

# ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ CO<sub>2</sub> И CH<sub>4</sub> МЕТОДАМИ ДИОДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ С БОРТА САМОЛЕТА- ЛАБОРАТОРИИ ЯК-42Д «РОСГИДРОМЕТ»

*А.С. Кузьмичев<sup>1,2</sup>, А.И. Надеждинский<sup>2</sup>, Я.Я. Понуровский<sup>2</sup>, Д.Б. Ставровский<sup>2</sup>, Ю.П. Шаповалов<sup>2</sup>, В.Я. Заславский<sup>2</sup>, В.У. Хаттатов<sup>1</sup>, В.В. Галактионов<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>-ФГБУ «ЦАО», Долгопрудный, Московская область, Россия;*

*<sup>2</sup>- ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ*

*ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ им. А.М. ПРОХОРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК*



*Отдел диодной лазерной спектроскопии  
Института общей физики им. А.М. Прохорова  
РАН*



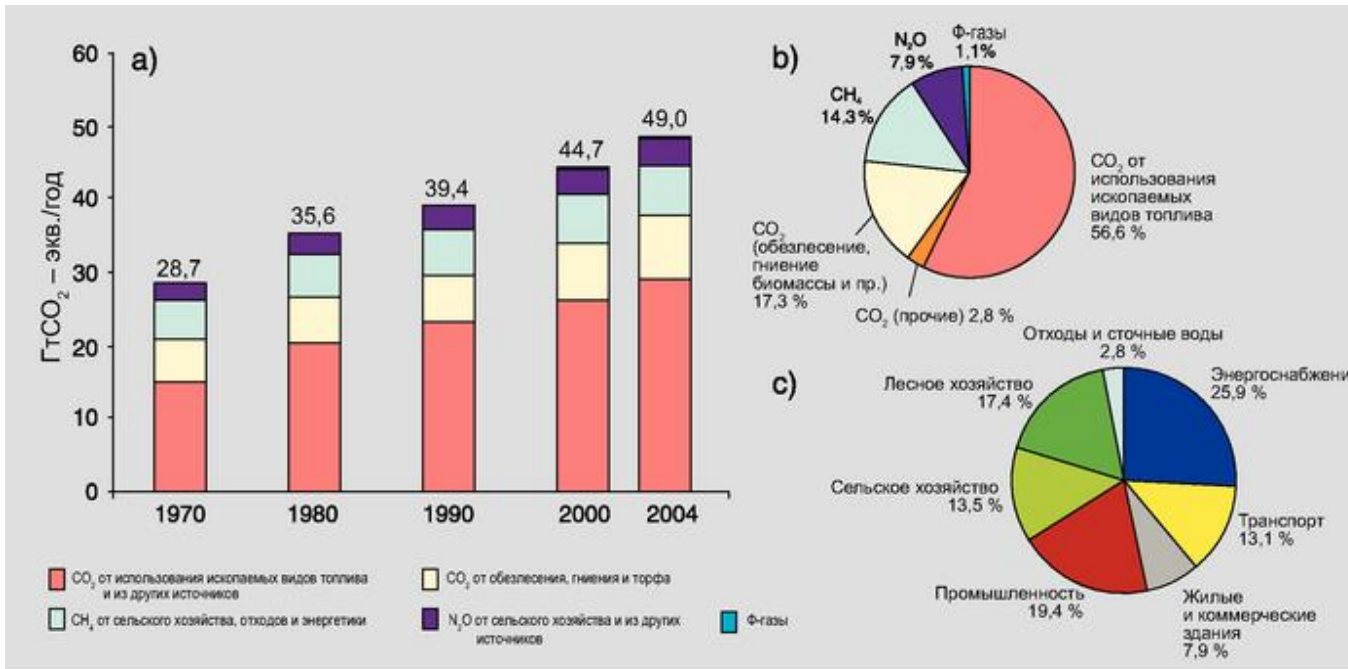
**23-ый ОБЩЕРОССИЙСКИЙ СЕМИНАР ПО ДИОДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ  
СПЕКТРОСКОПИИ, 27 октября 2015 г.**

# CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в Арктике

В выводах доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (1) отмечается то, что наиболее вероятной причиной наблюдаемого с середины XX- столетия возрастания глобальных средних температур (глобальное потепление) является повышение концентраций антропогенных парниковых газов.

Парниковые газы антропогенного происхождения, попадающие под действие Рамочной конвенции ООН об изменении климата, включают диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), закись азота (N<sub>2</sub>O) и фторсодержащие газы (Ф-газы) - гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF<sub>6</sub>). Диоксид углерода и метан вносят основную долю в общие эмиссии антропогенных ПГ, большой процент которых обеспечивается энергоснабжением, промышленностью и транспортом

# CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в Арктике



(а) Глобальные ежегодные выбросы антропогенных ПГ с 1970 г. по 2004 г., (б) Доля различных антропогенных ПГ в суммарных выбросах в 2004 г., выраженная в эквиваленте углекислого газа (CO<sub>2</sub>-экв.), (в) Доля различных секторов в суммарных выбросах антропогенных ПГ в 2004 г., выраженная в CO<sub>2</sub>-экв.

В соответствии с приведенной диаграммой, информация о содержании CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в тропосфере и об их поверхностных источниках/стоках имеет первостепенное значение для мониторинга причин изменения температуры в приземной слое и свободной атмосфере.

Вследствие сказанного, налаживание регулярного всестороннего мониторинга изменения концентраций метана и углекислого газа в тропосфере, равно как и анализа и интерпретации получаемых данных, является одной из наиболее актуальных климатологических задач ближайшего времени.

# САМОЛЕТ-ЛАБОРАТОРИЯ ЯК-42Д «РОСГИДРОМЕТ»



- Экипаж – 3 чел.;
- Максимальная высота полета – 10200 км;
- Дальность полета – 3500 км;
- Диапазон скоростей полета – от 350 до 700 кмч;
- Максимальный взлетный вес – 59 т.
- Бортперсонал – до 14 чел.

Аппаратно-Программные комплексы самолета-лаборатории:

-АПК-1 – измерение навигационных параметров полета и термодинамических параметров атмосферы;

**-АПК-2 - контроль газового и аэрозольного состава атмосферы;**

-АПК-3 - измерение радиационного баланса и дистанционных исследований подстилающей поверхности;

-АПК-4 - мониторинг радиоактивных загрязнений атмосферы и поверхности;

-АПК-5 - измерение микрофизических параметров облаков и технические средства активных воздействий;

-АПК-6 – радиолокационные исследования атмосферы и поверхности;

-АПК-7 - измерение электрических характеристик атмосферы.

