

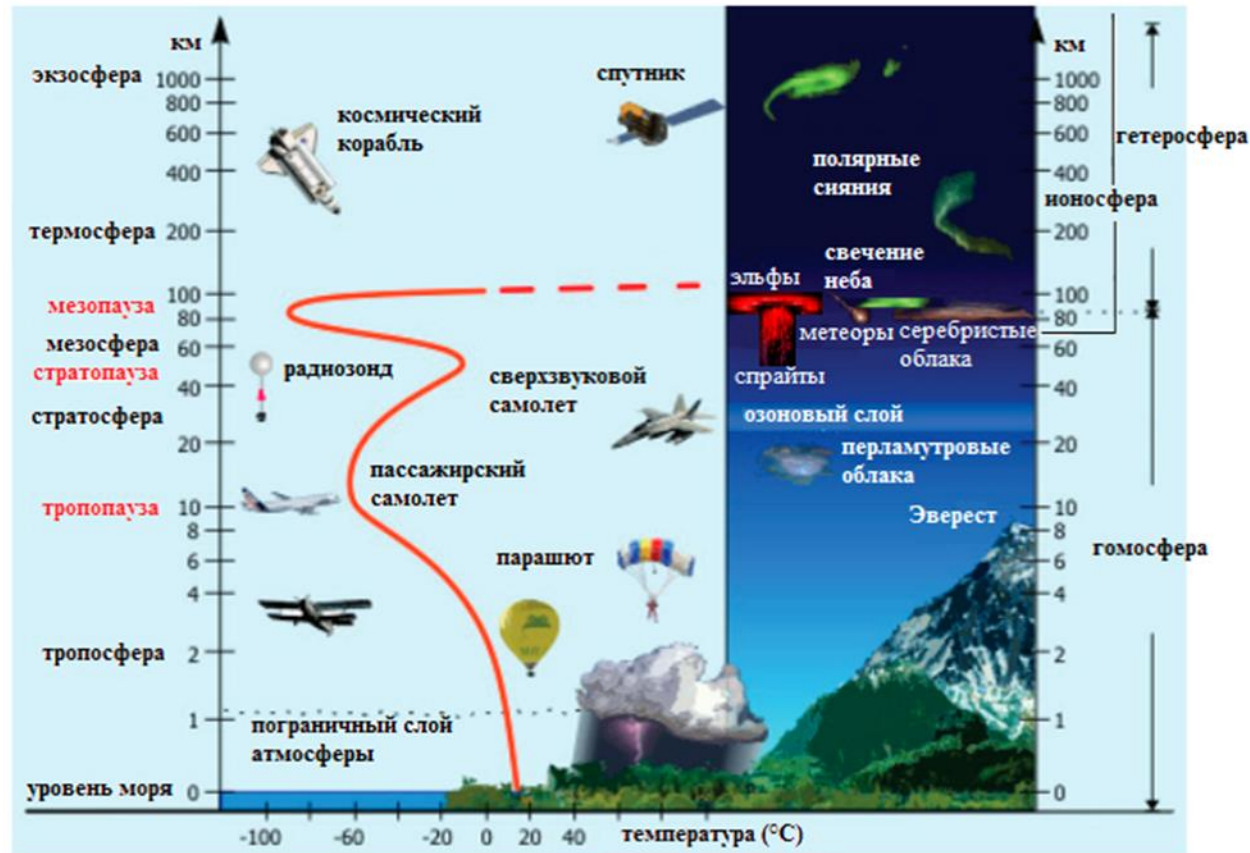
Измерение вращательной температуры гидроксила на разных широтах

Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy,
SB RAS, Yakutsk, Russia

I.I. Koltovskoi, P.P. Ammosov, G.A. Gavrilyeva,
A.M. Ammosova

БШФФ-2017

Структура атмосферы и основные процессы, происходящие в различных высотах



Одним из широко используемых способов наблюдения за состоянием на уровне области мезопаузы является регистрация собственного излучения атмосферы. Фотохимическая природа регистрируемой эмиссии и условия ее регистрации отображают сведения о составе и температурном режиме на определенной высоте. К таким эмиссиям относится гидроксильное излучение – наиболее мощное излучение в области мезопаузы.

По флуктуациям температуры и интенсивности гидроксила появляется возможность определения прохождения различного масштаба волн: гравитационные волны, приливные волны, планетарные волны.

Инфракрасный цифровой спектрограф Shamrock установлен в Маймаге и Тикси



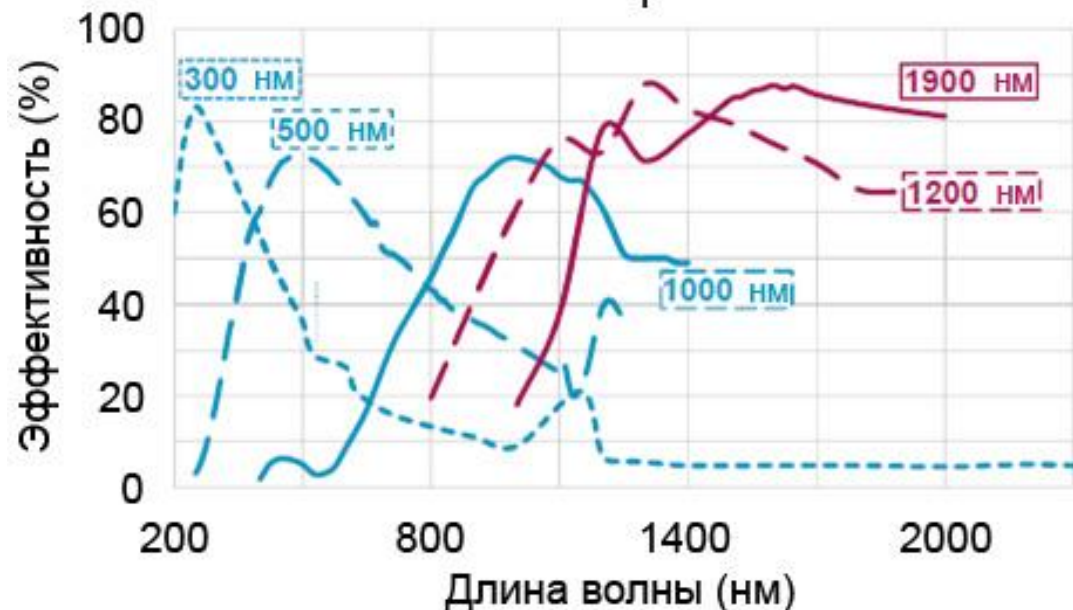
Спектрограф SR303i

Рабочая область 1000-1600нм
квантовая эффективность >85%
регистрирует полосу ОН(3,1).
Рабочее охлаждение -60°C.
Угол зрения ~5°.
Разрешение спектрографа при
ширине входной щели 0.2мм
равна 0,8 нм.
Экспозиция 1 минута.
Имеется 2 спектрографа.

