сравнению с другими формированиями в атмосфере и облачном покрове планеты. Основные исследования БКП были направлены на изучение динамических особенностей – его циркуляции и долготного дрейфа, отличающегося от других зональных течений со сложным широтным распределением скоростей. Особый цвет БКП давно привлекал внимание наблюдателей, но специальных оптических исследований в этом отношении почти не проводилось, за исключением визуальных оценок его цвета и видимости. Первые попытки инструментальной фотометрии БКП были предприняты в Астрофизическом институте в 50-60-е годы прошлого столетия [1-2]. Позднее на основе спектрофотометрии БКП при перемещении его от центрального меридиана к краю диска было показано [3-5], что по своим отражательным свойствам оно не отличается от других облачных образований и не может быть неким твердым плавающим островом, как еще предполагали в то время некоторые исследователи. В дальнейшем теоретические исследования в области динамики планетных атмосфер привели к наиболее вероятному выводу, что Большое Красное Пятно представляет собой долгоживущий вихрь в свободной атмосфере [6]. Однако и в динамических и оптических особенностях БКП остается еще много нерешенных вопросов. В отношении оптических особенностей БКП, по-видимому, наиболее интригующей представляется аномально высокая яркость его на снимках, получаемых через узкополосные светофильтры, вырезающие участок спектра внутри сильной полосы поглощения метана CH_4 887 нм. Снимки такого рода регулярно публикуются, в частности, на сайте японской ассоциации наблюдателей Луны и планет (ALPO Japan [7]).

Постановка задачи. Формирование молекулярных полос поглощения в спектрах планет-гигантов происходит в результате довольно сложного процесса многократного рассеяния и поглощения в облачном покрове и поглощения в чисто газовой надоблачной части атмосферы. Благодаря этому наблюдения вариаций отражательных свойств разных областей планеты в

полосах поглощения позволяют исследовать пространственные и временные вариации структуры и положения облачных слоев и отдельных облачных образований, к каким относится и Большое Красное Пятно. Остаточная интенсивность в центральной части полосы поглощения CH_4 887 нм равна приблизительно 0.1 от интенсивности в непрерывном спектре. Поэтому именно в ней поглощение в надоблачной атмосфере достаточно велико по сравнению с более слабыми полосами. Внутри же облачного покрова, как следует из теории, роль многократного рассеяния в формировании поглощения ослаблена. В этом плане определенную информацию можно получить, исследуя, как ведет себя яркость Пятна при изменении геометрии его освещения и наблюдения. Таким образом, практически задача состоит в получении серии спектрограмм при ориентации щели вдоль Южной тропической зоны (STrZ) при разных положениях Красного Пятна на видимой стороне планеты между центральным меридианом и лимбом.

Методика наблюдений и их обработки. В период с ноября 2013 г. по февраль 2014 г были проведены спектральные наблюдения Юпитера с помощью дифракционного спектрографа SGS с ПЗС-камерой ST-7XE, установленного на 0.6-м телескопе РЦ-600. Значительная часть наблюдений была приурочена к заранее рассчитанному времени прохождения БКП по диску Юпитера. Спектральная съемка осуществлялась двумя способами. Когда БКП проходило через центральный меридиан, записывались спектры при ориентации щели спектрографа вдоль центрального меридиана. Для получения спектрограмм с БКП при его удалении от центрального меридиана щель была ориентирована вдоль STrZ. Для последующего отбора спектрограмм с БКП измерялись яркостные профили на спектрограммах поперек дисперсии в длине волны 887 нм, где, как было отмечено выше, Красное Пятно выделяется своей яркостью.

Всего за сезон наблюдения было получено свыше 500 спектрограмм с Красным Пятном и окружающими его зонами. Для выявления особенностей самого Красного Пятна все спектрограммы проходили предварительный отбор по качеству изображения. Для начала выбирался профиль БКП с наибольшей яркостью в полосе поглощения CH_4 889 в моменты его прохождения через центральный меридиан. Затем он сравнивался с двумя последующими по времени профилями. Если средний профиль Пятна давал яркость ниже чем предыдущий и последующий, то он отбраковывался как не соответствующий хорошему качеству изображения. Всего за две даты вблизи противостояния были промерены 180 спектрограмм STrZ с Красным Пятном. Из них были отобраны 24 спектрограммы, соответствующие наилучшему качеству изображения с охватом диапазона углов освещения и наблюдения μ от максимального для данной широты (μ=0.91) до предельно регистрируемого (μ =0.3), когда присутствие БКП еще заметно на регистрограммах. Дополнительно были отобраны качественные спектрограммы центрального меридиана с БКП на нем и без него, а также спектрограммы STrZ без БКП и спектрограммы Экваториальной зоны в качестве эталона.

На рисунке 1 представлены спектральные особенности БКП по отношению к экваториальной светлой зоне (EZ) и по отношению к Южной Тропической Зоне (STrZ), а также фотометрические профили центрального меридиана в отсутствие БКП и в момент прохождения БКП через центральный меридиан, полученные по спектрограммам за 6 января 2014 г.