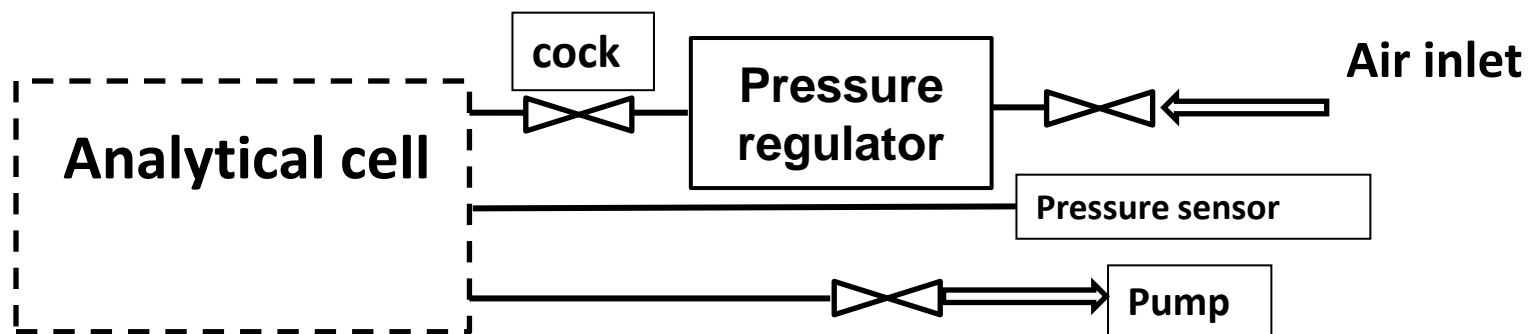
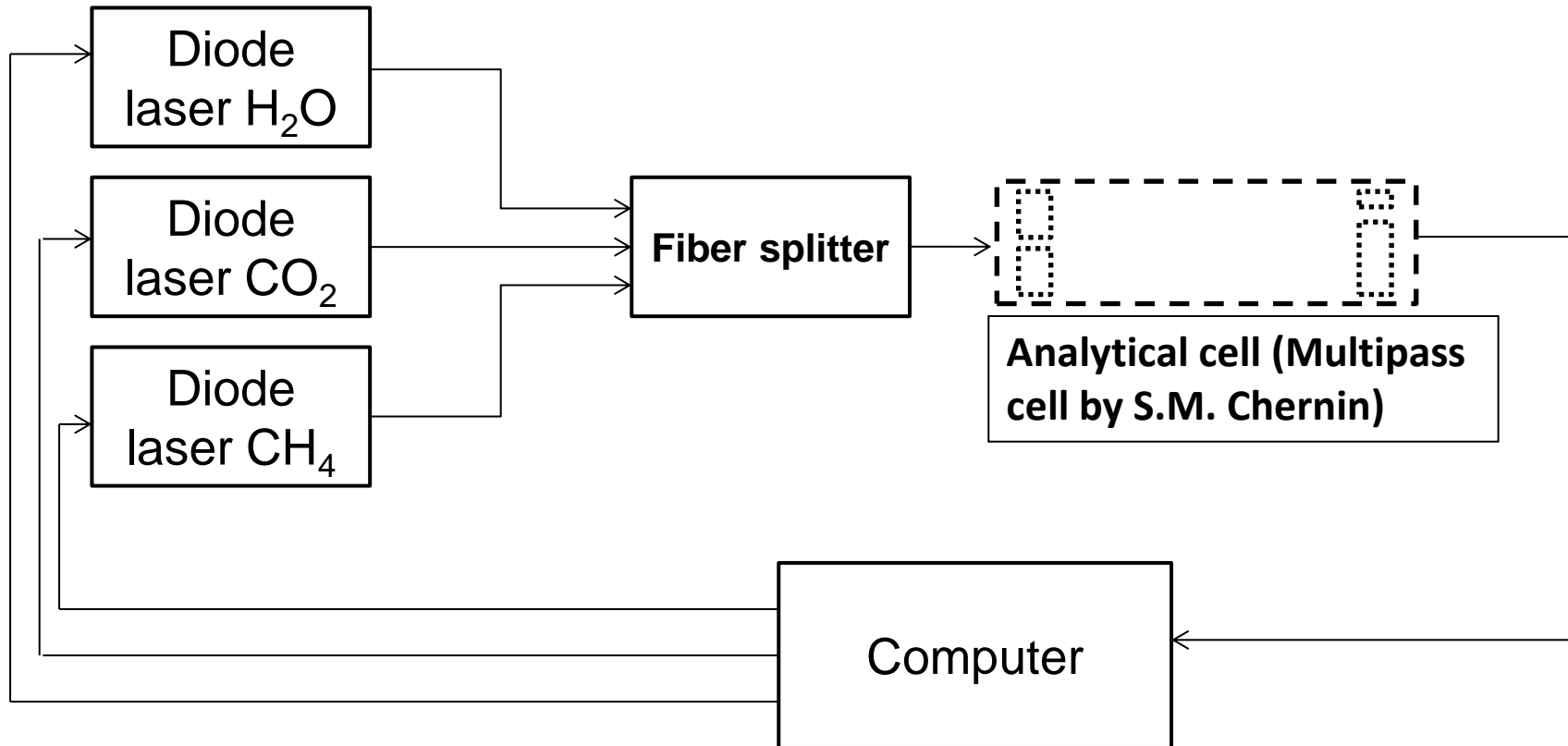
# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИОДНЫХ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТАНА С БОРТОВ САМОЛЕТОВ-ЛАБОРАТОРИЙ

Ввиду невысокого энергопотребления, компактности и низкой стоимости использование диодных лазеров в качестве источников излучения получило особенно большое распространение в газоанализаторах, устанавливаемых на различные мобильные площадки (автомобиль, вертолет, самолет, баллон). Малые размеры позволяют используя линейку перестраиваемых диодных лазеров в ближнем ИК-диапазоне определять в режиме реального времени концентрации до 5 газовых составляющих атмосферы. Основной проблемой газоанализаторов для определения концентраций метана является организация оптической трассы для детектирования. В зависимости от поставленной задачи, трасса может быть открытой и закрытой (многоходовая кювета).

На самолетах-лабораториях в основном используются газоанализаторы с многоходовой кюветой, через которую организована прокачка воздуха, с помощью насоса, располагающегося либо в багажном отделении, либо непосредственно в корпусе прибора.

Важнейший элемент - многоходовая кювета, в зависимости от производителя собирается либо по схеме CRDS (1), либо ICOS, либо по системе им. С.М. Чернина (3)