Specifications Summary

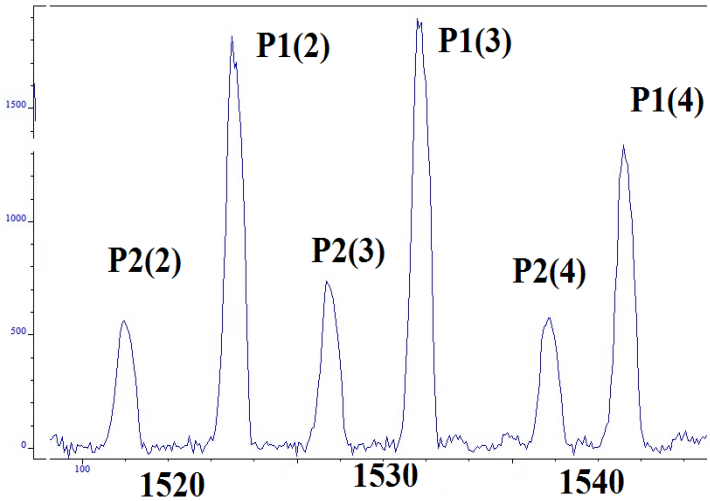
Active pixels	512
Pixel size (W x H)	25 x 500 μm
Pixel well depth (typical)	
High Dynamic Range mode	170 Me ⁻
High Sensitivity mode	5 Me ⁻
Maximum cooling *1	-90°C
Maximum spectra per sec	193
Read noise (typical)	580 e ⁻
Dark current (typical)	11.7 ke ⁻ /pixel/sec
Minimum exposure time	1.4 μs

600 штр/мм



Определение вращательной температуры:

ОН(3-1) P-branch



Регистрация полосы гидроксила ОН(3,1)

$$S(\lambda, T) = \text{const} \cdot \lambda^{-4} \cdot i(J') \cdot \exp\left(-\frac{F(J') \cdot h \cdot c}{k \cdot T}\right),$$

где $i(J')$ – фактор интенсивности, $F(J')$ – энергия возбуждения, J' – вращательное квантовое число верхнего исходного уровня, T – вращательная температура, λ – длина волны, k – постоянная Больцмана, h – постоянная Планка.

$S'(i) = \sum_{j=1}^m S(i, T) \cdot z(i-j)$ – передаточная функция спектрографа, i – номер пикселя, m – ширина передаточной функции.

где $A+B \cdot i$ – непрерывная составляющая спектра, C – коэффициент подгонки.

$$S''(i) = A + B \cdot i + C \cdot S'(i)$$

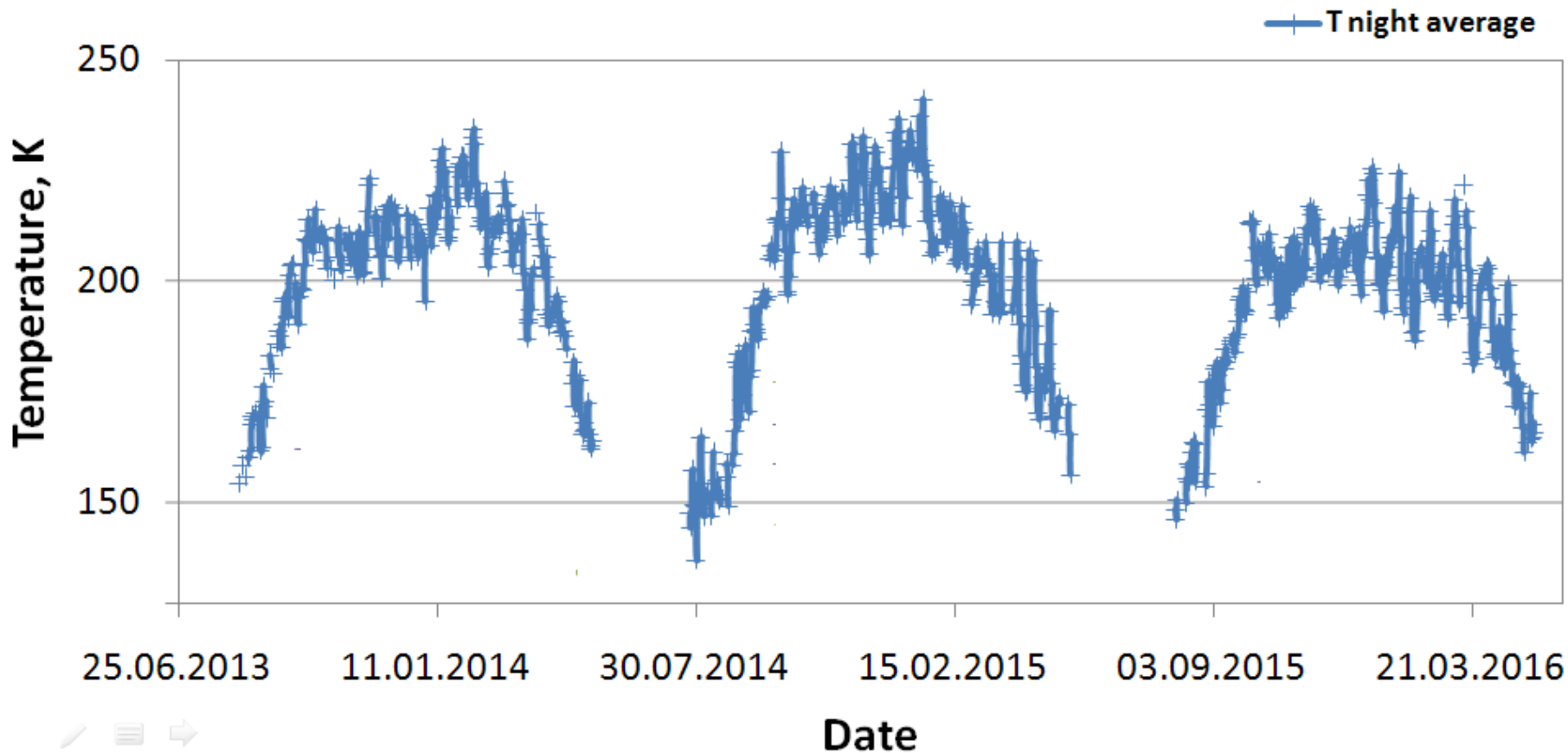
$$\min F(T) = \sum_{i=k1}^{k2} [(E(i) - S''(i, T))]^2$$

где $F(T)$ – отклонение синтетического контура от реальных значений, $E(i)$ – реальный спектр, $k1, k2$ – область подгонки

Случайные ошибки измерения температуры лежат в пределах 2–4 К в зависимости от уровня отношения сигнал/шум.

