



*Институт оптики атмосферы  
имени В.Е. Зуева СО РАН*

## **Измерительные комплексы ИОА СО РАН и некоторые результаты мониторинга парниковых газов на территории Сибири и Арктики**

Антонович В.В., Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Бучельников В.С., Гурулева Е.В., Давыдов Д.К., Дудорова Н.В., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Панченко М.В., Пестунов Д.А., Пташник И.В., Рассказчикова Т.М., Савкин Д.Е., Симоненков Д.В., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофонов А.В.

**«УГЛЕРОД В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ: МОНИТОРИНГ».  
РЕАЛИЗАЦИЯ ВАЖНЕЙШЕГО ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ЗНАЧЕНИЯ «ЕДИНАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА  
КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ»**

Москва, ИКИ РАН 15–16 февраля 2023 г.

# Международная кооперация

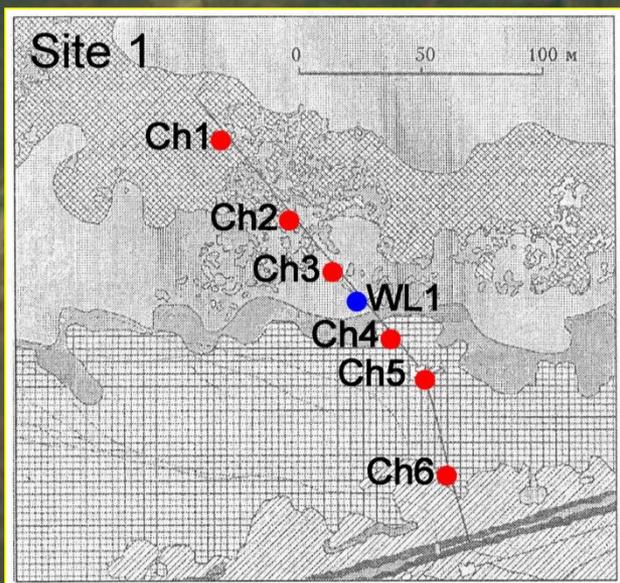
- Межправительственное соглашение между Россией и Японией. Проект «Изменение вертикального профиля парниковых газов над регионами Сибири»  
**Национальный институт исследования окружающей среды (Цукуба, Япония):** 1997 – н/в
- Российско-Французский эксперимент YAK-AEROSIB «Крупномасштабные самолетные исследования состава воздуха Сибири и Арктики»:  
2002-2021 (временно приостановлен)  
**Лаборатория наук о климате и окружающей среде (Париж, Франция);**  
**Лаборатория Аэрологии (Тулуза, Франция);**  
**Лаборатория атмосферы, сред, космических наблюдений (Париж, Франция)**
- Междисциплинарная научно-исследовательская программа Пан-Евразийский эксперимент 2012-2021 (временно приостановлен)  
**Института исследований атмосферы и взаимодействия геосфер, Университета Хельсинки (Финляндия)**
- Соглашение о включении обсерватории «Фоновая» в состав Глобальной службы атмосферы  
2016-2021 (временно приостановлен)  
**Отдел глобального мониторинга НОАА (США)**

# Стационар Плотниково

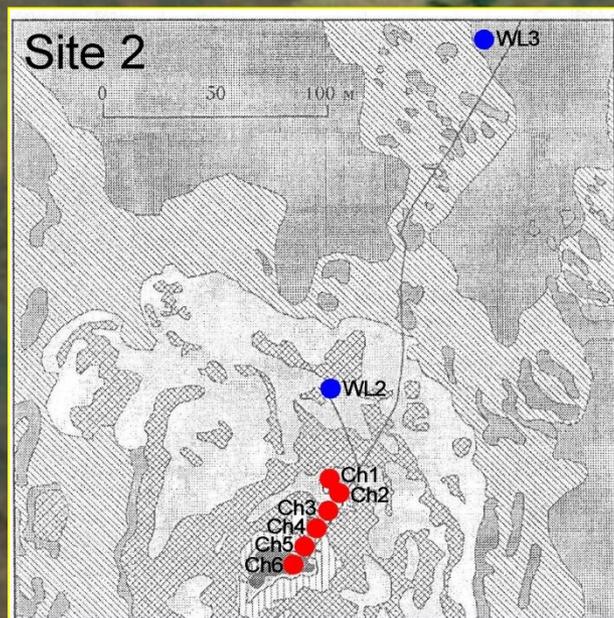


# Измерительные площадки

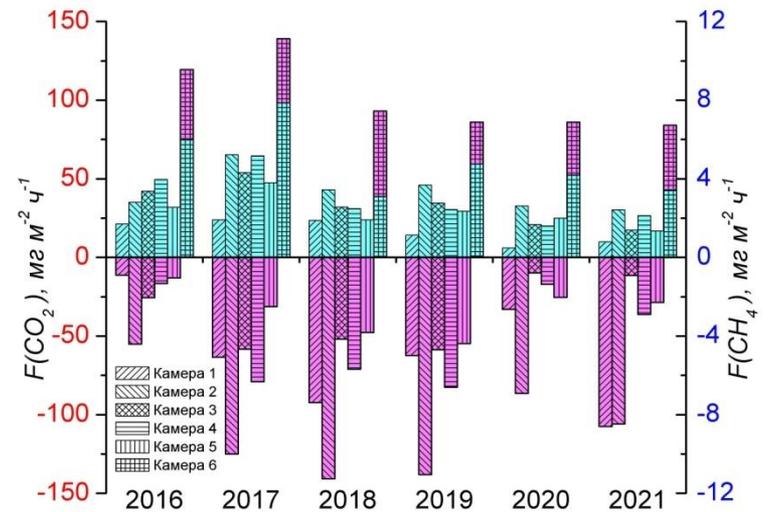
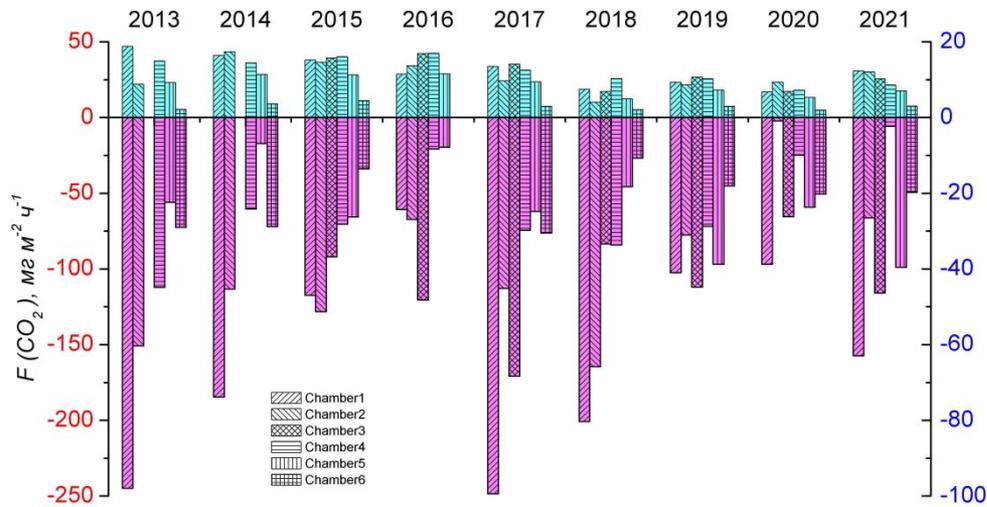
N56°51'18" E82°50'56"



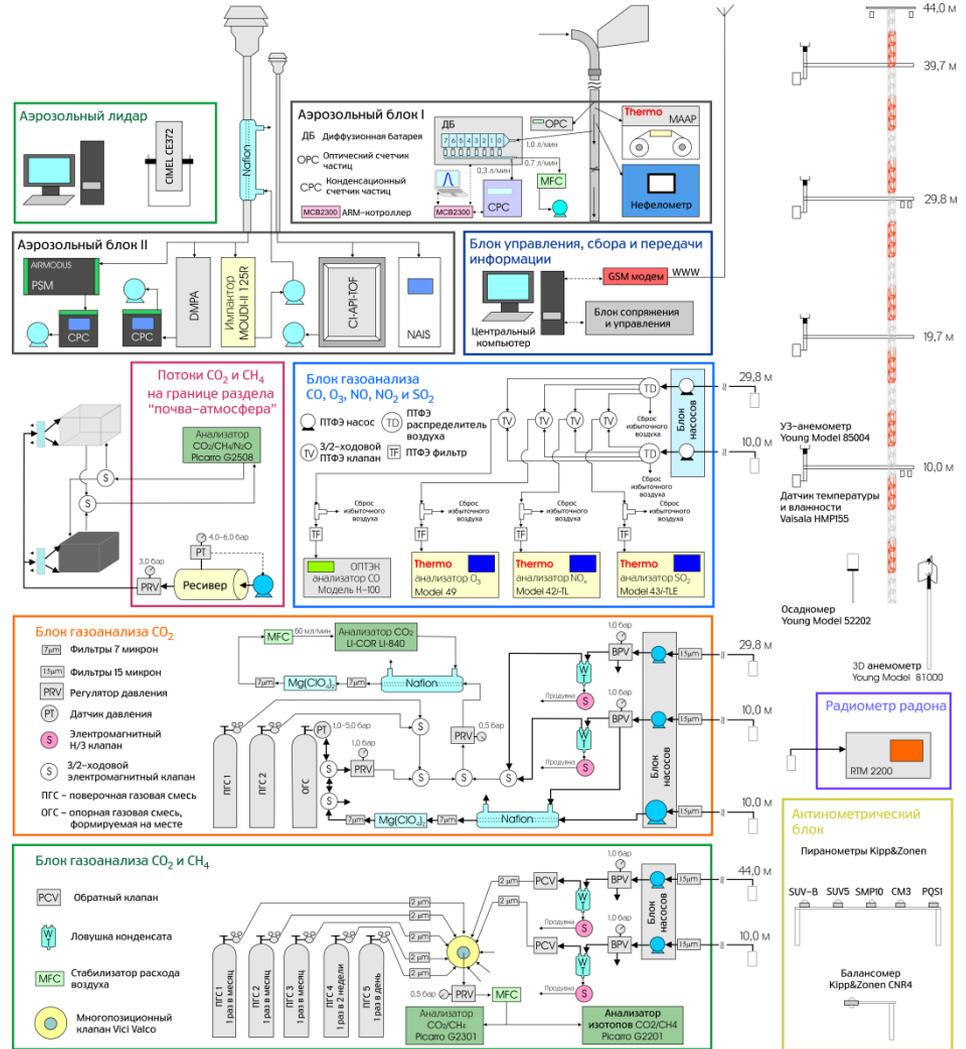
N56°48'52" E82°51'12"