# DIODE LASER SPECTROMETER (GPI, Russia)

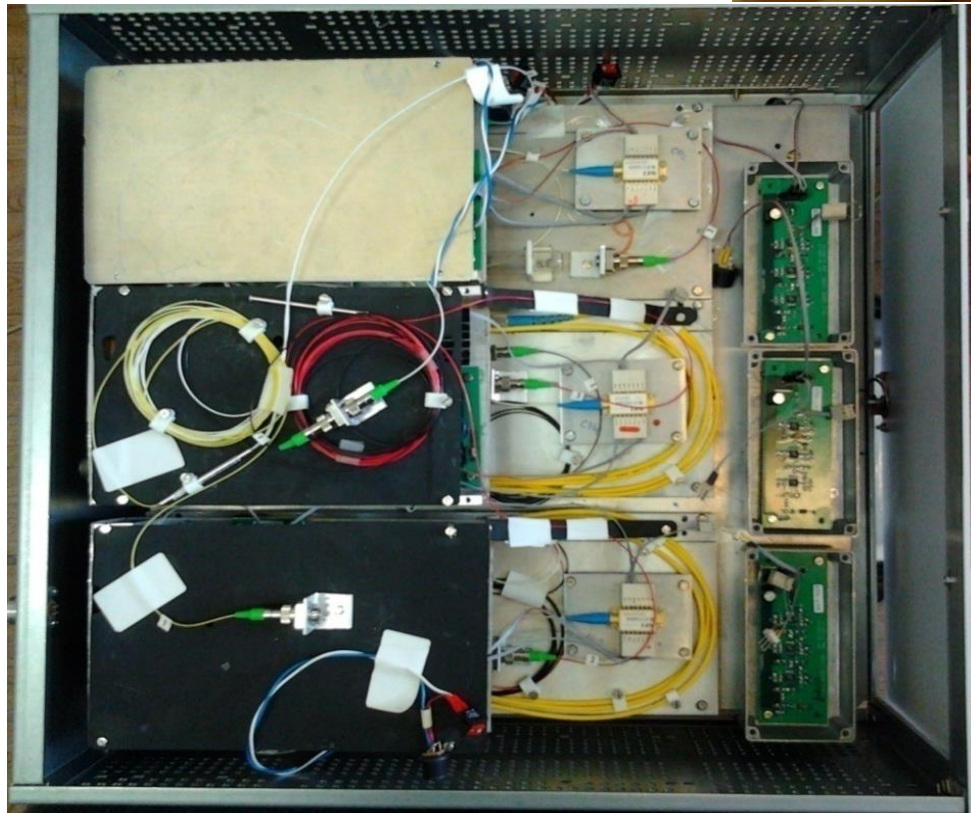


# ДИОДНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ СПЕКТРОМЕТР ИОФ РАН

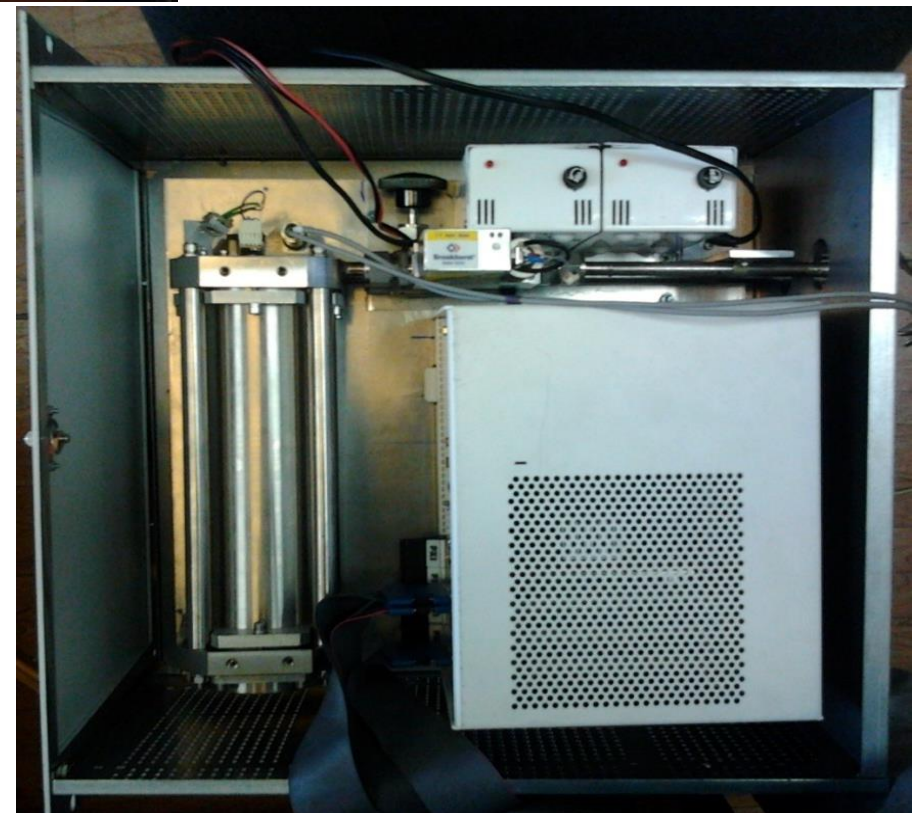
Внешний вид



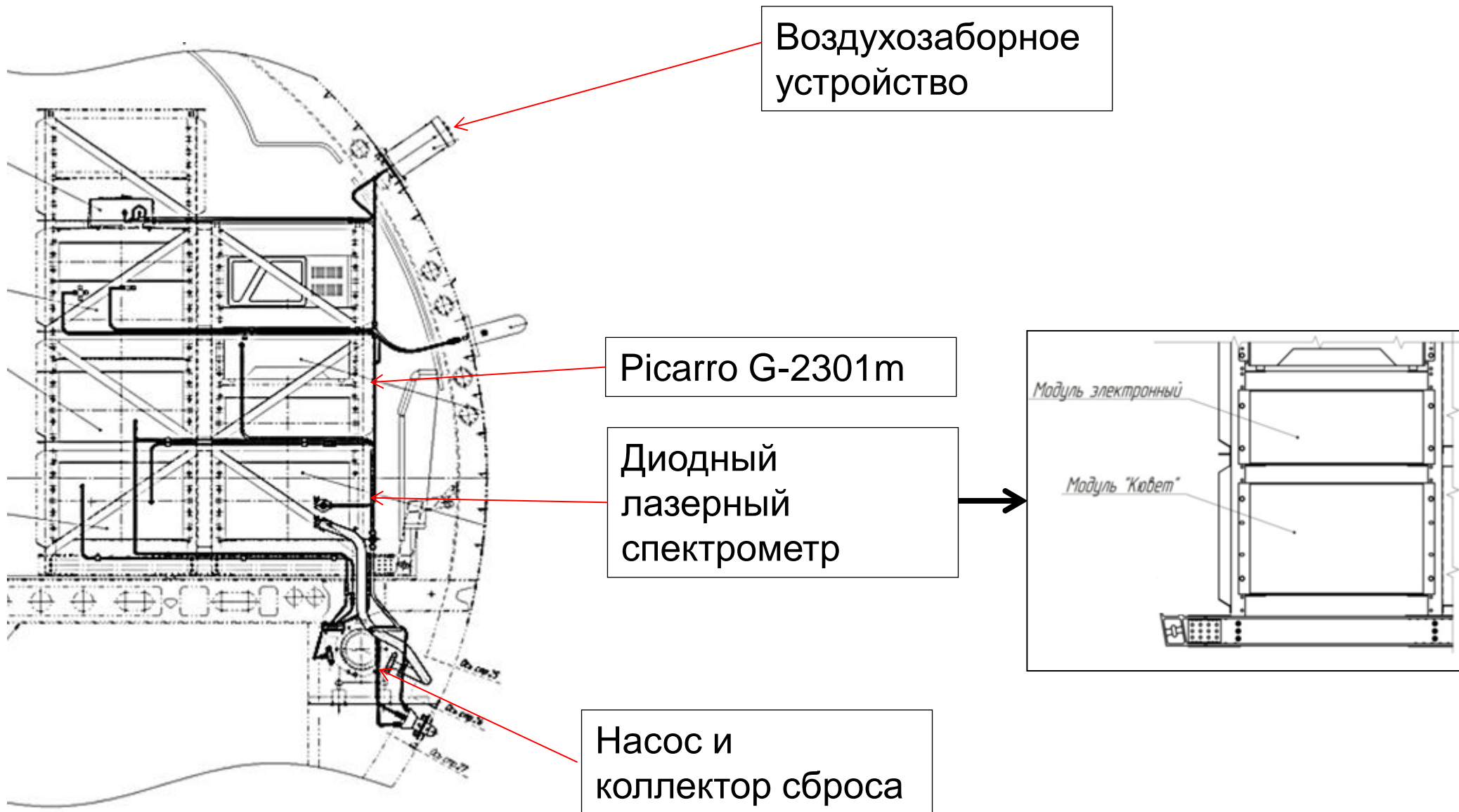
Электронный блок



Кюветный блок

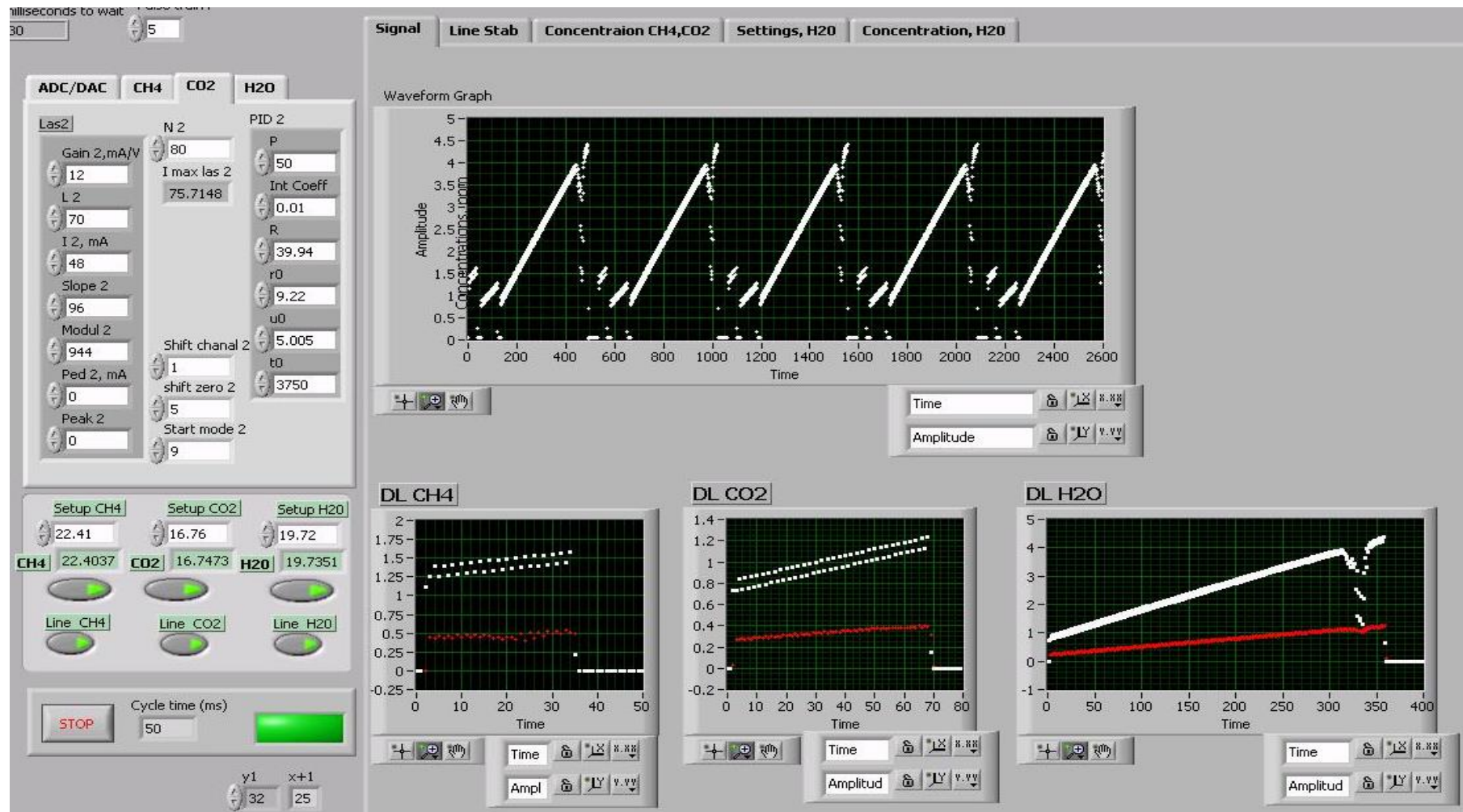


# РАЗМЕЩЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРА НА БОРТУ САМОЛЕТА-ЛАБОРАТОРИИ