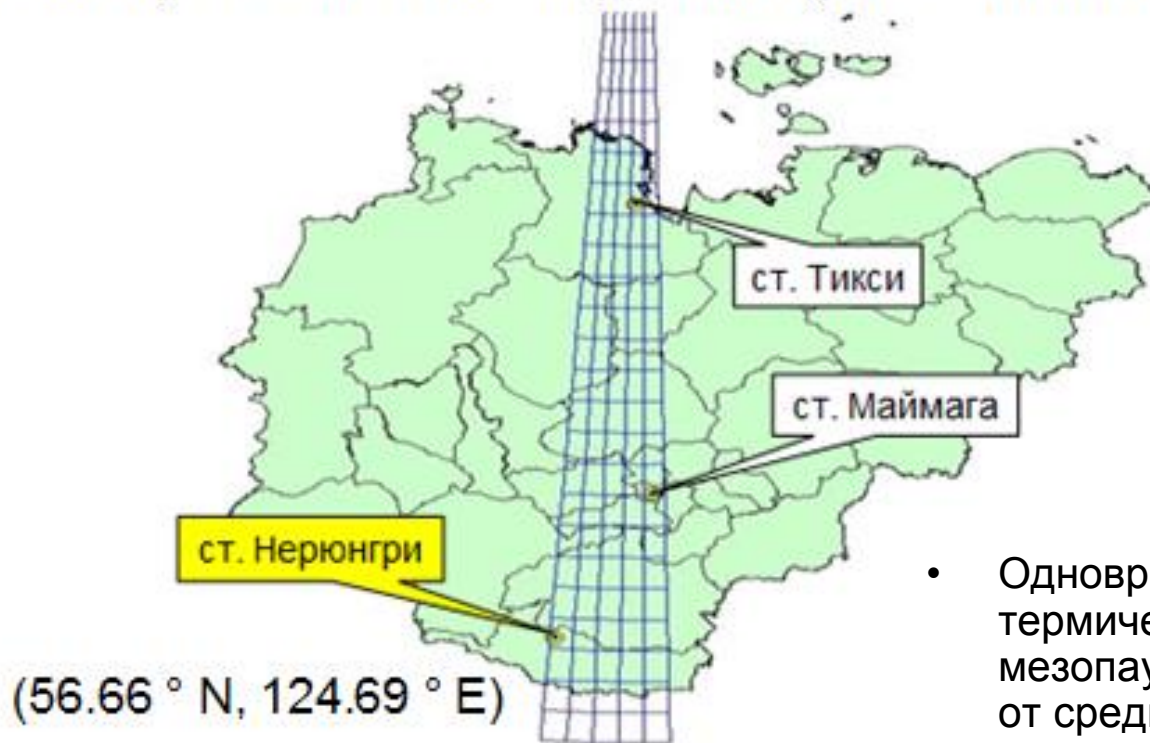
Метод оценки молекулярных эмиссий основан на подгонке модельных спектров, построенных с учетом аппаратной функции прибора для различных, заранее заданных температур, к реально измеренному спектру

Maimaga – 3 seasons (2013-2016)



Расположение станций

Маймага (63.04° N, 129.51° E) и Тикси (71.58° N, 128.77° E)

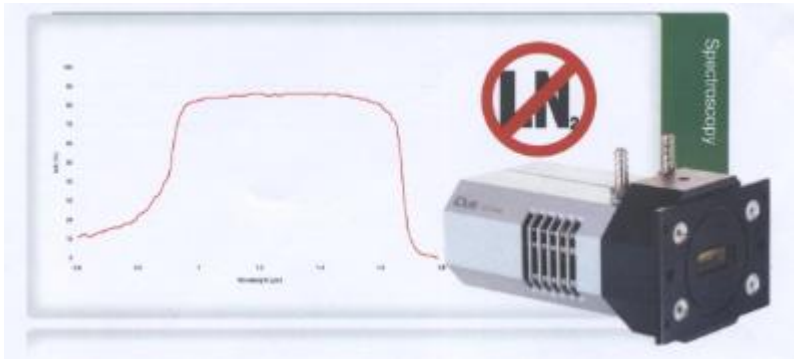


Цели и задачи:

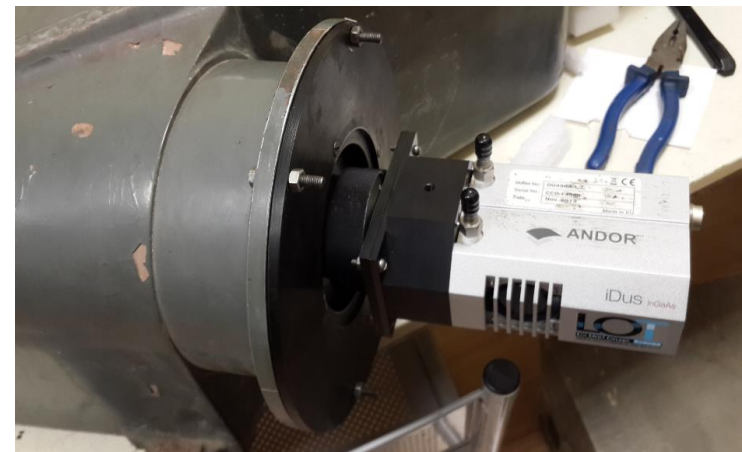
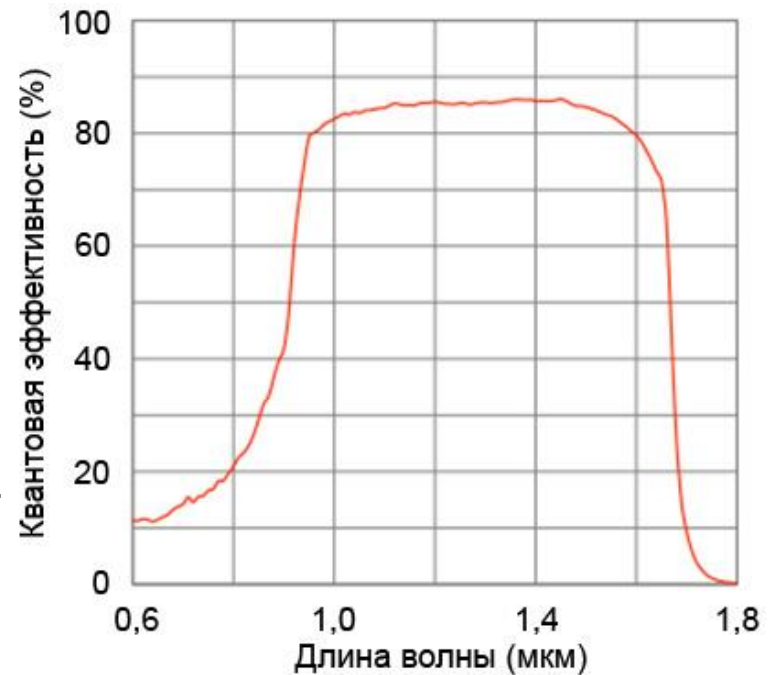
- Одновременные измерения термического и динамического режима мезопаузы, которая охватывает область от средних до полярных широт.
 - Получить временные ряды, чтобы идентифицировать и определить величину флуктуаций как планетарных волн по температуре мезопаузы, используя пространственную разнесенность станций, так и приливных и внутренних гравитационных волн на каждой из станций.
- Проследить сезонную и межгодовую изменчивость их амплитуд и периодов.

В 2015 г. новый инфракрасный спектрограф установлен на станции полярной геокосмофизической обсерватории (ПГО) пос.Тикси
Расстояние между станциями ~950 км.

ANDOR DU490A-1.7



Рабочий диапазон лежит в пределах от 900 нм до 1650 нм. $T(\max) -90^\circ \text{C}$. $Q_e > 85\%$. $T(\min) 1,4 \text{ msec}$. Стандартный шум считывания $580e^{-1}$. Уровень темнового шума $10,1 \text{ Ke}^{-1} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{пиксель}^{-1}$. Чувствительность $\sim 90 e^{-1}/\text{count}$.



- In order to study variations the temperature of the mesopause and wave processes with the latitude, it was decided to create a meridional network consisting of infrared spectrographs.

Пункты расположения наблюдательных точек

Оптическая полигон Маймага (63.04° N, 129.51° E) и ПГО Тикси (71.58° N, 128.77° E)



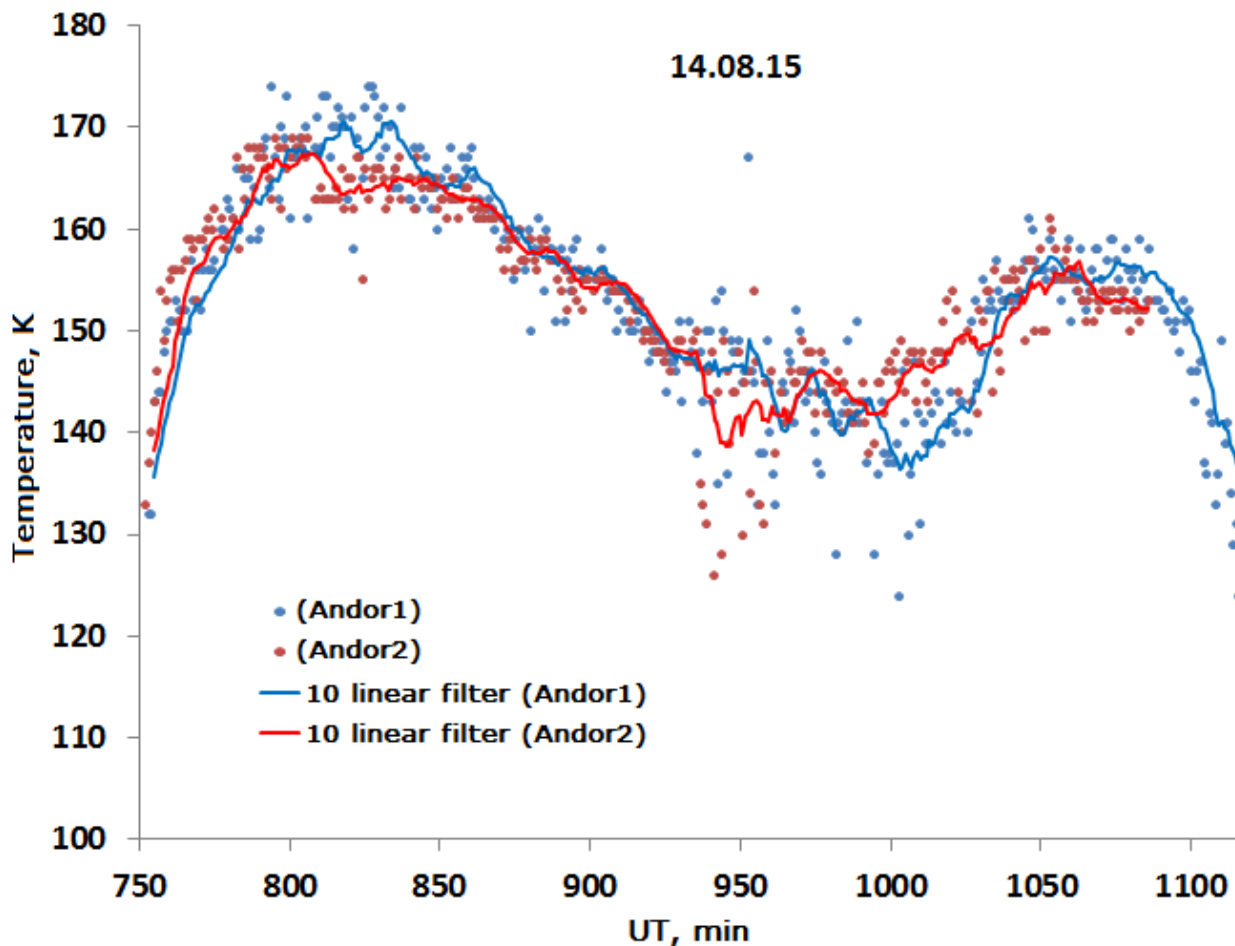
- Находится в 120 км севернее от города Якутска.
- вдали от крупных населенных пунктов для исключения техногенного загрязнения и световых помех.