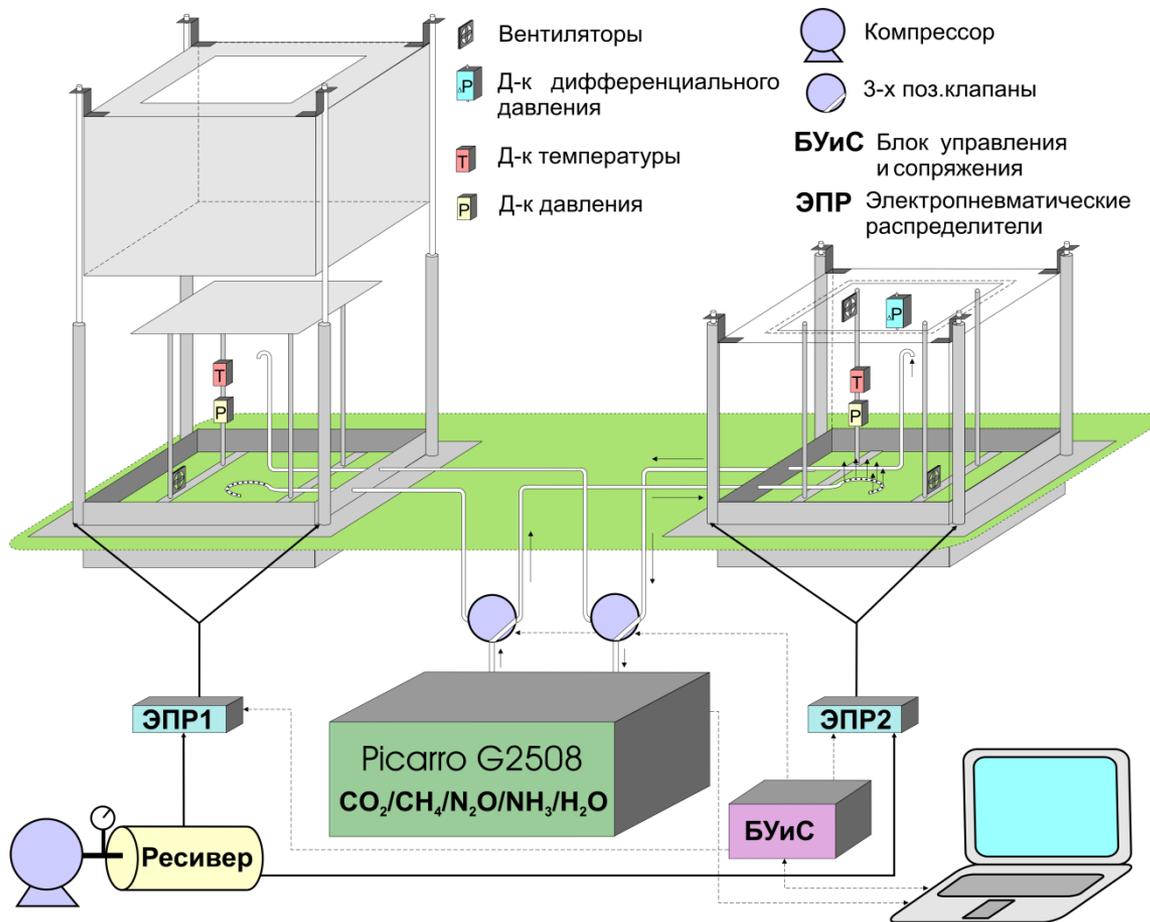
# Многолетний ход потоков $\text{CO}_2$ и $\text{CH}_4$



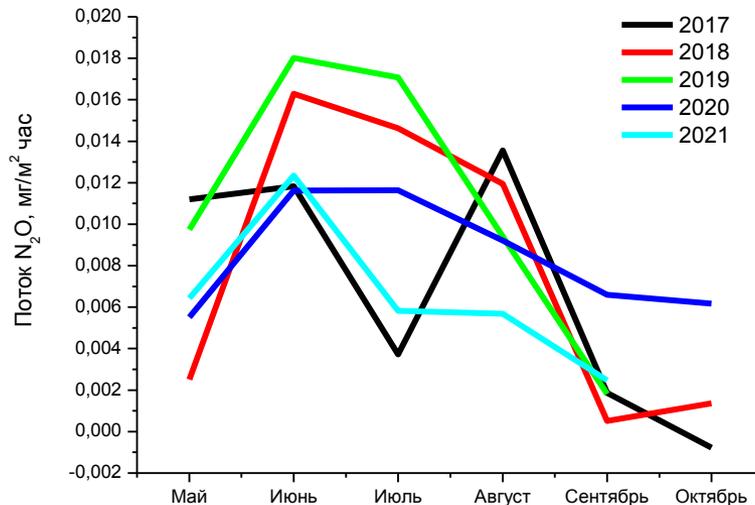
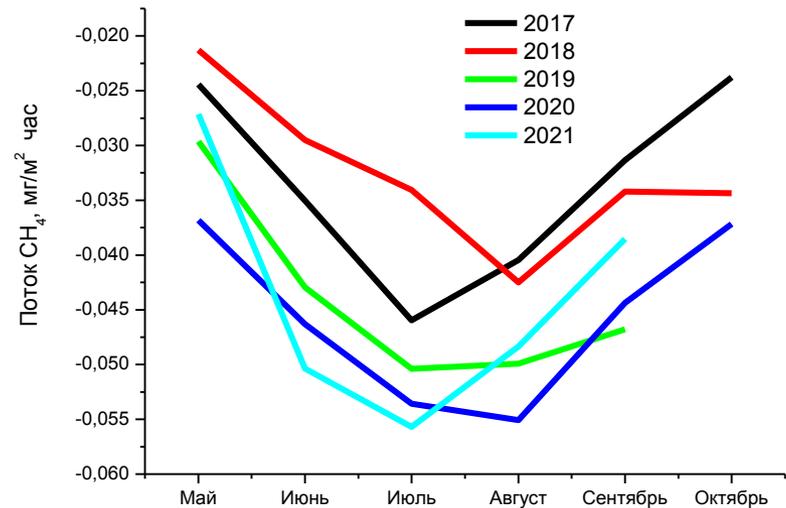
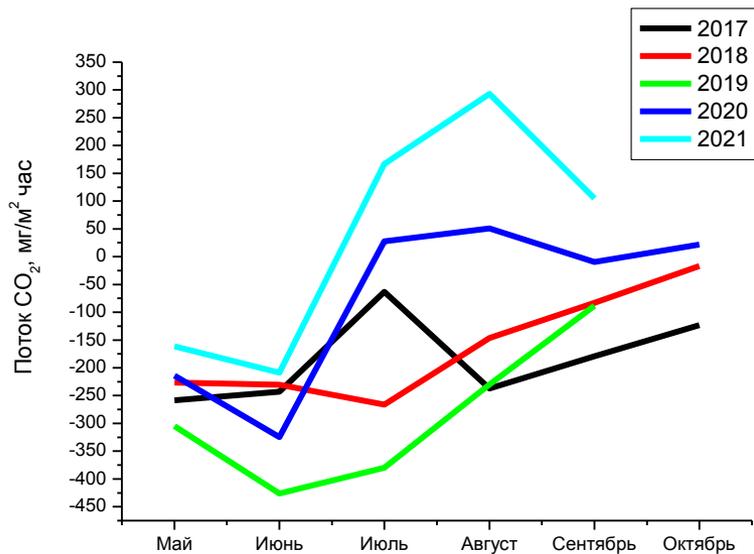
# Обсерватория «Фоновая»