# Главное рабочее окно управления спектрометром



# МАРШРУТЫ ПОЛЕТОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ 2014-2015 ГГ



- 1- г. Нарьян-Мар
- 2- район на полуострове Ямал



- 1- г. Нарьян-Мар
- 2- северная оконечность п-ова Новая Земля

# МАРШРУТЫ ПОЛЕТОВ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ 2014-2015 ГГ

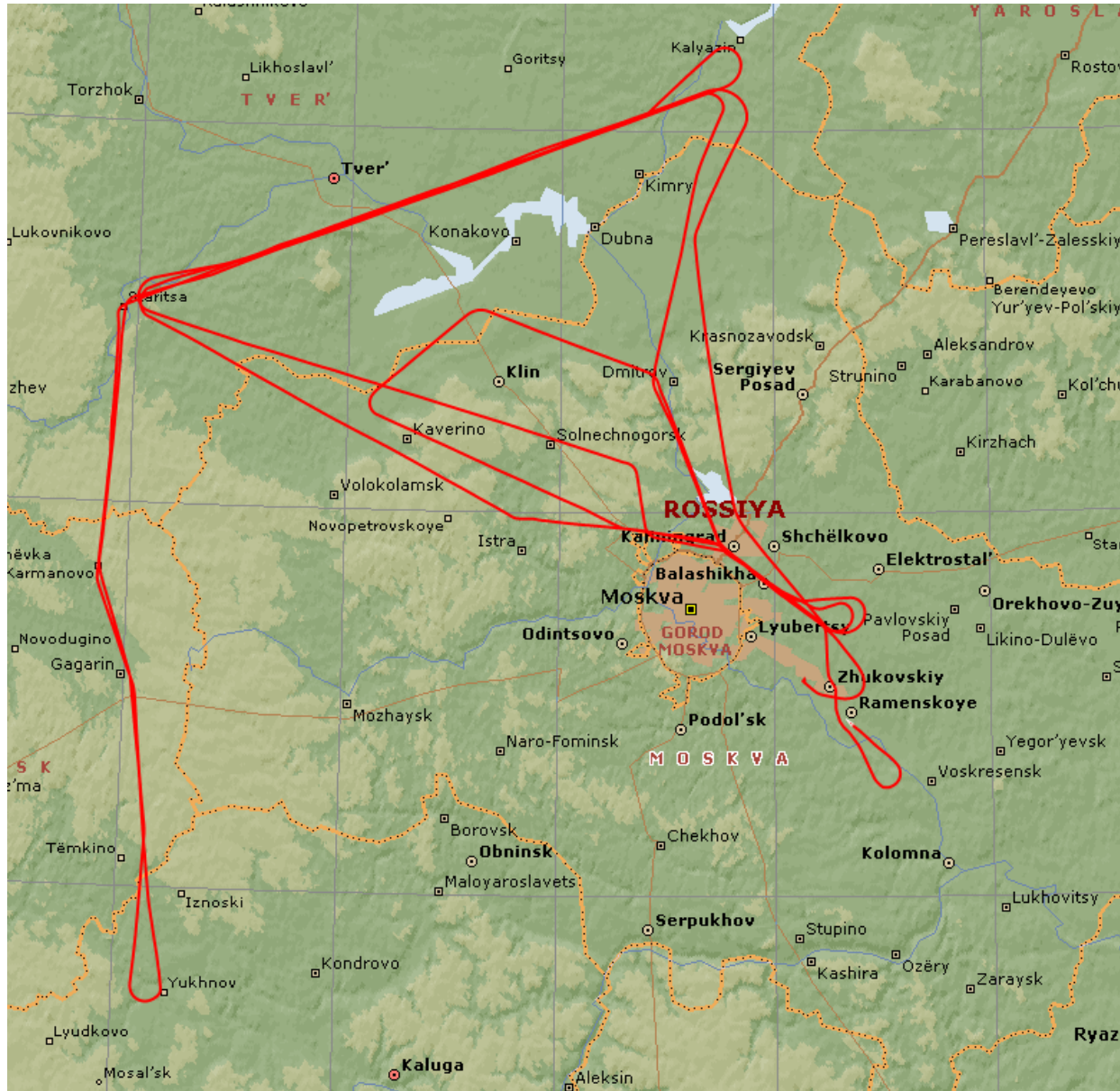
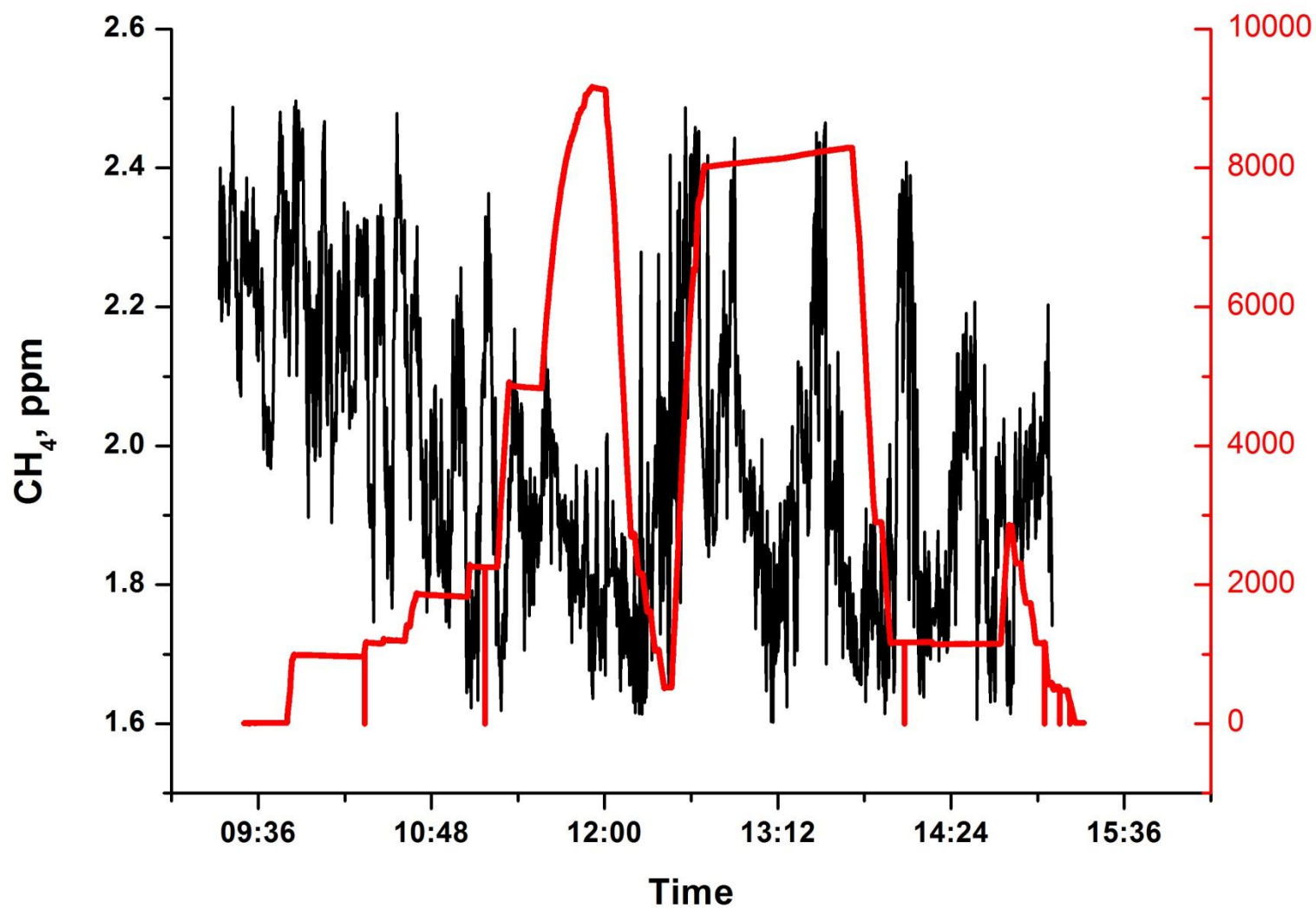


