

Измерение вращательной температуры гидроксила на разных широтах

Колтовской И. И., Аммосов П. П., Гаврильева Г. А., Аммосова А. М.
Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г.Шафера СО РАН
г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия
e-mail: Koltigor@mail.ru

Введение.

В докладе представляются сравнения вращательных температур полосы OH(3,1) на высоте около 87 км измеренных двумя спектрографами, установленными на разнесенных по широте оптических станциях: Маймага ($\phi = 63^\circ \text{ N}$, $\lambda = 129.5^\circ \text{ E}$), которая располагается в 120 км севернее от г. Якутска, и Тикси (71.6° N , 128.7° E).

Инфракрасный спектрограф в п. Тикси (71.6° N , 128.7° E) был установлен в сентябре 2015г. Разработанное нами программное обеспечение позволяет прибору работать в полностью автоматическом режиме. Прибор автоматически начинает регистрировать ночное небо, при угле погружения Солнца $>9^\circ$, а с началом рассвета останавливает свою работу. Каждое утро по интернету передает в институт отснятые за ночь данные. Таким образом, на станции Тикси и Маймага установлены идентичные светочувствительные инфракрасные спектрографы, регистрирующие полосу OH(3,1) в далекой инфракрасной области (около 1,5 мкм).

Приборы и станции.

Постоянная регистрация полос гидроксила OH(3,1) в далекой инфракрасной области (около 1,5 мкм) проводится на оптическом полигоне Маймага (63° N , 129.5° E) Института космических исследований и аэронавтики СО РАН с 2014 г. Оптический полигон Маймага расположен в ~ 120 км к северу от Якутска. Инфракрасный спектрограф состоит из монохроматора Shamrock SR-303i, оснащенного высокочувствительным инфракрасным iDus InGaAs фотодиодным детектором DU490A-1.7 производства фирмы ANDOR. Рабочий диапазон длин волн 1490 - 1544 нм. Охлаждение -60° C . Угол зрения $\sim 3^\circ$. Разрешение спектрографа при ширине входной щели 0.2 мм равно 0,8 нм. Спектры молекулы гидроксила OH(3,1), излучающиеся на высоте около 87 км, регистрируются в автоматическом режиме при угле погружения Солнца $> 9^\circ$ каждую минуту и передаются ежесуточно через интернет на сервер Института. С сентября 2015г. аналогичный инфракрасный спектрограф был установлен на станции ПГО Тикси (71.6° N , 128.7° E). Согласно многим последним работам полоса OH(3,1) достаточно хорошо термализируется и соответствует температуре окружающей нейтральной атмосферы на высоте ее излучения. Выбор полосы излучения гидроксила в далекой инфракрасной области обусловлен тремя обстоятельствами. Во-первых, наибольшей интенсивностью эмиссий гидроксила в этой области спектра, во-вторых, меньшим вкладом паразитного света от звезд и Луны, в третьих отсутствием эмиссий полярных сияний.

Измерение и обработка.

Измерения проводились в ночное время, при угле погружения Солнца $> 9^\circ$, в безоблачную и малооблачную погоду. Регистрировались эмиссии гидроксила OH(3,1) с экспозицией 60 секунд. Далее, используя известную методику, находим вращательную температуру эмиссии гидроксила OH(3,1). Метод оценки вращательной температуры молекулярных эмиссий основан на подгонке модельных спектров, построенных с учетом аппаратной функции прибора для различных, заранее заданных температур, к реально измеренному спектру методом наименьших квадратов. При оценке вращательной температуры по полосе гидроксила были использованы вероятности перехода рассчитанные в работе Mies, F.H., 1974

Обсуждение и сравнение.

В течение суток, вследствие динамических процессов, происходящих в атмосфере, таких как планетарные волны, вариации связанные с возрастом Луны, приливы и ВГВ, вращательная температура подвержена значительным колебаниям. На примере нескольких ночей показаны сравнения вращательных температур полос гидроксидов $\text{OH}(3,1)$ в течение ночи (рис 2 а,б,в), где можно отчетливо видеть прохождения различных волн. Появляется возможность проследить ту или иную волну. Известно, что по модельным расчетам амплитуда суточных колебаний вращательной температуры должна убывать с ростом широты, что отчетливо видно на рисунке 2в.

Для сравнения на рис. 3 приведены средненочные вращательные температуры полосы $\text{OH}(3,1)$, измеренные на разных широтах в течение 4 месяцев 2015 г. Несмотря на то, что период наблюдения всего 4 месяца, хорошо прослеживается сезонное изменение вращательной температуры гидроксидов. Так, температура нагревается со 150К в середине августа до 210К в зимние месяцы. Хотя в сентябре данных с Тикси очень мало, полученные температуры немного ниже, чем температуры, полученные в Маймаге. В октябре температура, полученная в Тикси, становится выше, чем в Маймаге. При сравнении среднемесячных вращательных температур гидроксидов с температурами, полученными с эмпирической модели CIRA (COSPAR International Reference Atmosphere <ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/cira/cira86/>) наблюдается хорошая корреляция, за исключением декабря (Рис 4). Видно, что хотя общий сезонный ход соответствует модельному, значения температуры совпадет только в ноябре.