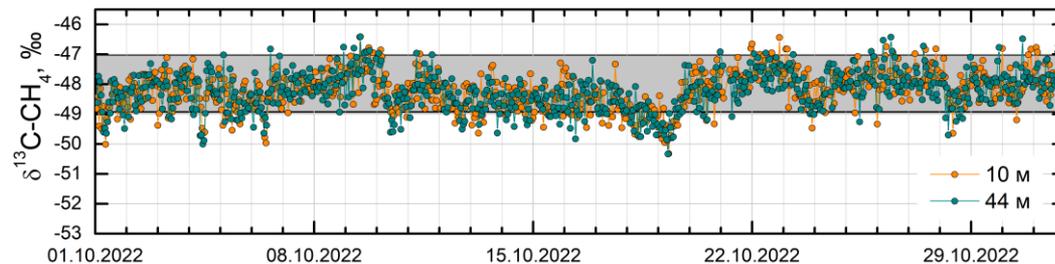
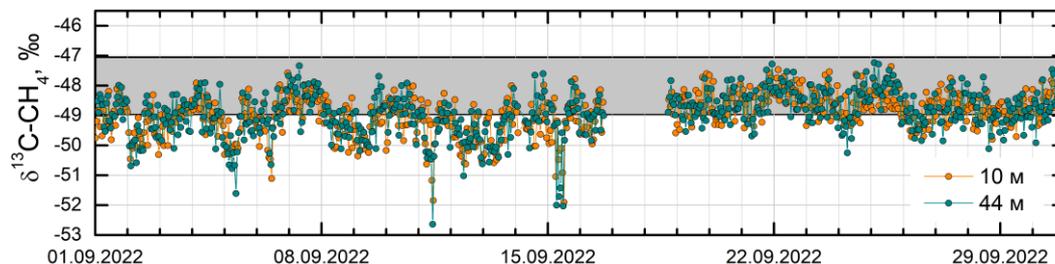
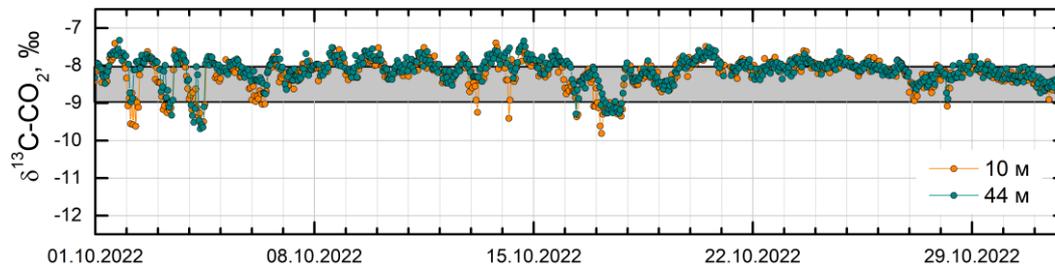
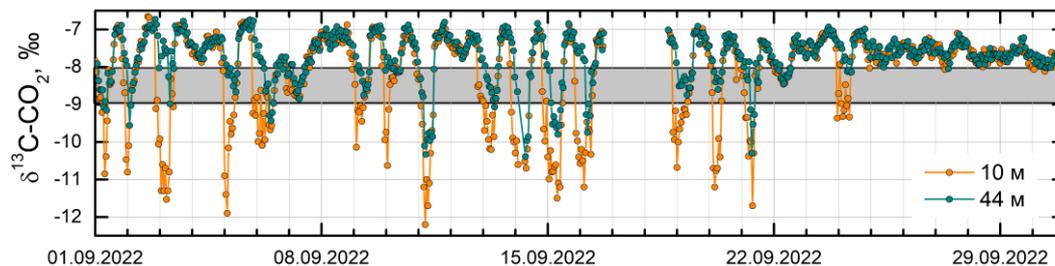
# Измерение потоков парниковых газов



# Потоки парниковых газов в обсерватории «Фоновая»



# Измерение изотопов в $\text{CO}_2$ и $\text{CH}_4$ в обсерватории «Фоновая»



# Российско-Японская сеть высотных мачт для измерения потоков парниковых газов



Igrim



Noyabr'sk

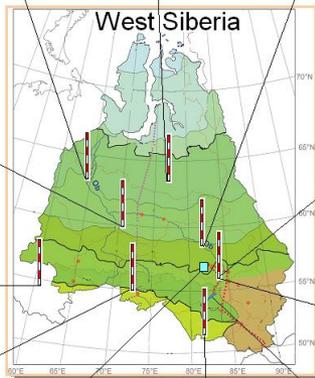


Karasevo

- Arctic tundra
- Typical and s
- Forest tundra
- Northern taiga
- Middle taiga
- Southern taiga
- Subtaiga
- Forest steppe
- Steppe
- Altai Mountain



Demyanskoe



Berezorechka



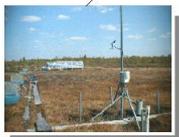
An-2



Vaganovo



Azovo



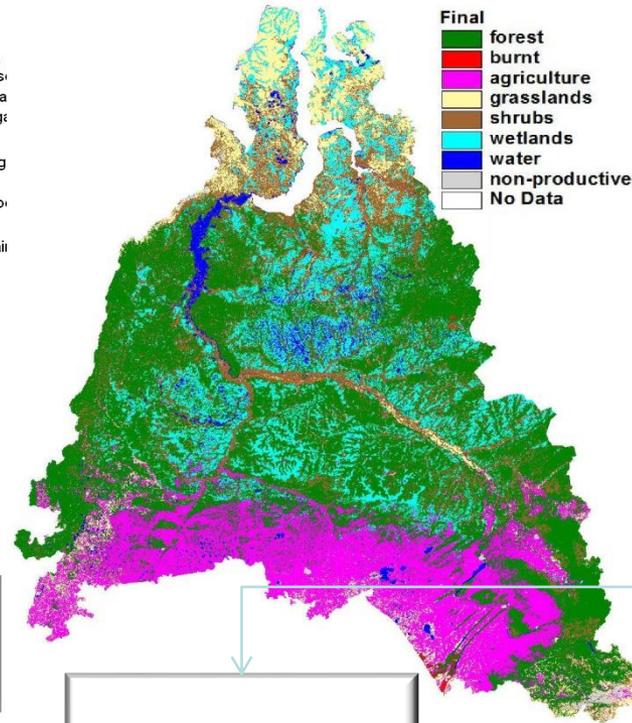
Vasyugan Swamp



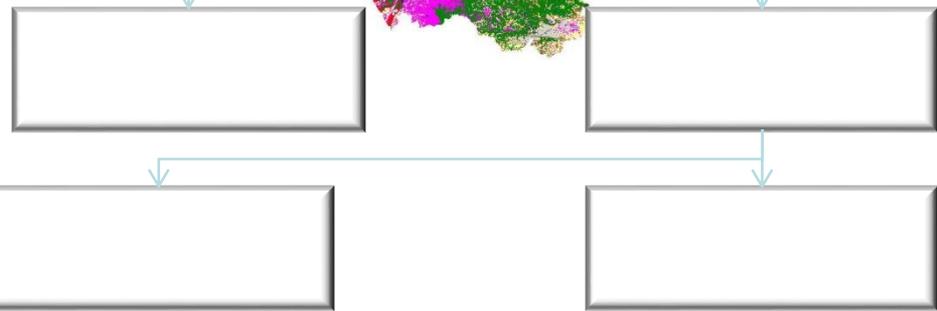
Savushka



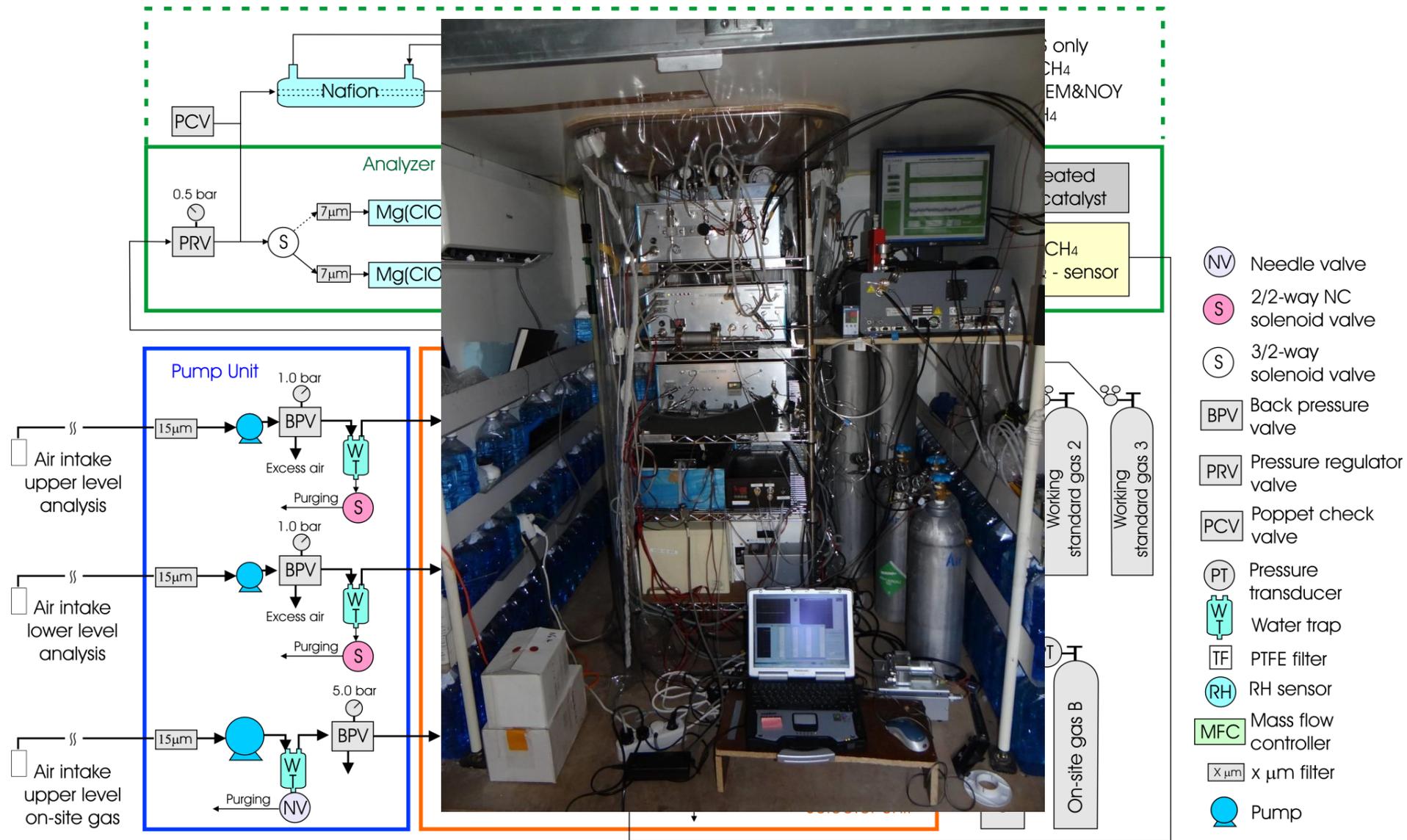
Tu-134 "Optik"