Схема полета по мониторингу газового состава около г. Москва от 19 декабря 2014 г.

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА 3 ОКТЯБРЯ 2014 г. в районе п-ова Новая Земля.



# Результаты наблюдения концентраций углекислого газа 28 февраля 2015 года

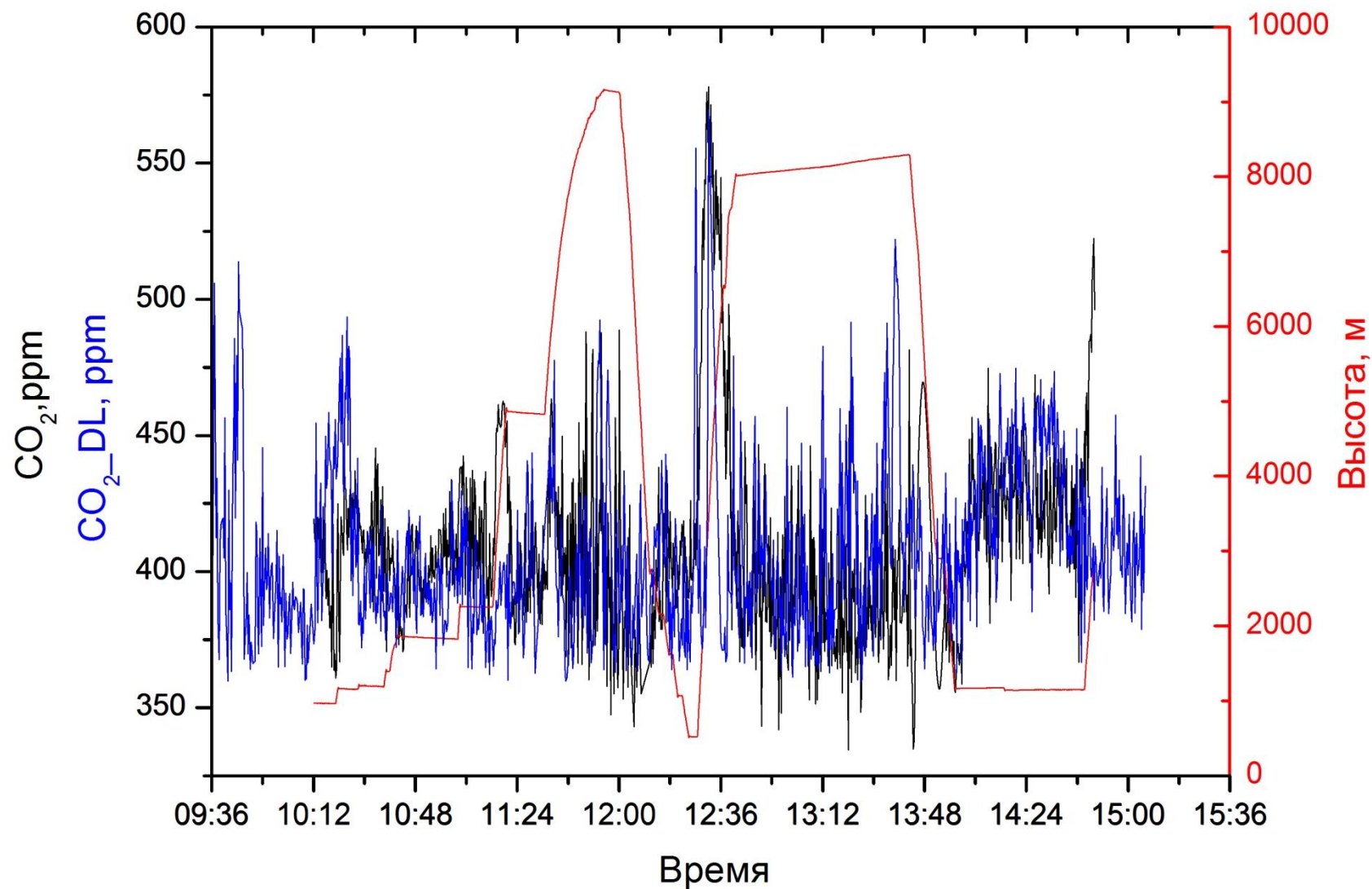
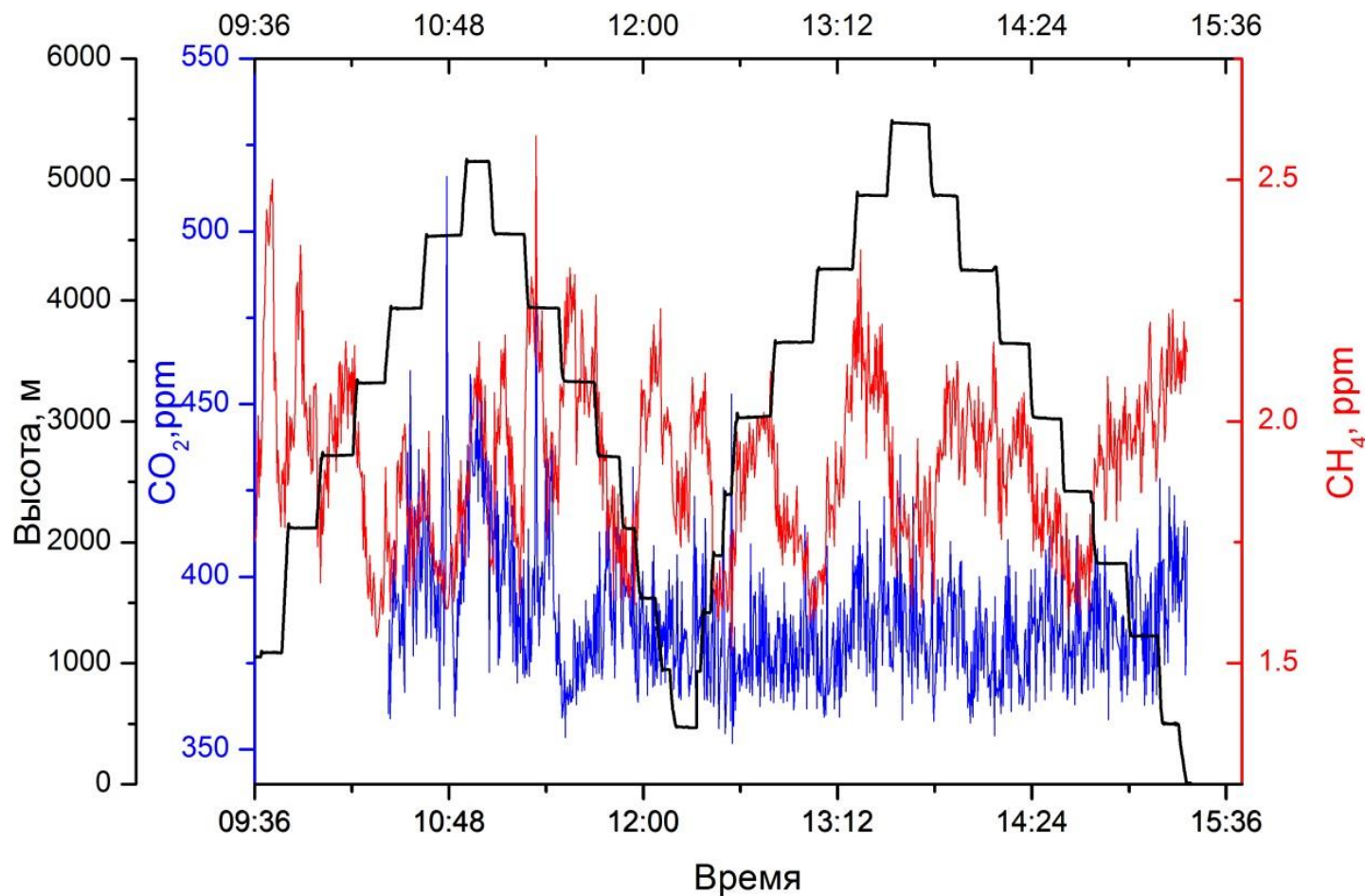
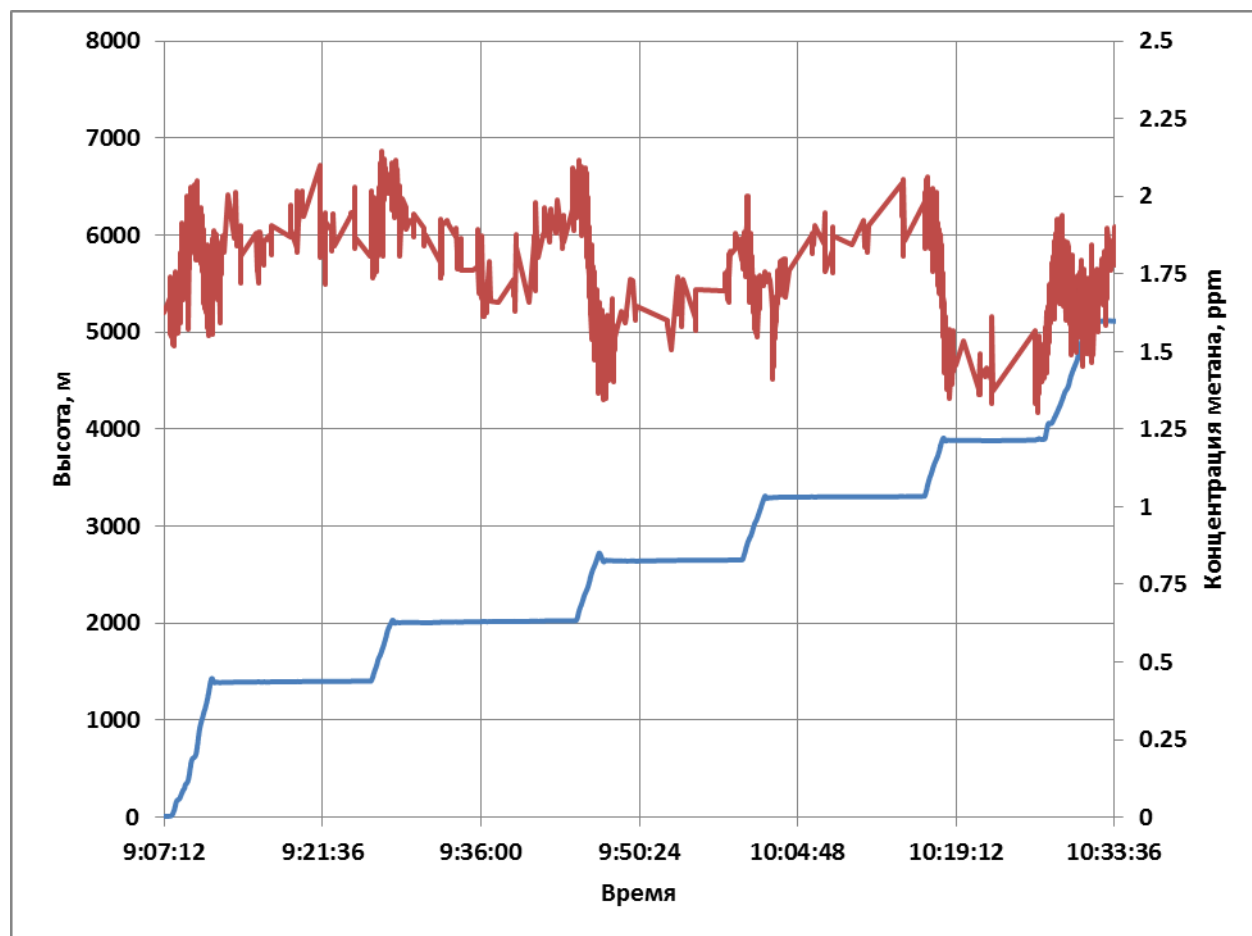
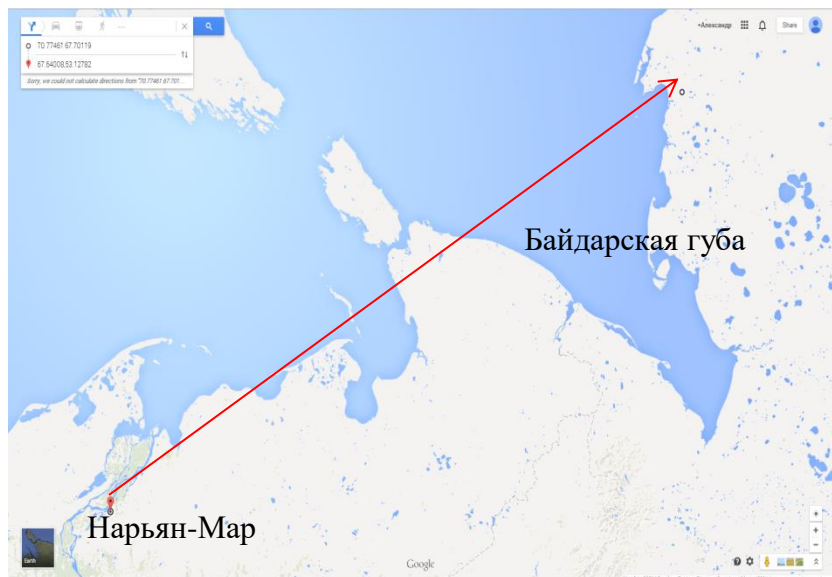