На рис 3 также можно увидеть кратковременные вариации с периодами в несколько дней, связанные с существованием планетарных волн. В дальнейших работах планируется выявить и оценить параметры этих вариаций. Попытаться понять их происхождения и т.д.

Заключение.

Таким образом, светочувствительный инфракрасный спектрограф, регистрирующий полосу $\text{OH}(3,1)$ в далекой инфракрасной области (около 1,5 мкм) установлен в ПГО Тикси (71.58 ° N, 128.77 ° E). Получены предварительные результаты измерений вращательной температуры гидроксидов на высоте мезопаузы за 4 месяца (сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь) 2015года. Сделано сравнение полученных результатов с данными полученными на станции Маймага (63.04 ° N, 129.51 ° E). Среднемесячные вращательные температуры гидроксидов сравнивались с температурами, полученными с эмпирической модели CIRA (COSPAR International Reference Atmosphere. <ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/cira/cira86/>).

Несмотря на широтную разность, наблюдается очень хорошая корреляция между вращательными температурами гидроксидов, измеренными в Маймаге и Тикси. Предполагалось, что в области полярной шапки температура вращательной температуры гидроксидов зимой должна быть выше, а в летние месяцы ниже. В общем, по нашим данным такая закономерность описывается за исключением второй половины декабря. Причиной такого понижения температуры мезопаузы может быть отсутствие разного рода активностей. (11-летний солнечный цикл на минимуме).

При измерении вращательных температур гидроксидов с разных географических пунктов появляется возможность исследовать сложные пространственно-временные вариации в зависимости от их типа. Например, разделение на мигрирующие или немигрирующие приливы, направление распространения планетарных и внутренних гравитационных волн и т.д. В будущих работах планируется именно это и сделать.

Работа проведена в рамках выполнения проекта, поддержанного РФФИ, грант 16-35-00204 мол_а, 16-35-00121 мол_а, 15-05-05320 А