Prof. Gen Inoue

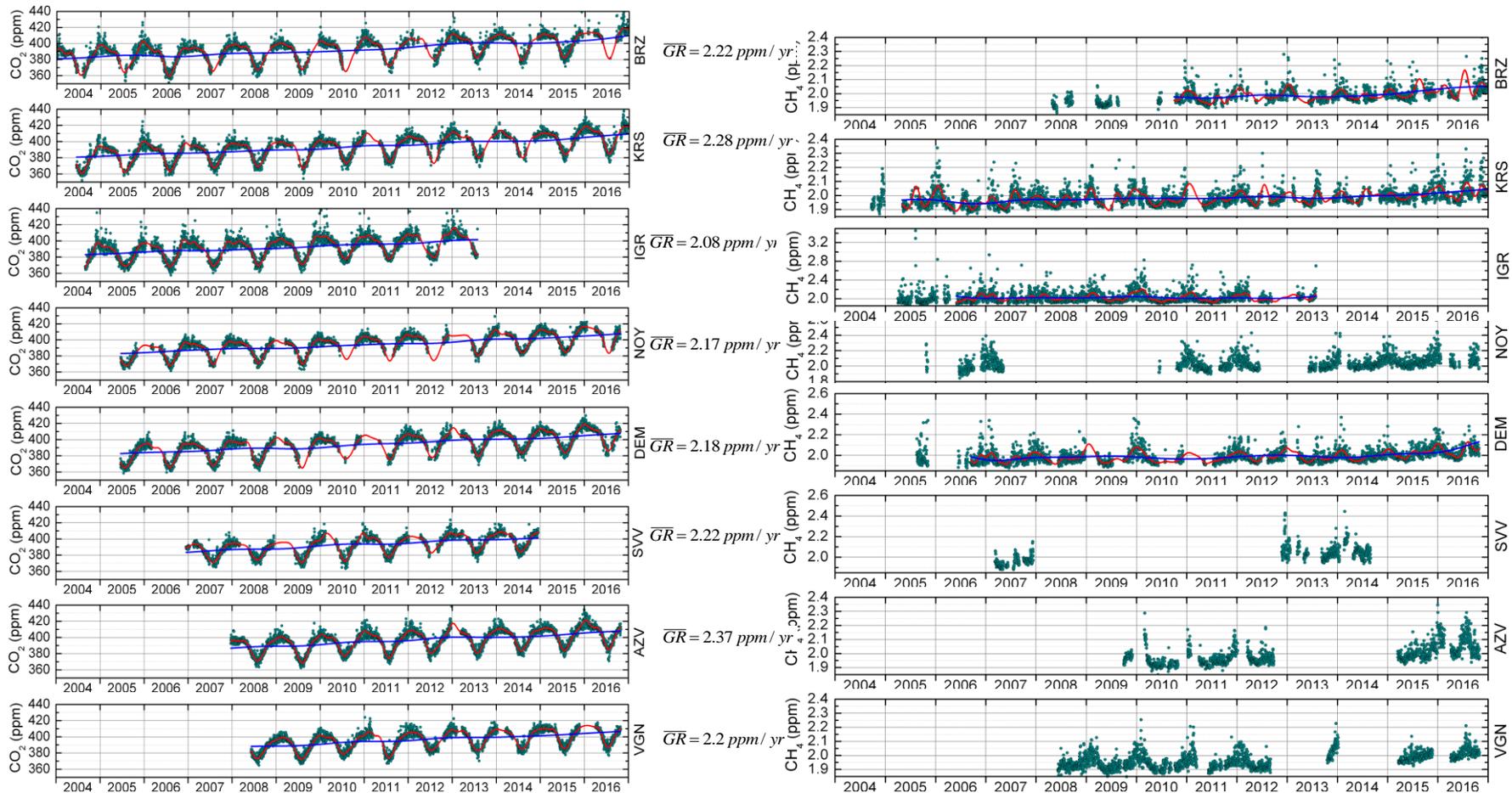


# Инструменты

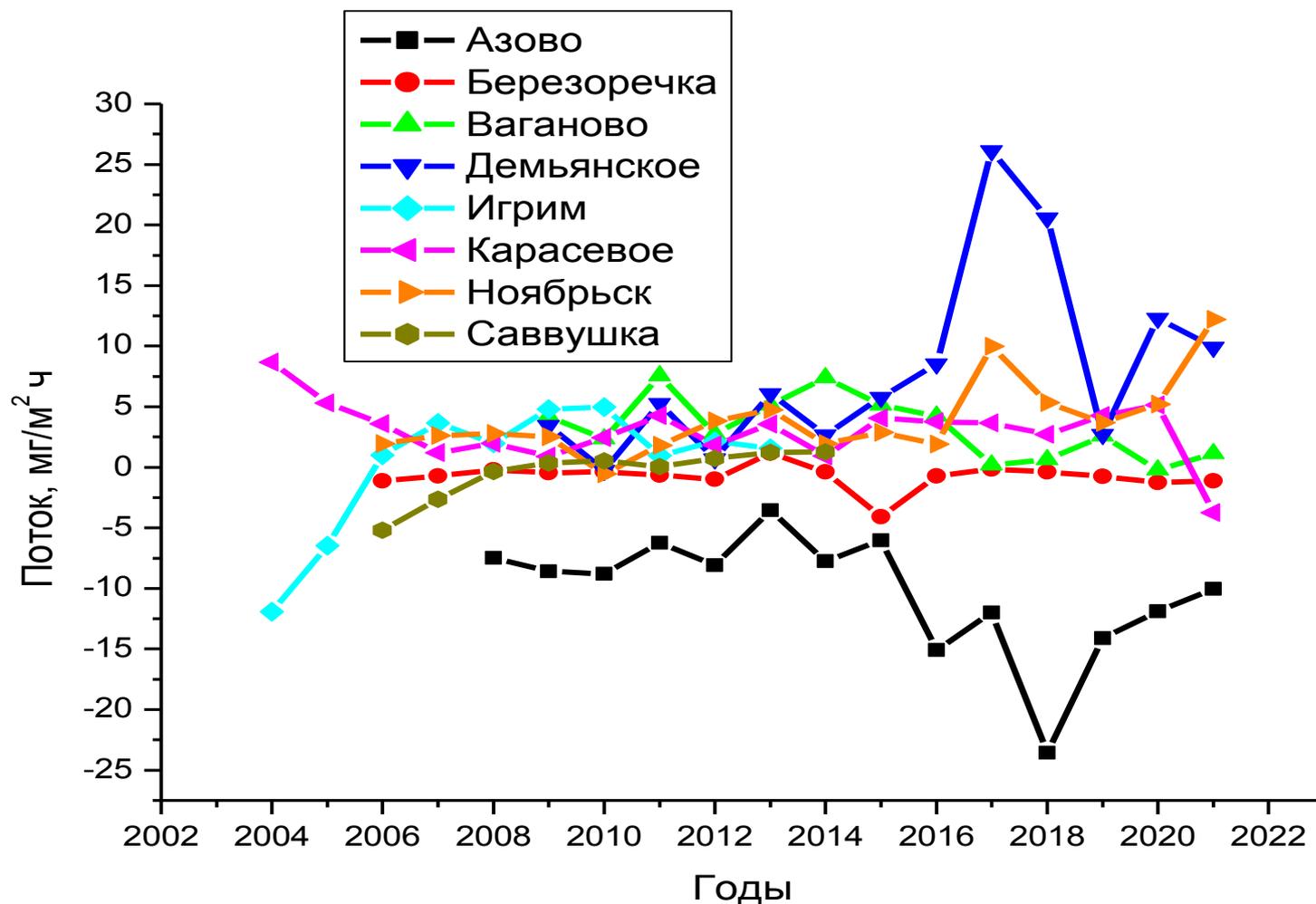


# Многолетние изменения концентрации на JR-STATION

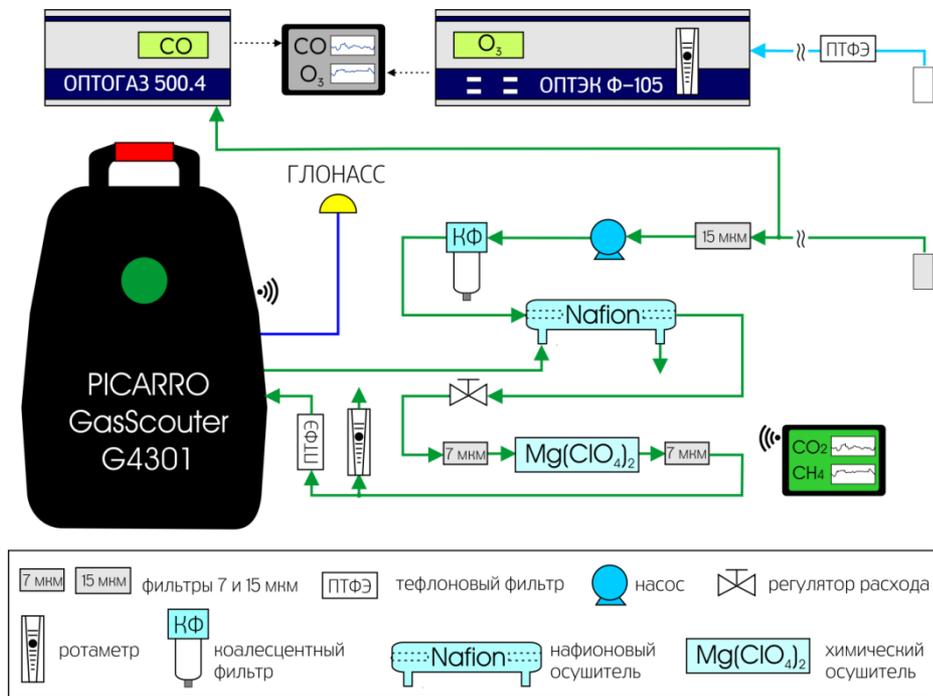
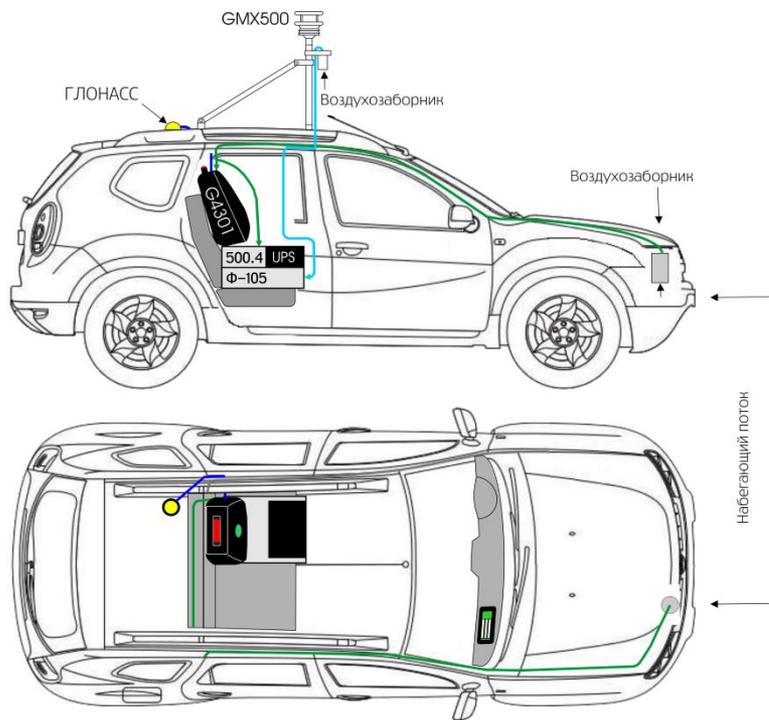
● Upper inlet (day-time average) — Smoothed curve — Trend curve



# Потоки CO<sub>2</sub> на территории Западной Сибири



# Мобильная станция для измерения концентрации парниковых газов



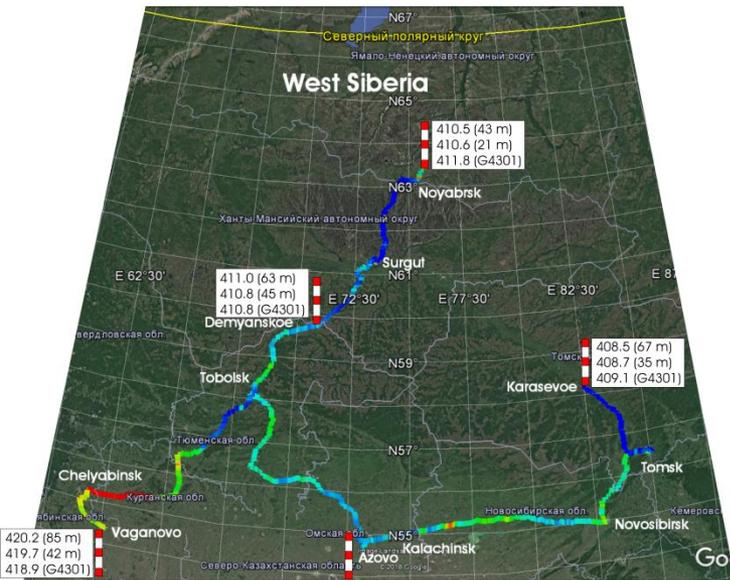
# Распределение CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> на территории Западной Сибири

Baseline values

CO<sub>2</sub>(ppm)

Baseline values

CH<sub>4</sub>(ppb)



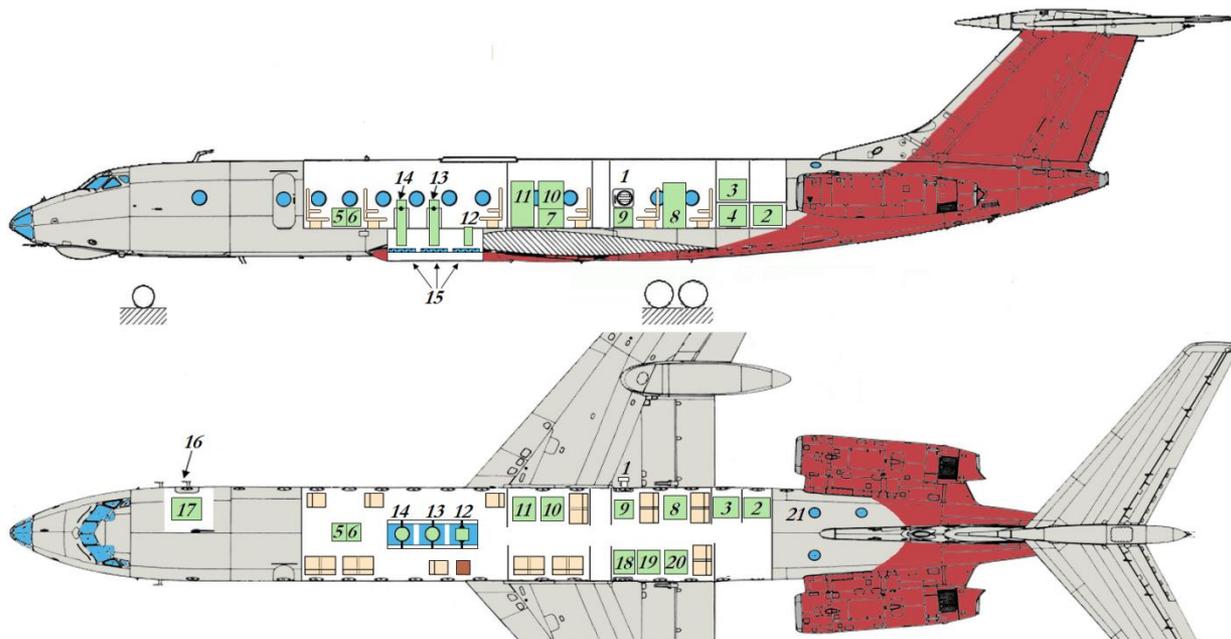
- 425
- 424
- 423
- 422
- 421
- 420
- 419
- 418
- 417
- 416
- 415
- 414
- 413
- 412
- 411
- 410



- 2000
- 1990
- 1980
- 1970
- 1960
- 1950
- 1940
- 1930
- 1920



# Самолетное зондирование



1 – воздухозаборники и метеодатчики; 2 – распределительный щит бортового электропитания блок питания бортовой аппаратуры; 3, 4, 5, 6, 7 – инверторы 24 В/220 В; 8 – приборная стойка азталометра (МДА-02) и проточного нефелометра (ФАН-А); 9 – стойка фильтрааспирационной установки, лазерного спектрометра аэрозолей (Grimm Model 1.109) и устройства