График черного цвета- временной профиль концентрации, полученный абсорбционным спектрометром Li-7500a (2)

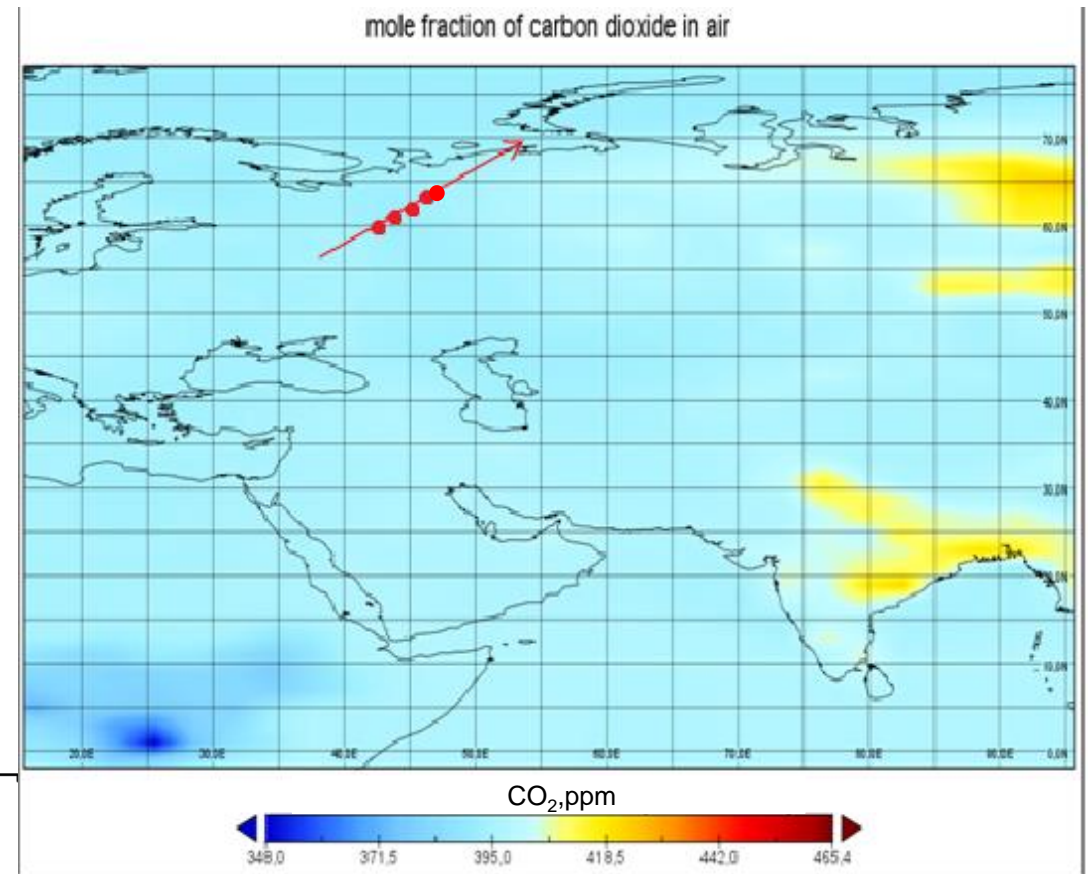
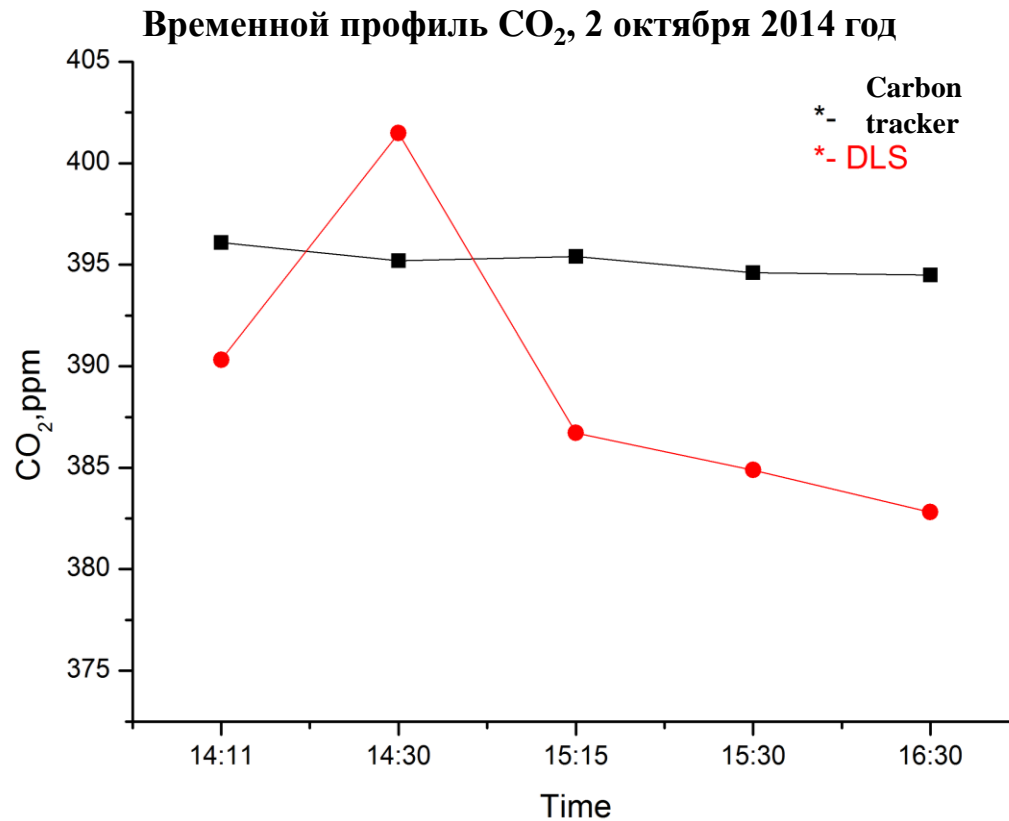
# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА 3 октября 2014 г. в районе п-ова Новая Земля



# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА 19 июня 2014 г. в районе п-ова Ямал



# Сопоставление значений концентраций CO<sub>2</sub> с моделью Carbon tracker(3)

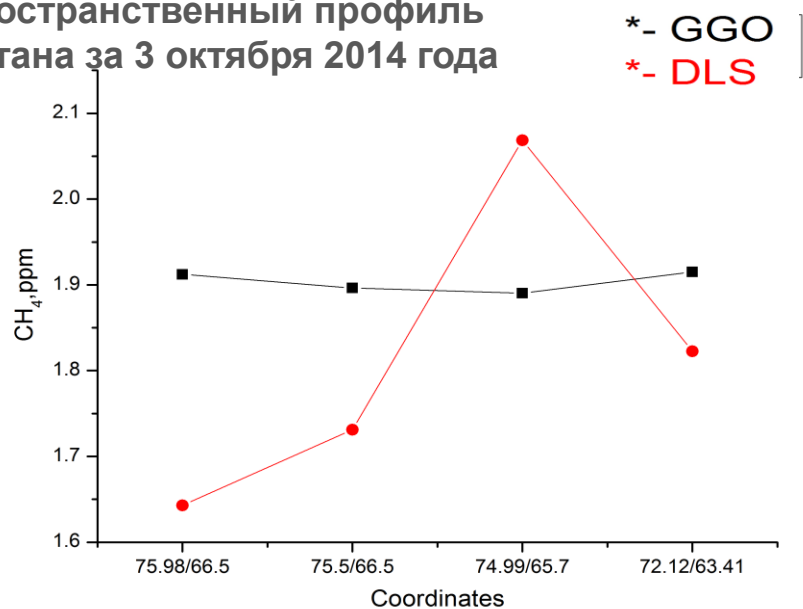


На рисунке справа отмечены точки в которых забирались пробы, красный вектор это траектория перелета из Москвы в Нарьян-Мар.

