Создание меридиональной сети инфракрасных спектрографов (Тикси-Якутск-Нерюнгри)

*Колтовской И.И., м.н.с., Аммосова А.М., м.н.с.,
Сивцева В.И., аспирант,
Институт космических исследований и астрономии СО РАН,
г. Якутск
E-mail: Koltigor@mail.ru*

*Научные руководители:
к.ф.-м.н., с.н.с. Аммосов П.П.,
н.с. Гаврильева Г.А.*

Введение

В настоящее время область мезопаузы авроральных широт относится к наименее изученным областям атмосферы. Известно, что на авроральной широте температура мезопаузы может варьировать от 120 К в летние месяцы до 210 К в зимние, и с уменьшением широты амплитуда сезонного изменения температуры мезопаузы должна уменьшаться [1]. С целью исследования вариаций температуры мезопаузы и волновых процессов с увеличением широты было принято решение создать меридиональную сеть, состоящую из инфракрасных спектрографов, а именно их установкой на трех оптических станциях: Тикси (71.6°N , 128.7°E), Маймага (63°N , 129.5°E , возле Якутска) и Нерюнгри (56.7°N , 124.7°E) (рисунок 1). Инфракрасные спектрографы регистрируют полосы гидроксила $\text{OH}(3,1)$ в далекой инфракрасной области (около 1.5 мкм), излучающиеся на высоте мезопаузы ~ 87 км. Вращательная температура полос гидроксила $\text{OH}(3,1)$ соответствует температуре области мезопаузы на данной высоте.

Рис. 1. Расположение станций

Инфракрасный спектрограф на оптической станции Маймага был установлен в 2013 году, а в Тикси – в сентябре 2015г. Разработанное нами программное обеспечение позволяет приборам работать полностью в автоматическом режиме. Прибор

автоматически начинает регистрировать излучение ночного неба, при угле погружения Солнца $>9^\circ$, а с началом рассвета останавливает свою работу. Каждое утро через интернет передает в г. Якутск отснятые за ночь данные. Таким образом, на станции Тикси и Маймага установлены идентичные светочувствительные инфракрасные спектрографы, регистрирующие полосу ОН(3,1).

В данном докладе представляются научно-техническое обоснование создания меридиональной сети из инфракрасных спектрографов и полученные на данный момент результаты с установленных спектрографов. Сравнение вращательных температур полосы ОН(3,1) на высоте около 87 км измеренных двумя спектрографами, установленными на разнесенных по широте оптических станциях: Маймага и Тикси.

Приборы и станции.

Постоянная регистрация полос гидроксидов ОН(3,1) в далекой инфракрасной области (около 1.5 мкм) проводится на оптическом полигоне Маймага Института космических исследований и астрономии им. Ю.Г.Шафера СО РАН с 2013 года. Оптический полигон Маймага расположен в ~130 км к северу от г. 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 0.2мм равно 0.8 нм. Спектры молекулы гидроксидов ОН(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 2015 года аналогичный инфракрасный спектрограф был установлен на станции ПГО Тикси [2]. Согласно многим последним работам полоса ОН(3,1) достаточно хорошо термализируется и соответствует температуре окружающей нейтральной атмосферы на высоте ее излучения. Выбор полосы излучения гидроксидов в далекой инфракрасной области обусловлен тремя обстоятельствами. Во-первых, наибольшей интенсивностью эмиссий гидроксидов 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 в безоблачную и малооблачную погоду. Регистрировались эмиссии гидроксидов ОН(3,1) с экспозицией 60 секунд. Далее, используя известную методику, находим вращательную температуру эмиссии гидроксидов ОН(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 гидроксидов были использованы вероятности перехода, рассчитанные в работе [3]. Подробное описание данного метода можно найти в работе [4].

Обсуждение и сравнение.

На данный момент сделано сравнение температуры атмосферы в области мезопаузы на двух разных широтах, на авроральной (Тикси) и субавроральной (Маймага), по измерениям, проведенным в первый сезон совместных наблюдений.