отбора проб биоаэрозолей; 10 – приборная стойка многокомпонентного газоанализатора NO/NO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O/NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O/O<sub>3</sub>/CO/CH<sub>4</sub>/OCS (MIRO MGA<sup>10</sup>-GP), CO<sub>2</sub> (LI-6262); 11 – приборная стойка газоанализаторов O<sub>3</sub> (TEI Model 49C), CO (TEI Model 48C), CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O (Picarro G2301-m) и источников бесперебойного питания (Delta RT-2K); 12 – спектро радиометр (PSR-1100F), 13, 14 – аэрозольный и метановый лидары («ЛЮЗА-А2» и «Лидар-М», соответственно); 15 – фотолуки; 16, 17 – воздухозаборники и устройство отбора проб на фильтры для анализа органического компонента аэрозоля, соответственно; 18 – турбулентный лидар; 19 – приборная стойка газоанализаторов NO<sub>x</sub> (Thermo Scientific Model 42i-TL) и SO<sub>2</sub> (Thermo Scientific Model 43i-TLE) и диффузионного спектрометра аэрозолей (ДСА); 20 – стойка центрального бортового компьютера, навигационной системы (датчик скорости ДАС, приемник полного давления ППД-1, – датчик барометрической высоты потенциометрический ДВБП-13) и интегрированной инерциальной системы «КомпаНав-5.2 ИОА»; 21 – приемники ГЛОНАСС/GPS.