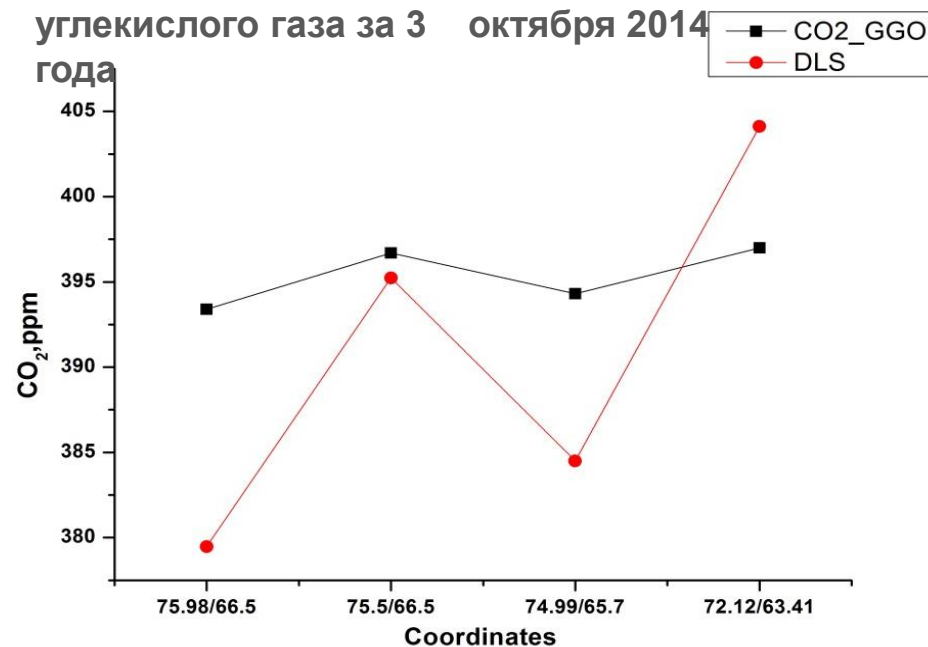


# Сопоставление с результатами анализа воздушных проб (4)

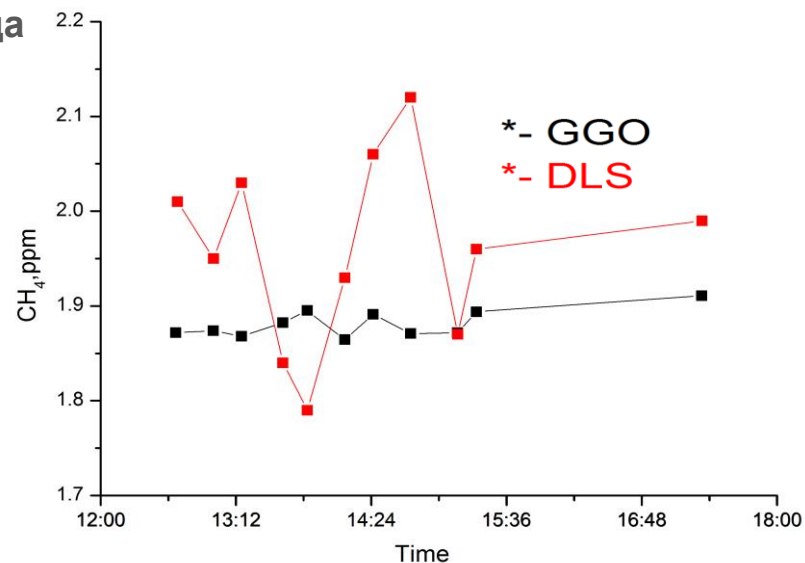
Пространственный профиль метана за 3 октября 2014 года



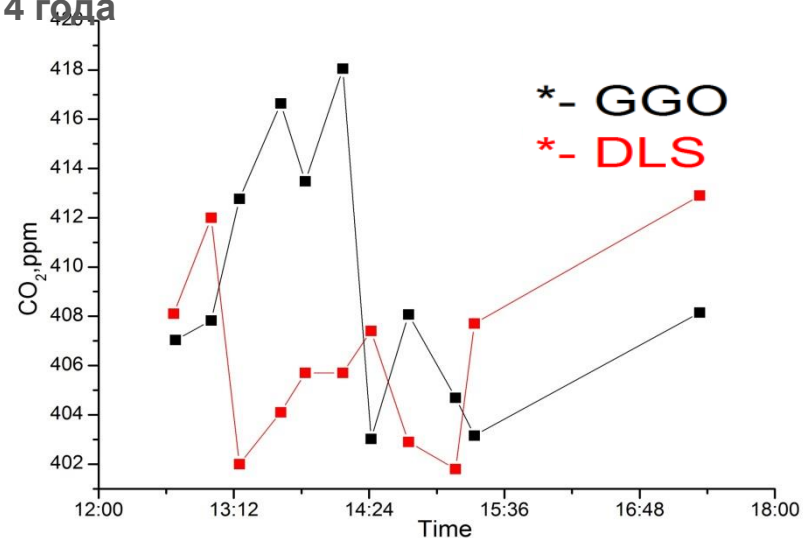
Пространственный профиль углекислого газа за 3 октября 2014 года



Временной профиль метана за 19 декабря 2014 года



Временной профиль углекислого газа за 19 декабря 2014 года



# Заключение

1. Разработанный диодный лазерный спектрометр полностью работоспособен при работе при низких температурах.
2. Измеряемые значения находятся в рамках базовых фоновых значений концентраций метана.
3. Чувствительность газоанализатора позволяет определять малые вариации метана во время полета самолета-лаборатории.

## Список использованных источников

1. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/ru/spms2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/ru/spms2.html)
2. [http://www.licor.com/env/products/gas\\_analysis/LI-7500A/](http://www.licor.com/env/products/gas_analysis/LI-7500A/)
3. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker/>
4. Решетников А.И., и др. Методика и некоторые результаты самолетных измерений в атмосфере. // Радиационные исследования в атмосфере. Труды «ГГО им. А.И. Воейкова», -Л.: Гидрометеиздат, №415, стр. 61-67, 1979.
5. МГЭИК, 2007: Отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата, 2007.
6. Ozone Depletion, 2010: WMO Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010. WMO Global Ozone Research and Monitoring Project. Report № 52. Crutzen P.J., Zimmermann P.H. The changing photochemistry of the troposphere // Tellus. 1991. Vol. AB43. P. 136–151.
7. A.I. Nadezhdinsky, Ya. Ya. Ponurovsky, A. S. Kuzmichev Preliminary results of an aircraft system based on near-IR diode lasers for continuous measurements of the concentration of methane, carbon dioxide, water and its isotopes Appl. Phys. B (2012) 109 :505–510 DOI 10.1007/s00340-012-5226-z.
8. <http://www.lgrinc.com/>
9. <http://www.picarro.com/>