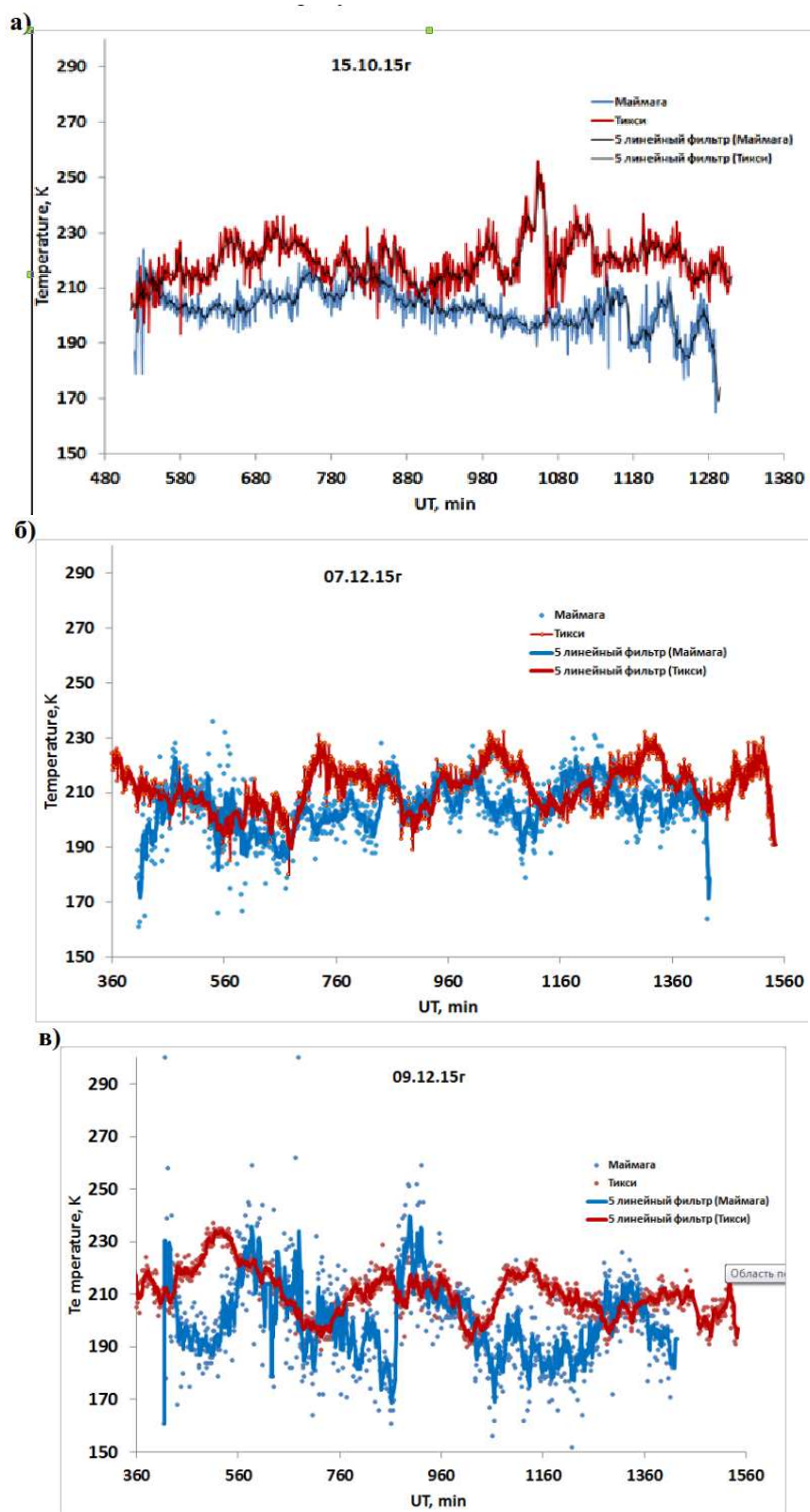


Рис. 1. Сравнения вращательных температур полос гидроксидов OH(3,1) в течение ночи.

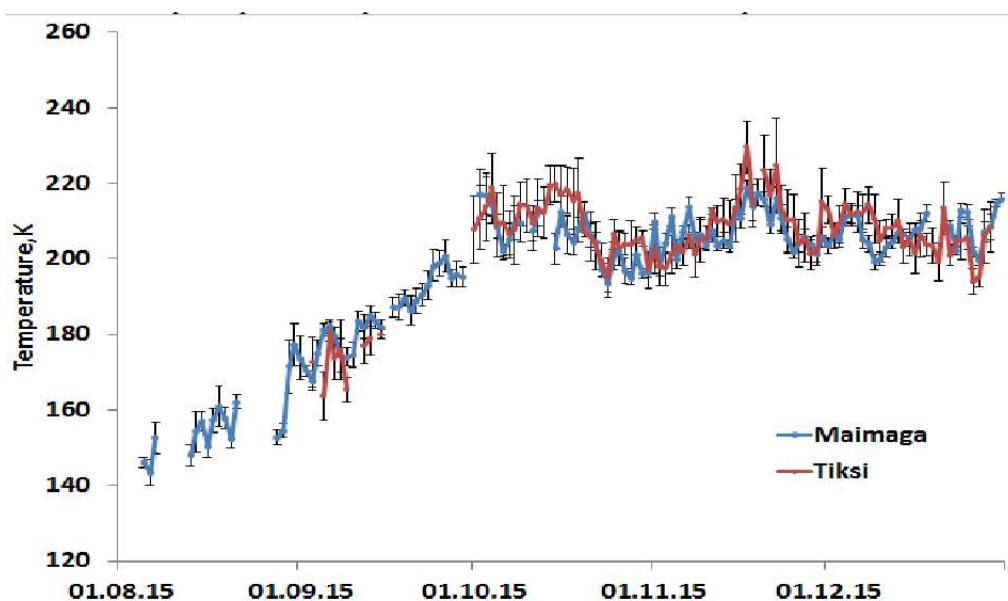


Рис. 2. Сравнение средненочных вращательных температур полосы OH(3,1), измеренных на разных оптических станциях в течение 4 месяцев 2015г.

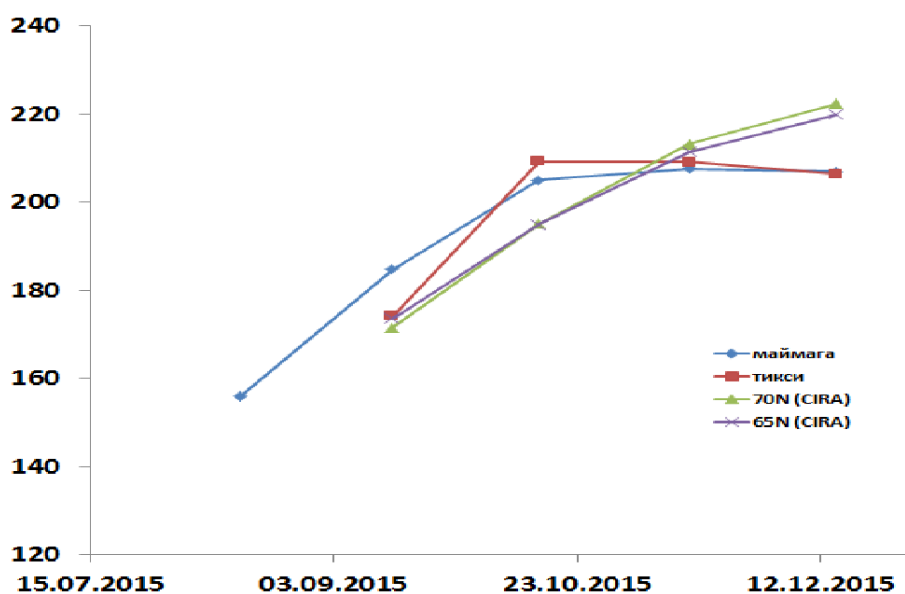


Рис. 3. Сравнение среднемесячных вращательных температур гидроксила с температурами, полученными с эмпирической модели CIRA. Нарисованы две линии температур из двух разных широт 65 и 70.