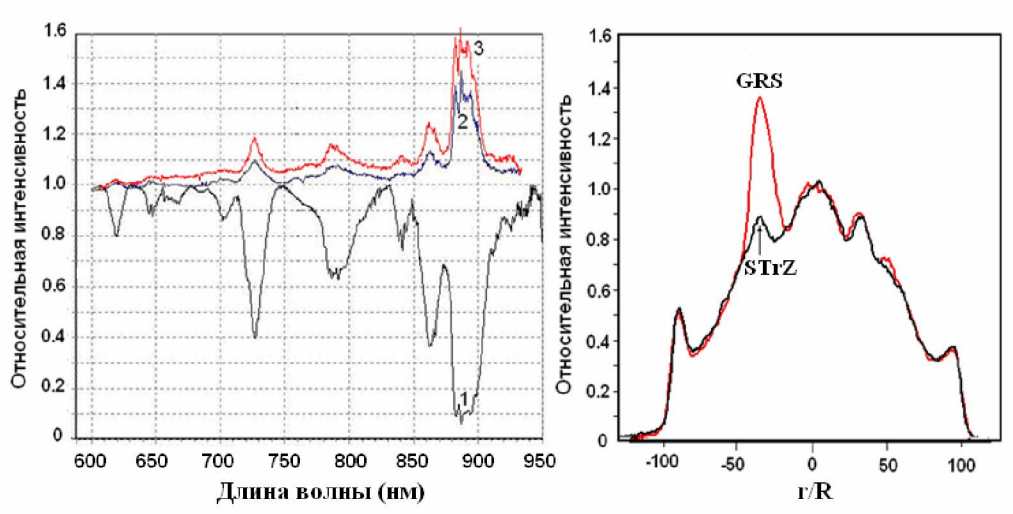

Рисунок 1 – На графике слева: 1 – профили полос поглощения метана и аммиака центра диска Юпитера (светлая область) и 2 - отношение спектра БКП к спектру центра диска, 3 – отношение спектра БКП к STrZ. Справа: разрезы центрального меридиана в полосе поглощения CH_4 887 нм в момент прохождения БКП через центральный меридиан и полчаса спустя

По предварительным оценкам БКП в центре полосы поглощения ярче центра диска Юпитера в 1.35 раза и в 1.55 раза ярче STrZ. Для сравнительных оценок записывались также серии спектрограмм STrZ в моменты отсутствия БКП на видимой стороне Юпитера. Кроме того, были отсняты спектрограммы светлой экваториальной области EZ, которая использовалась в дальнейшем в качестве опорной области. Относительные яркости всех облачных структур определялись по отношению к центру диска по меридиональным разрезам. Результаты измерений спектральных профилей качественно сравнивались с результатами фотометрии лучших снимков Юпитера [7] в длине волны 889 нм (в полосе поглощения метана) и в соседних с ней участках непрерывного спектра.

При измерениях спектрограмм и получении профилей зоны и Красного Пятна, естественно, нужно учитывать то обстоятельство, что атмосферная турбуленция создает некоторое размытие изображения планеты. Поэтому была разработана специальная программа анализа профилей STrZ и Красного Пятна с учетом замытия. Для этого исследуемый наблюдаемый профиль Зоны с Красным Пятном сравнивался с теоретическим профилем Зоны, рассчитанным для варьируемых значений коэффициента потемнения и с добавленным к нему профилем Красного Пятна переменной яркости. Суммарный профиль мог замываться гауссианой с переменным параметром сигма до наилучшего совпадения теоретического и наблюдаемого профилей (рисунок 2).

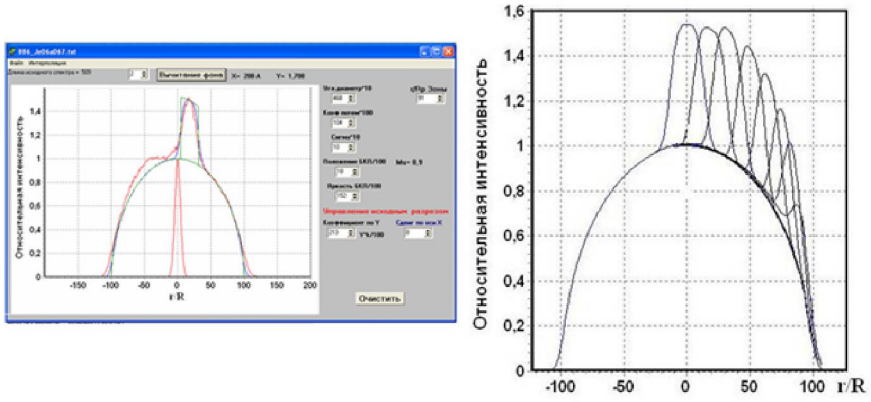

Рисунок 2 – Слева – скриншот программы анализа и исправления профилей за атмосферную турбуленцию. Справа - теоретические профили Зоны с Красным Пятном, соответствующие наилучшему совпадению с наблюдаемыми профилями при разном удалении от центрального меридиана