В 2015 г. новый инфракрасный спектрограф установлен на станции полярной геокосмофизической обсерватории (ПГО) пос.Тикси
Расстояние между станциями ~950 км.



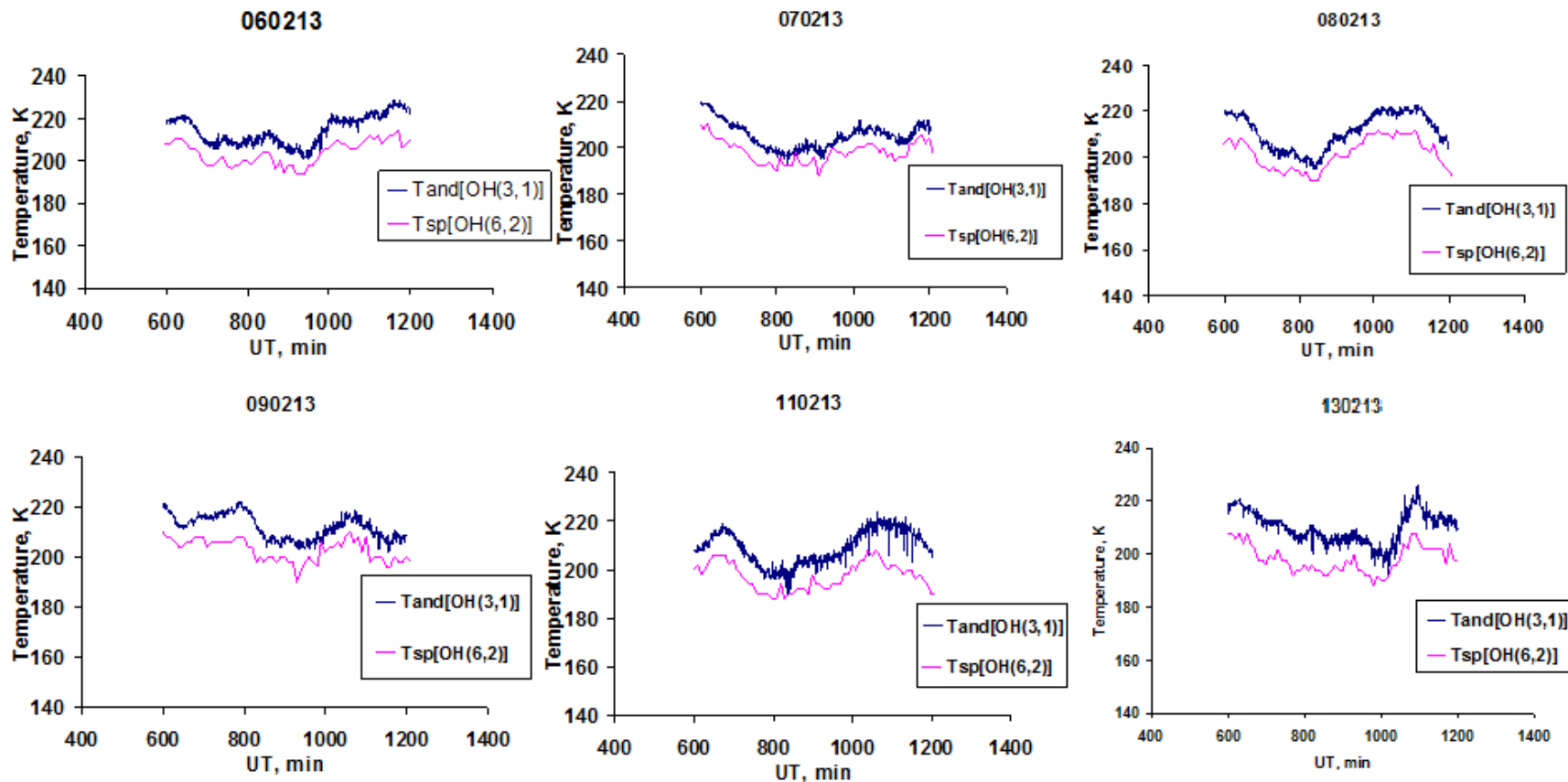
Fig. shows the result of measured temperatures OH(3,1) by two spectrographs Shamrock SR 303i directed at the same point in the sky in the station Maimaga. The correlation coefficient of the

measured temperatures is not less than 0.9.



Сравнение вращательных температур полосы OH(3,1) двух идентичных инфракрасных спектрографов Shamrock за ночь. Синие точки вращательные температуры полосы OH(3,1) полученные с прибора №1, красные – с прибора №2.