# Инструменты

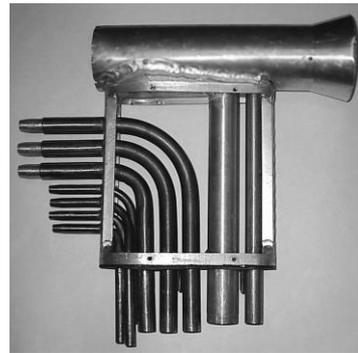
Flask sampling  
 $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,



Air sampler

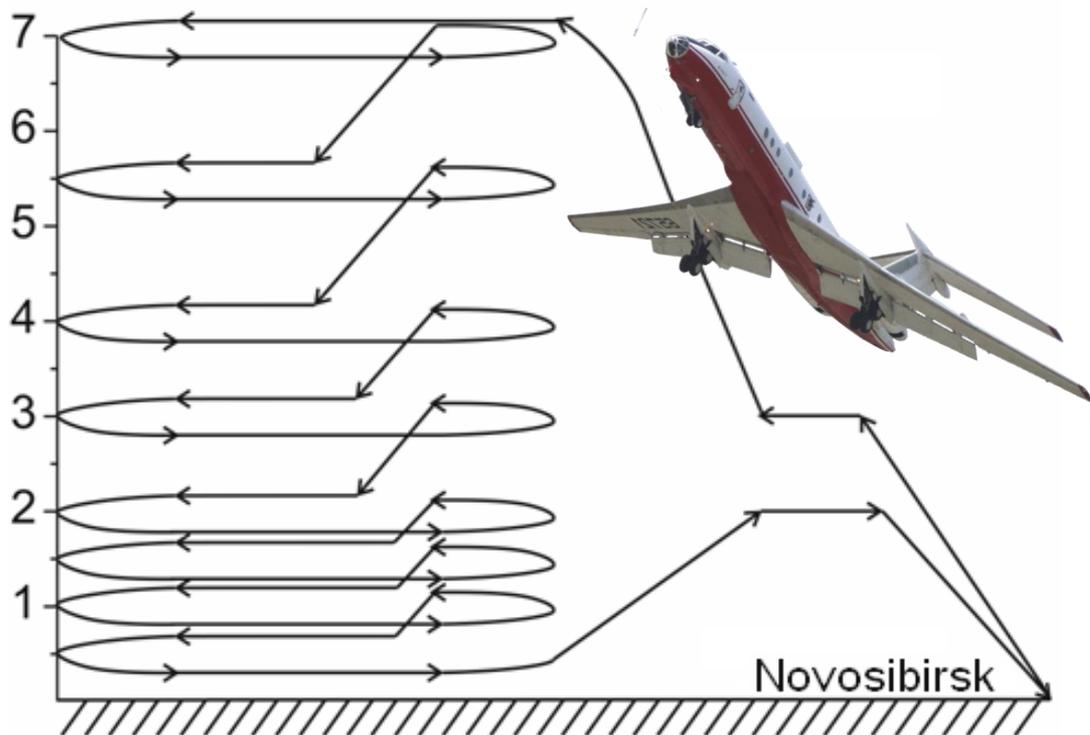


In-situ  $\text{CO}_2$   
measurements  
with LI-6262

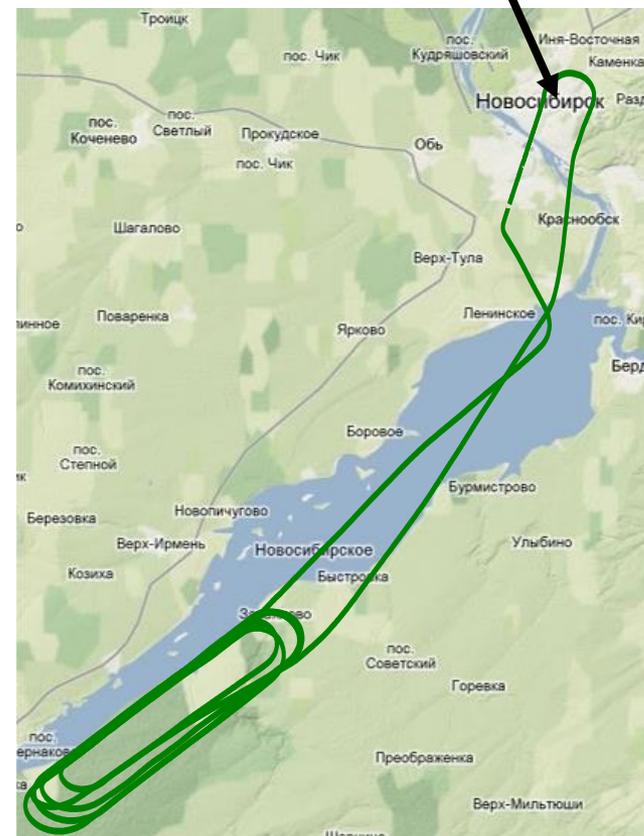


# Мониторинг вертикального распределения парниковых газов

Flight pattern

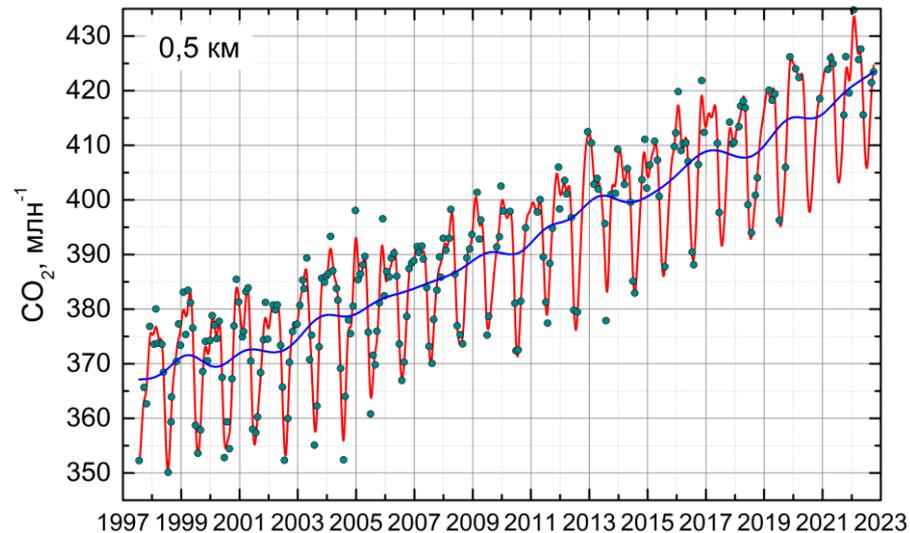
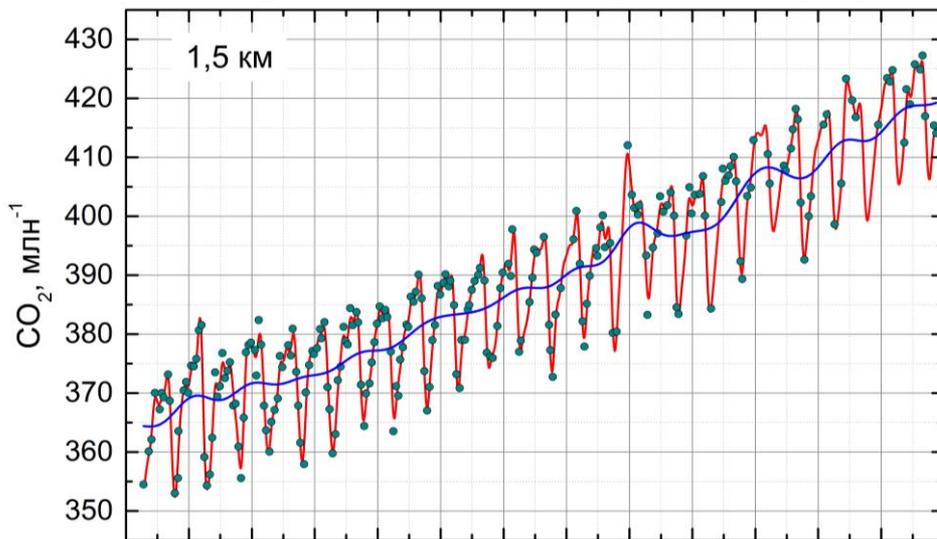
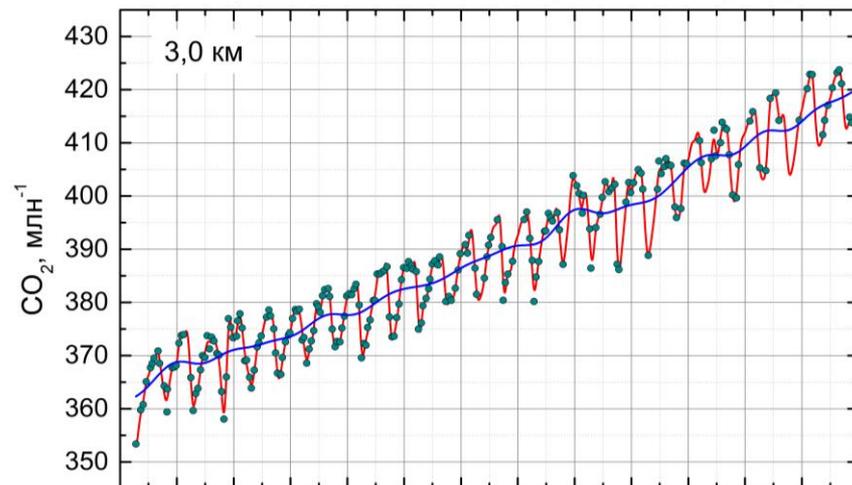
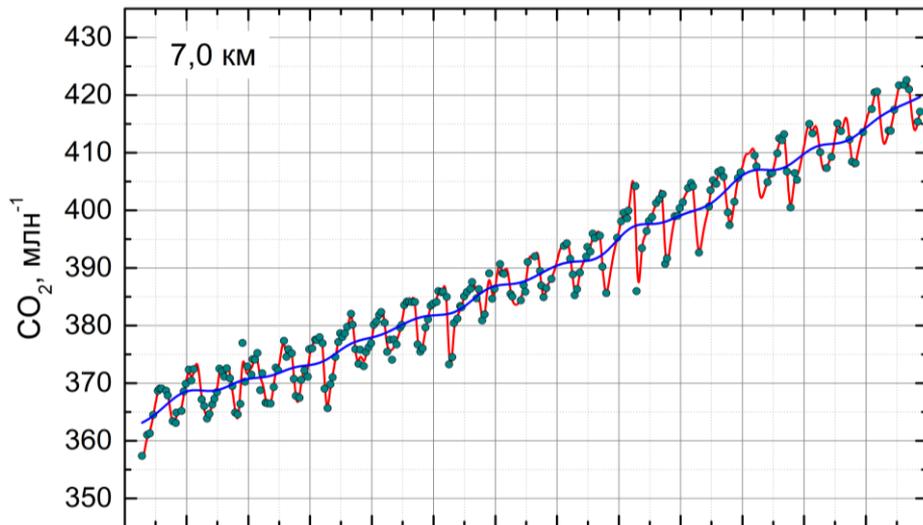