Рис. 2. Ход средненочных вращательных температур области мезопаузы, измеренных одновременно в Тикси (красная кривая) и Маймаге (синяя кривая)

На рисунке 2 приведены средненочные вращательные температуры полосы $\text{OH}(3,1)$, измеренные на разных широтах в течение одного наблюдательного сезона (2015-2016 гг.). По измерениям, проведенным на оптическом полигоне Маймага, атмосфера на высоте излучения гидроксила нагревается с 150 K в середине августа до 210 K в зимние месяцы и охлаждается до 160 K в весенний период. В сентябре измеренные в полигоне Тикси температуры мезопаузы чуть ниже, чем температуры, полученные в Маймаге. В октябре температура мезопаузы в Тикси, становится выше, чем в Маймаге. В середине сезона наблюдений идет тенденция к выравниванию температур, измеренных на обеих станциях. Нужно особо отметить тот факт, что, несмотря на небольшие различия, отмеченные выше, вариации температуры мезопаузы на субавроральной и авроральной станциях практически идентичны. Коэффициент корреляции между рядами среднесуточных температур достигает до 0.83. Колебания температуры с периодами несколько суток, наблюдаемые одновременно на двух станциях с середины января по конец марта, можно отнести к планетарным волнам. Они не имеют фазового сдвига.

Заключение.

Таким образом, инфракрасные спектрографы, регистрирующие полосу $\text{OH}(3,1)$ в далекой инфракрасной области установлены в ПГО Тикси и Маймаге. Получены предварительные результаты измерений вращательной температуры гидроксила на высоте мезопаузы за один сезон. Несмотря на широтную разность, наблюдается очень хорошая корреляция между вращательными температурами гидроксила. Предполагалось, что в области полярной шапки температура вращательной температуры гидроксила зимой должна быть выше, а в летние месяцы ниже. По нашим данным такая закономерность описывается за исключением второй половины декабря.

Причиной такого понижения температуры мезопаузы может быть отсутствие разного рода активностей.

Следующим этапом в развитии меридиональной сети планируется установка идентичного инфракрасного спектрографа в г. Нерюнгри. В настоящее время заканчивается изготовление и испытания спектрографа на полигоне Маймага. При измерении вращательных температур гидроксила 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. Создание меридиональной сети инфракрасных спектрографов, измеряющей температуру мезопаузы от средних (Нерюнгри) до высоких широт (Тикси) позволит исследовать термические и динамические особенности мезопаузы Восточной Сибири. В дальнейшем, полученные результаты помогут оценить не только волновую динамику, но и глобальные климатические изменения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-35-00204 мол_а, 16-35-00121 мол_а, 15-05-05320 А, 15-45-05066-р_восток_а, 17-05-00855 А.

Список литературы:

1. Lubken F.-J. Thermal structure of the mesopause region at polar latitudes / F.-J. Lubken, U. von Zahn // J. Geophys. Res. – 1991. – V. 96. – № D11. – P. 20841–20857.
2. Koltovskoi et.al, 2016 Koltovskoi, I.I. Preliminary results of a comparison of the rotational temperature of the hydroxyl at the height mesopause measured at two different latitudes / I.I. Koltovskoi, P.P. Ammosov, G.A. Gavrilyeva, A.M. Ammosova // Proceeding of SPIE. – 2016. – 10035. – 100356W. – doi:10.1117/12.2249257.
3. Mies F.H. Calculated vibrational transition probabilities of OH(X²Π) / F.H. Mies // J. Molecular Spectrosc. – 1974. – V. 53. – № 2. – P. 150–188.
4. Аммосов П.П. Инфракрасный цифровой спектрограф для измерения вращательной температуры гидроксила / П.П. Аммосов, Г.А. Гаврильева // Приборы и техника эксперимента. – 2000. – № 6. – С. 73–78.

Проектирование информационной системы для магазина игрушек

*Кудинова А.А., студентка,
Технический институт (филиал)
Северо-Восточного федерального университета,
г. Нерюнгри
E-mail: aleksandrakudinova68466@gmail.com*

*Научный руководитель:
к.т.н., доцент Похорукова М.Ю.*

В настоящее время существует большое количество баз данных, без которых век информационных технологий не мог бы существовать и развиваться. Во многих сферах деятельности человека, таких как, медицина, торговля, образование, финансы и др. необходимо работать с упорядоченной и отсортированной информацией.