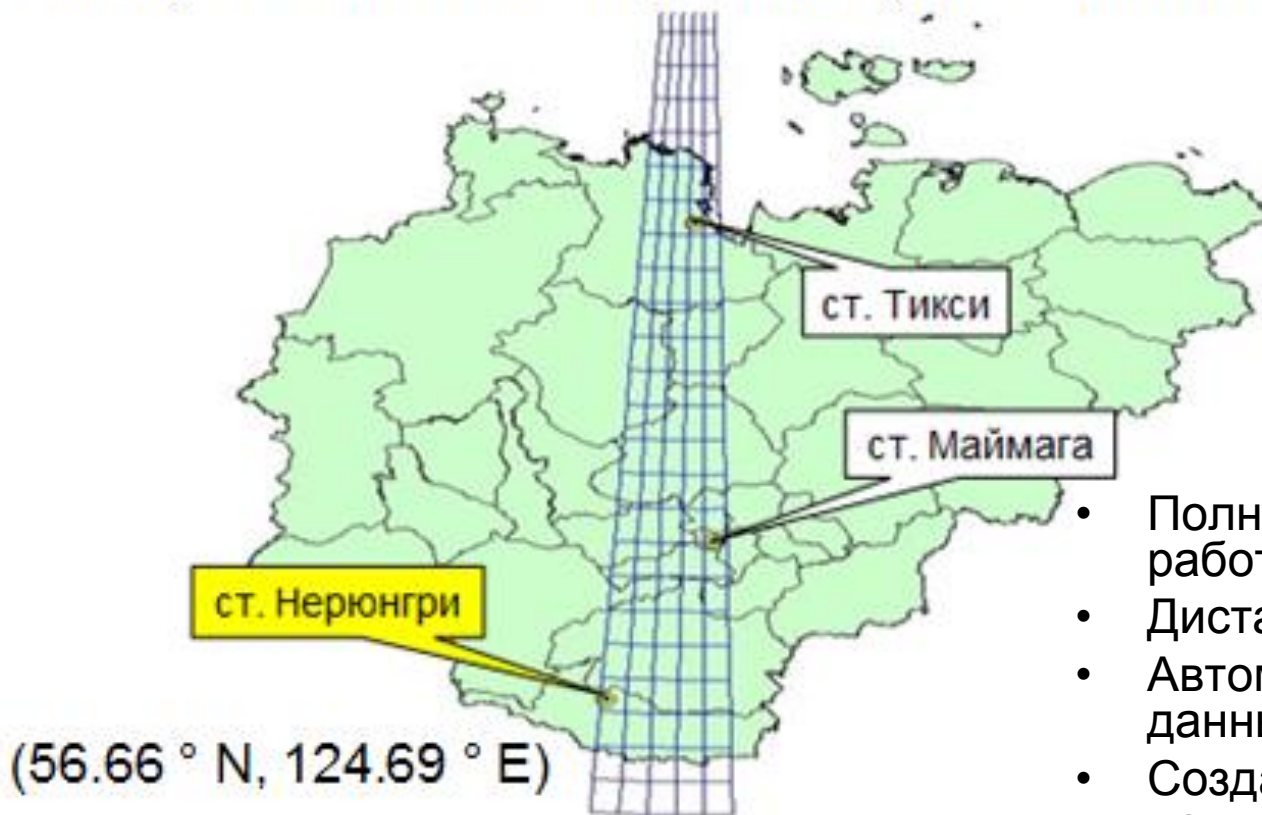
Examples of comparison of temperature variations for different nights obtained from the two spectrographs: SP-50 and Shamrock.



Создание меридиональной сети оптических станций

Расположение станций

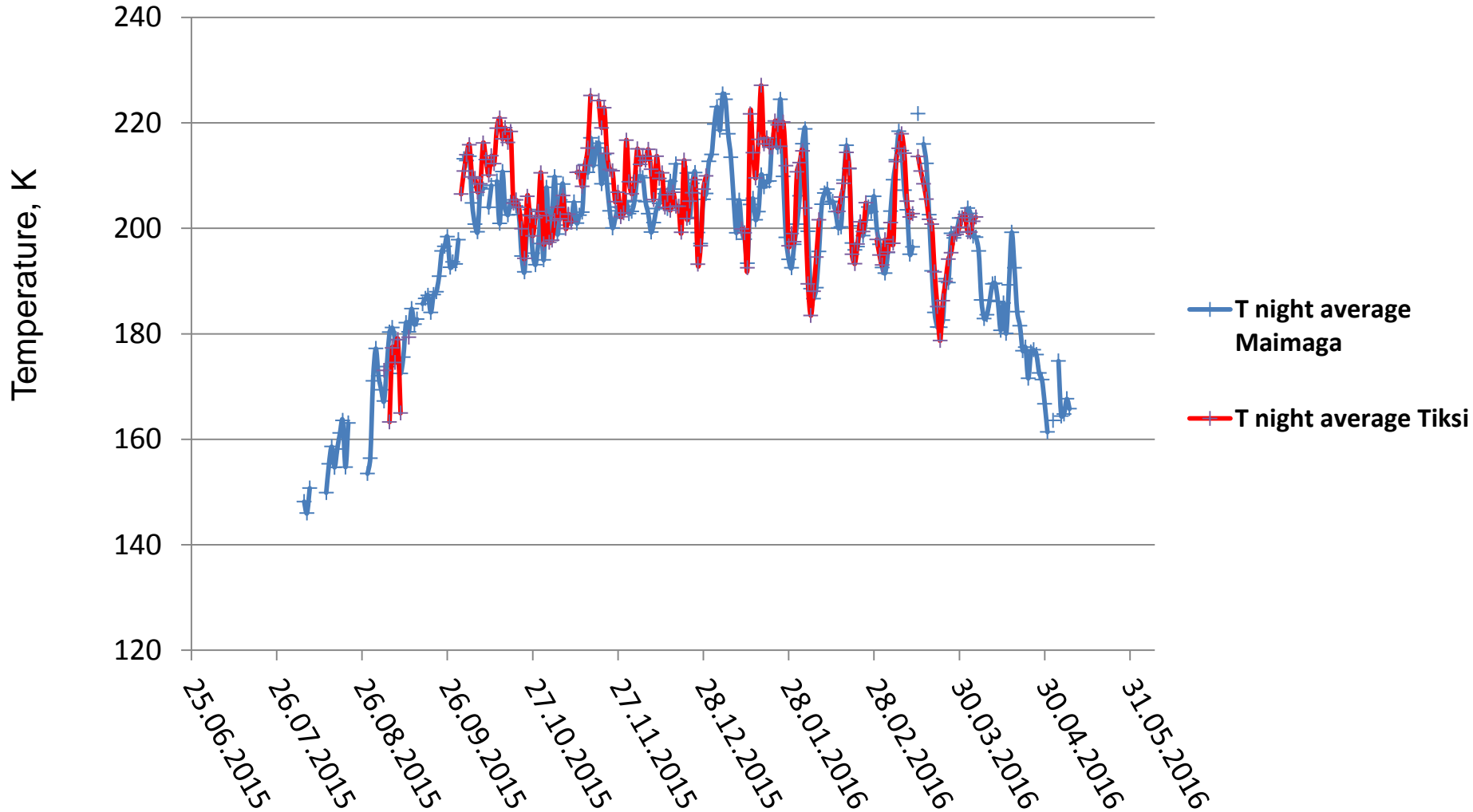
Маймага (63.04° N, 129.51° E) и Тикси (71.58° N, 128.77° E)