Novosibirsk

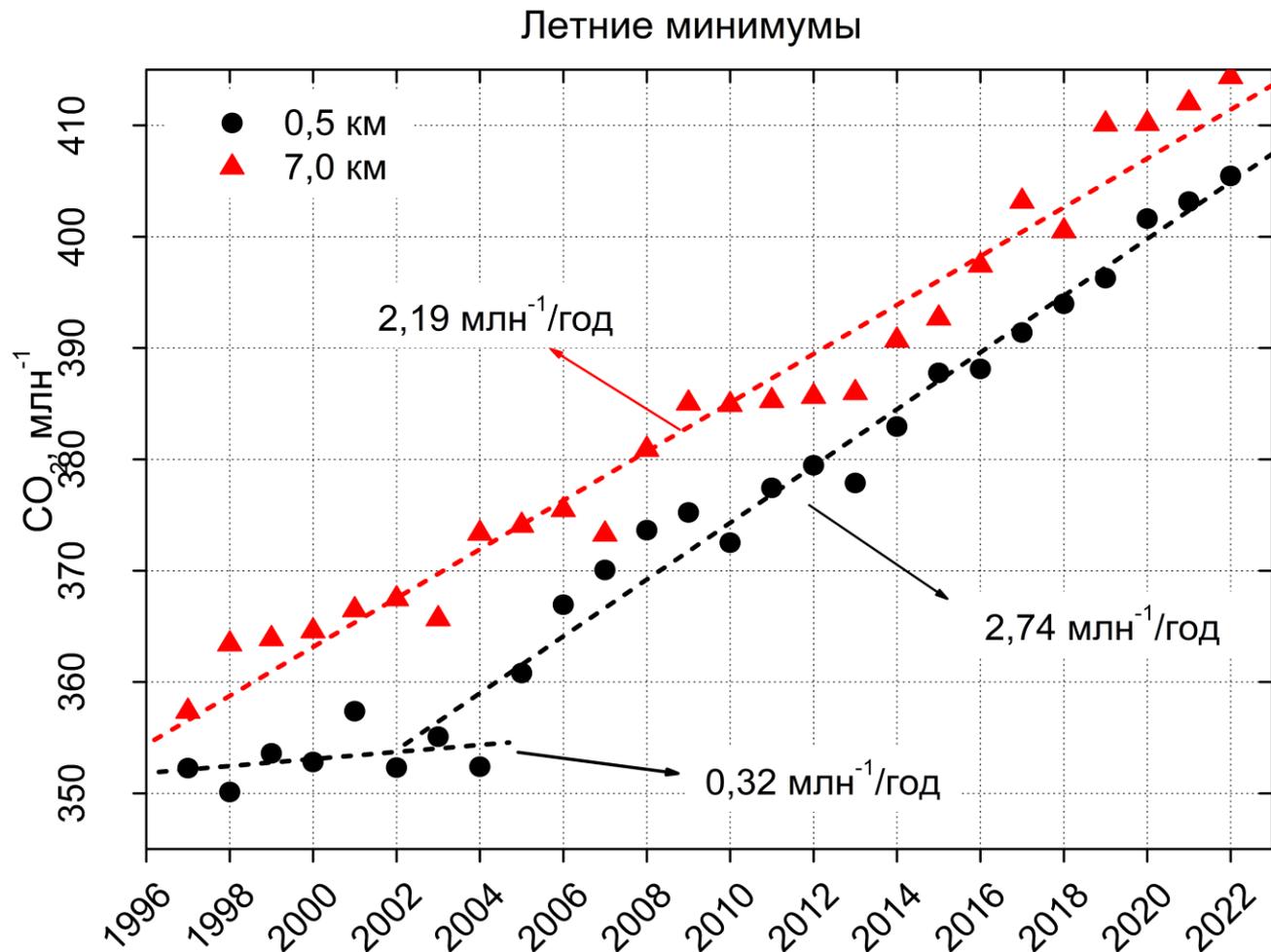


# Многолетний ход концентрации $\text{CO}_2$ на разных высотах в тропосфере над юго-западной частью Западной Сибири

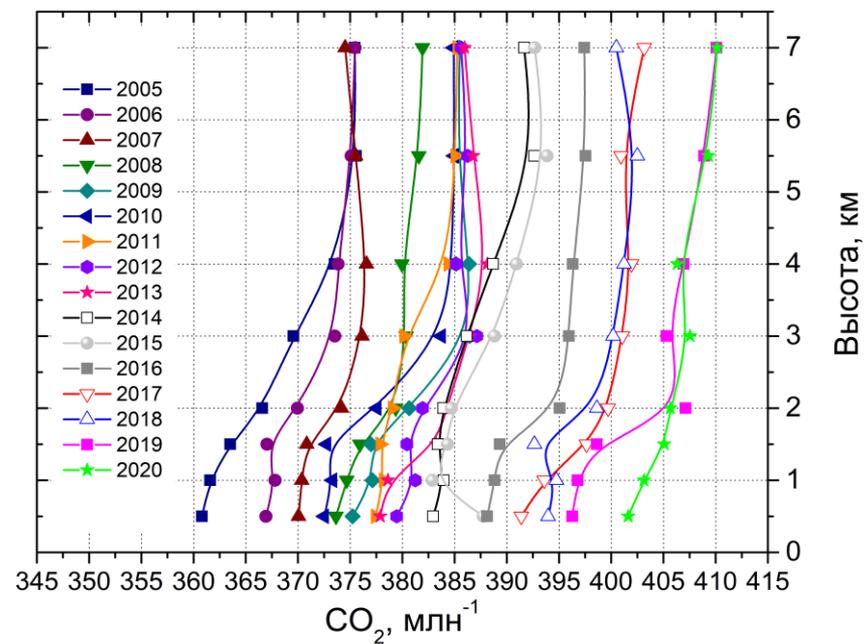
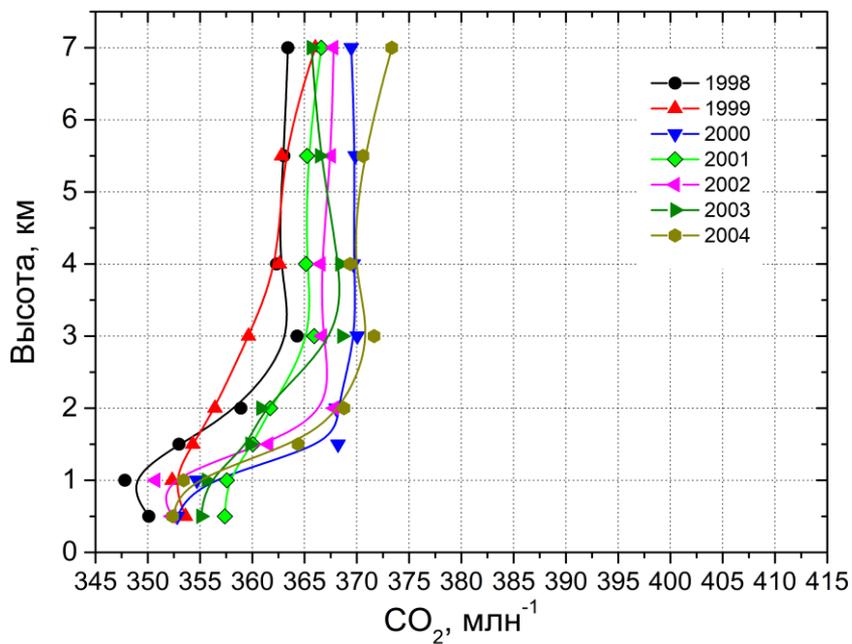
• проба — сглаженная кривая — тренд