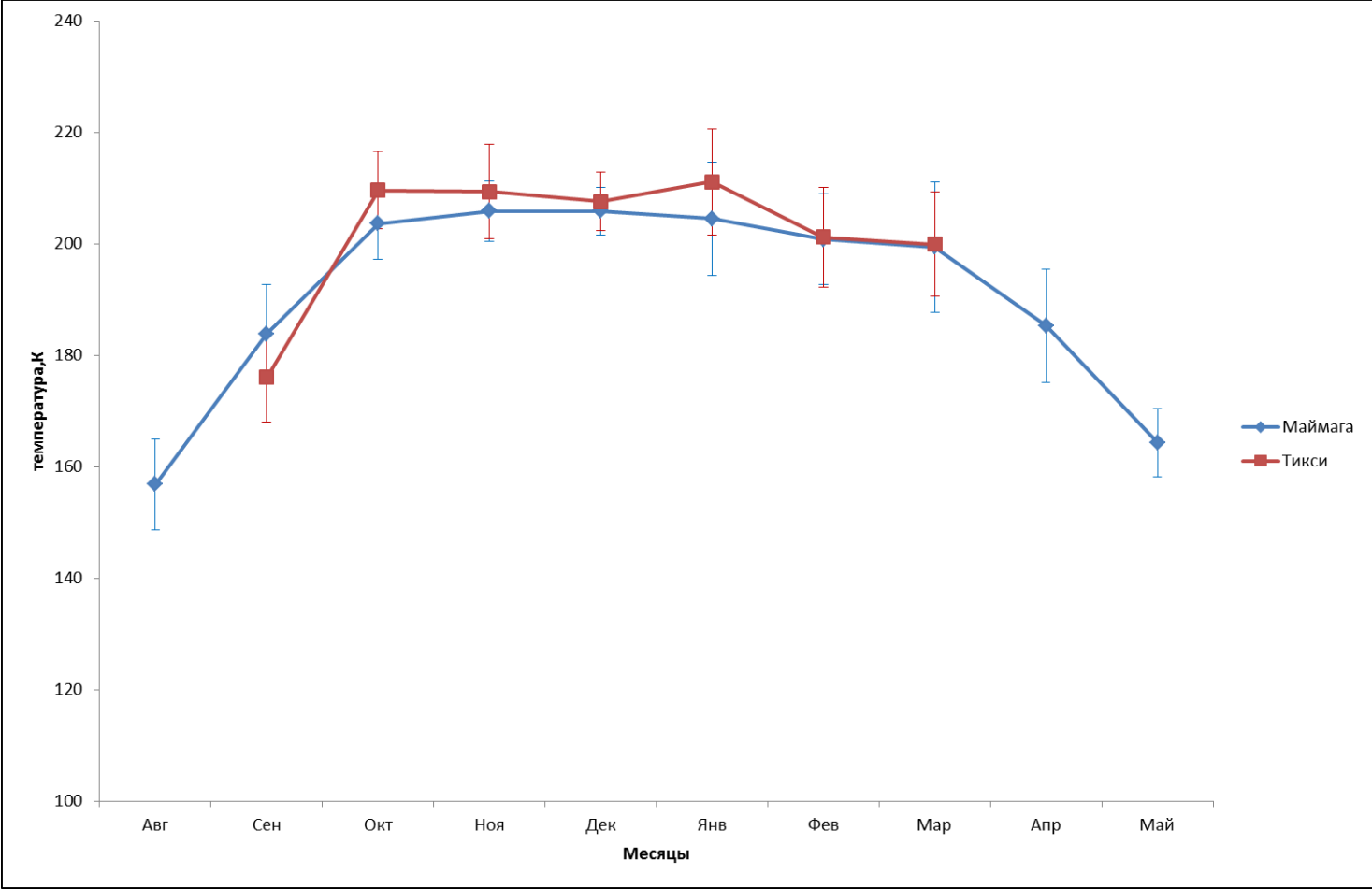


Спектрограф Shamrock

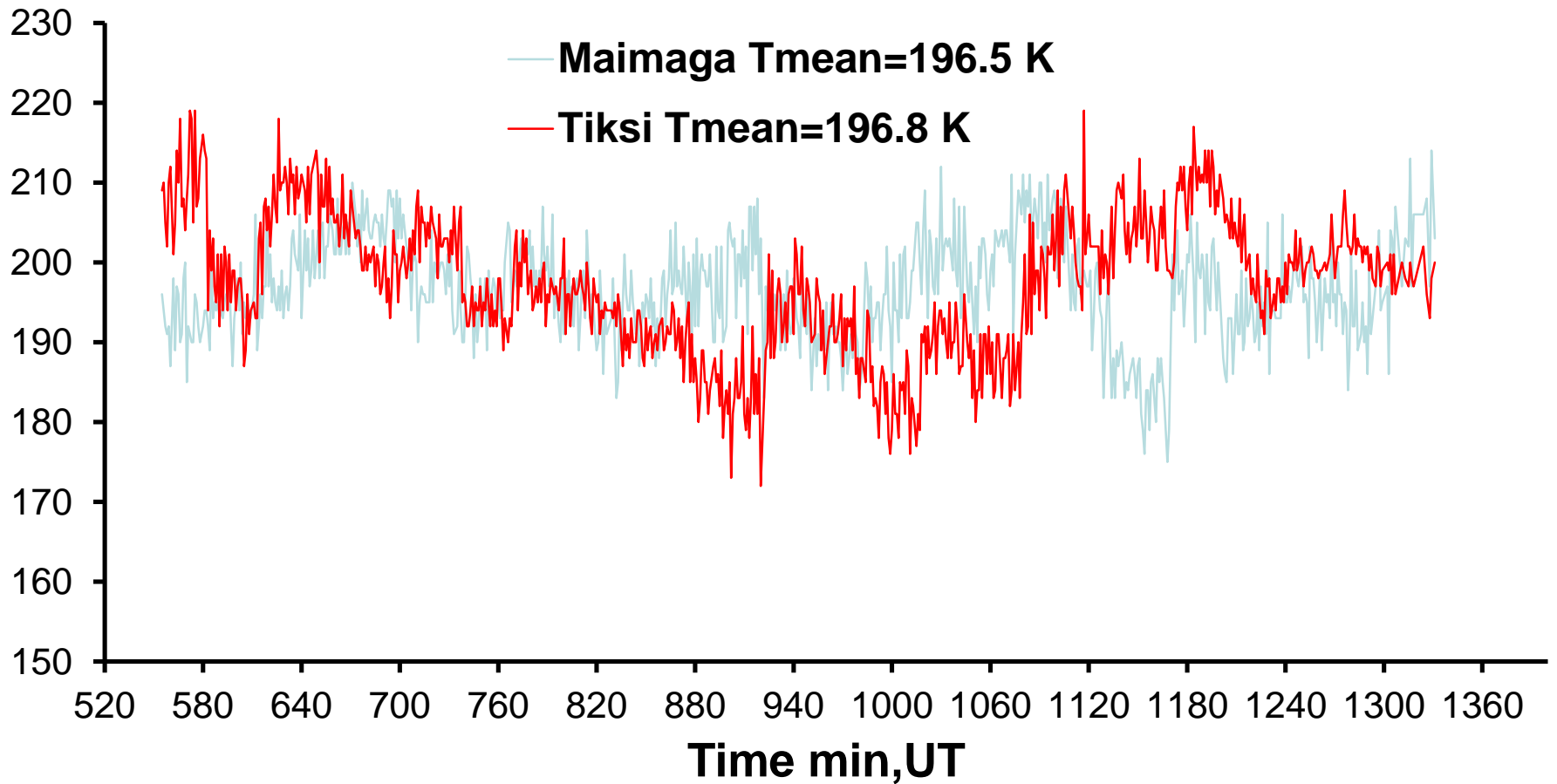
- Полная автоматизация работы приборов.
- Дистанционный контроль
- Автоматическая передача данных на сервер института.
- Создана единая база данных.
- Разработаны пакеты программ для управления, накопления, обработки и анализа данных.

Maimaga and Tiksi - season 2015-2016





22 February 2016



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.

Analysis

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{standard deviation}$$

The square of the standard deviation of individual 1-minute measurements of temperature σ from its nocturnal mean value can be represented as the sum

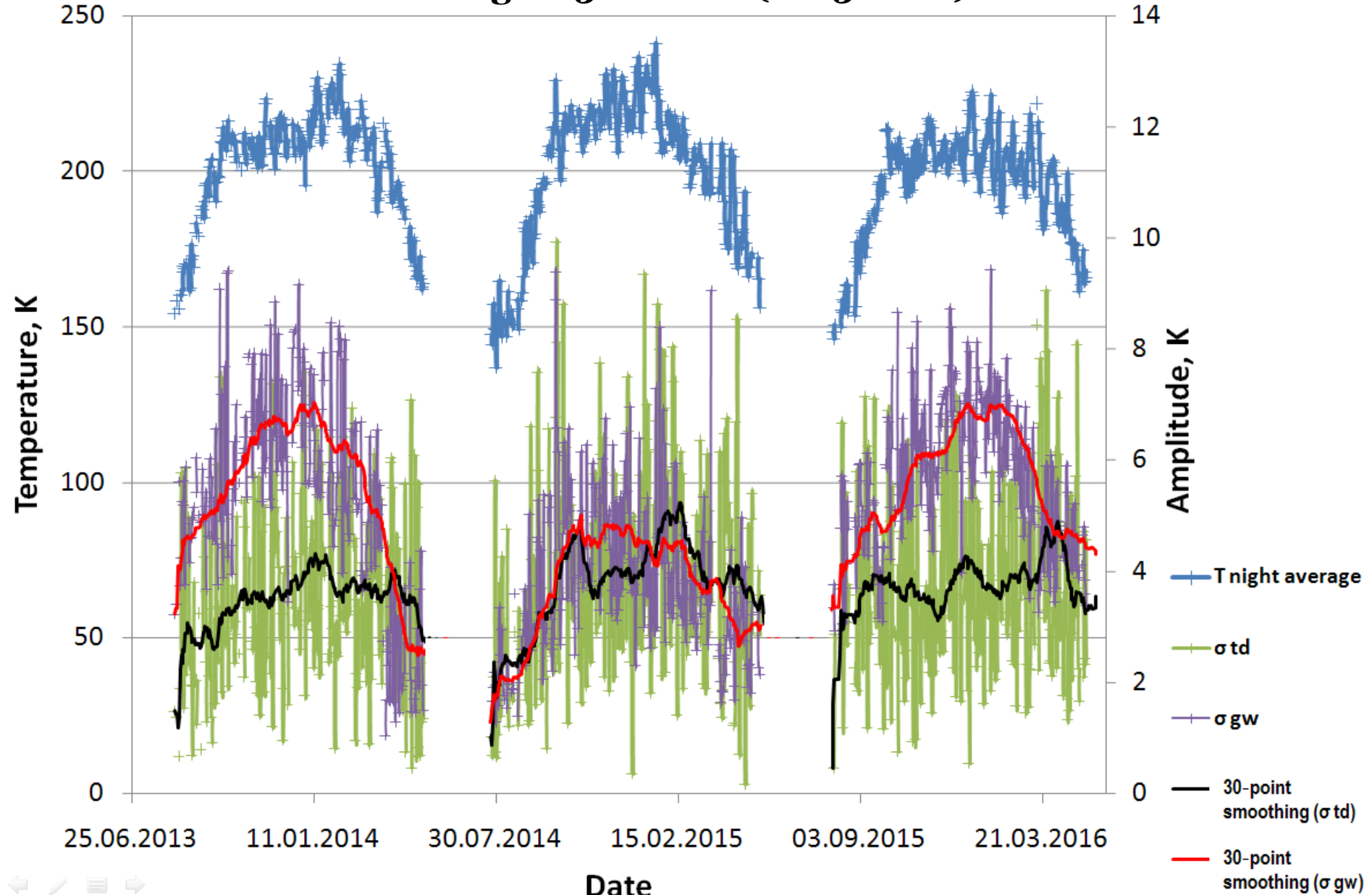
$$\sigma^2 = \sigma_{td}^2 + \sigma_{gw}^2$$

σ_{td} - standard deviations of temperature caused by tidal waves,
 σ_{gw} - standard deviations of temperature caused by IGW.

The values of σ_{td} and σ_{gw} was estimated by the separation of harmonics corresponding to the 24-, 12-, and 8-hour components of the daily tide from the nighttime temperature series by the method of least squares.

$$f_{td} = A_0 + A_1 * \cos((2 * \pi / 720) * t - \varphi_1) + A_2 * \cos((2 * \pi / 480) * t - \varphi_2)$$

Maimaga – 3 seasons (2013-2016)



Thank you for attention!

**This work was supported by the Russian
Foundation for Basic Research under
grants 15-05-05320 A, 16-35-00121 mol_a,
16-35-00204 mol_a, 17-05-00855 A,
program II.16.1.**