# Многолетний ход летних минимумов концентрации углекислого газа над юго-западной частью Западной Сибири

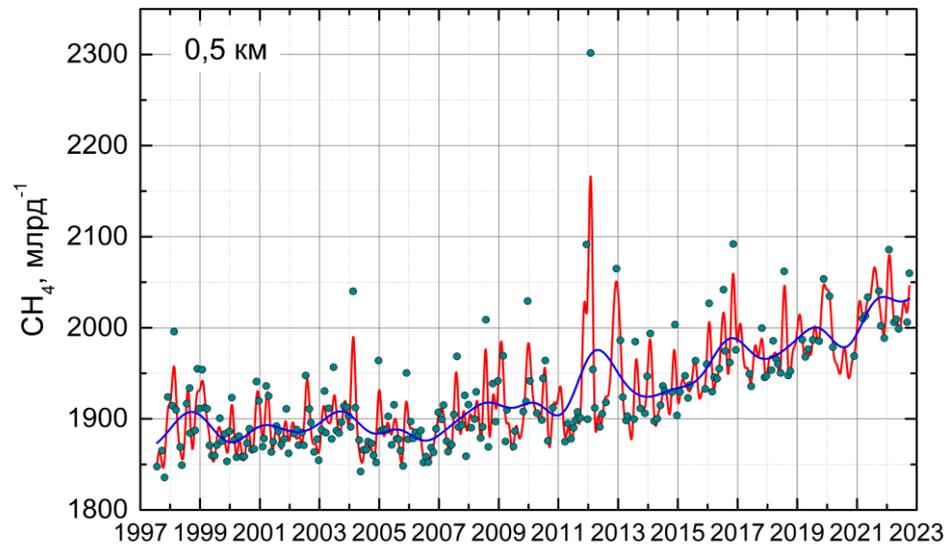
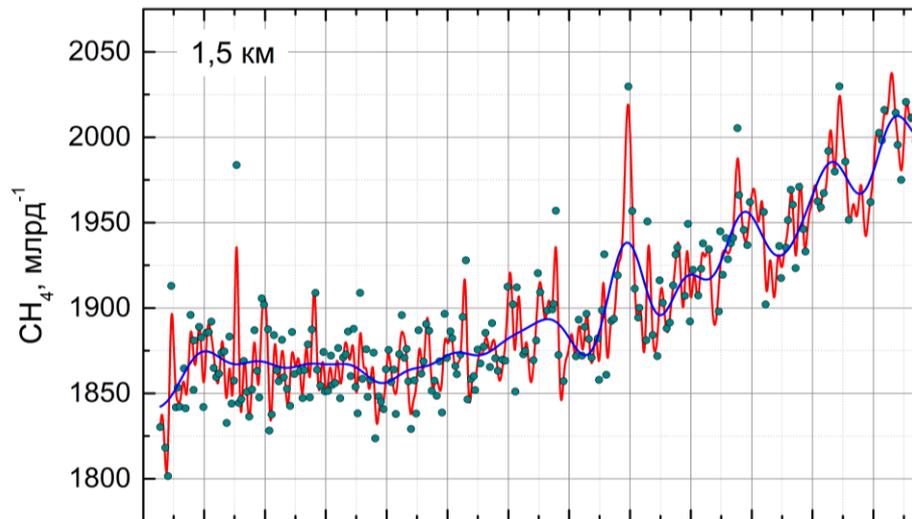
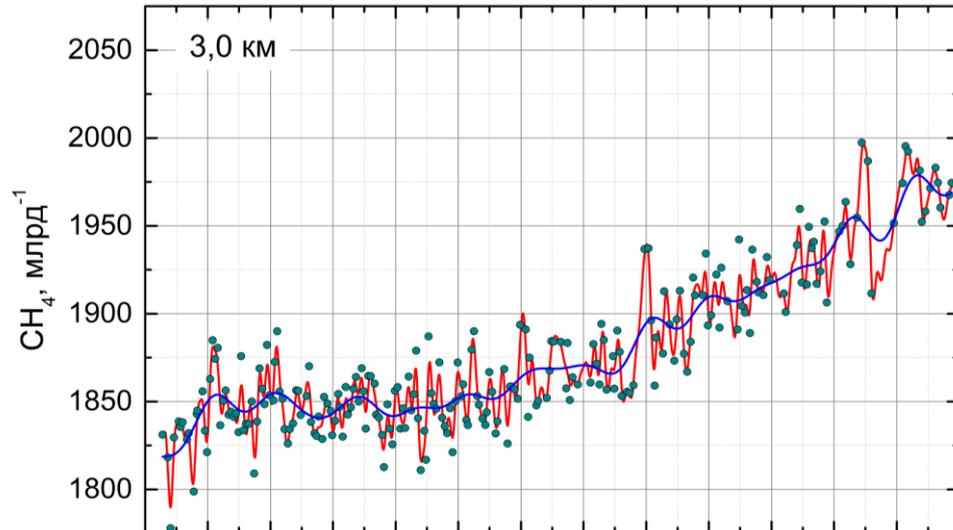
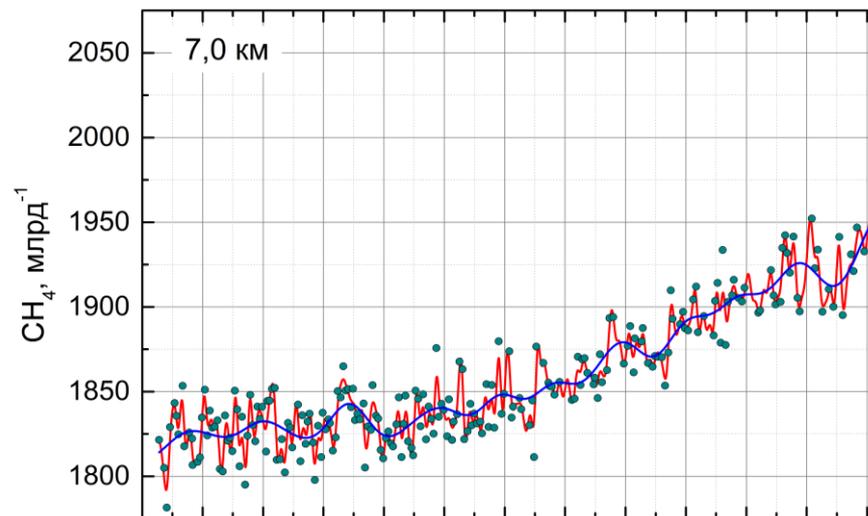


# Вертикальное распределение концентрации углекислого газа над юго-западной частью Западной Сибири во время летних минимумов

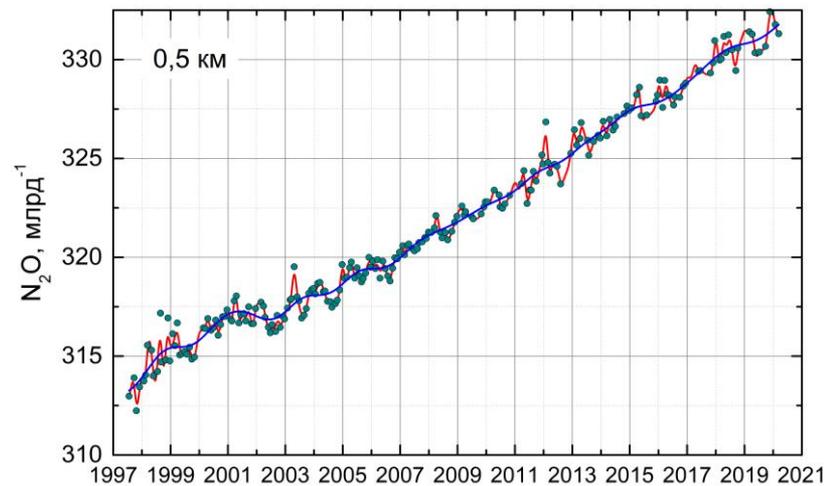
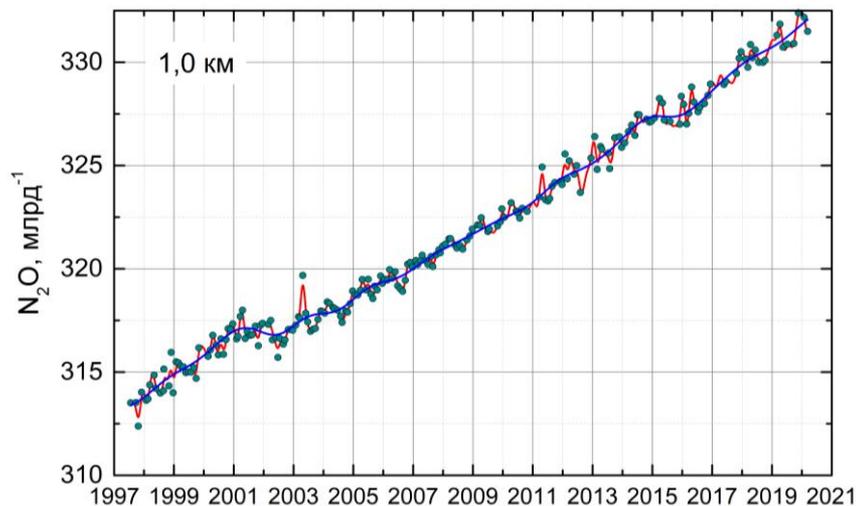
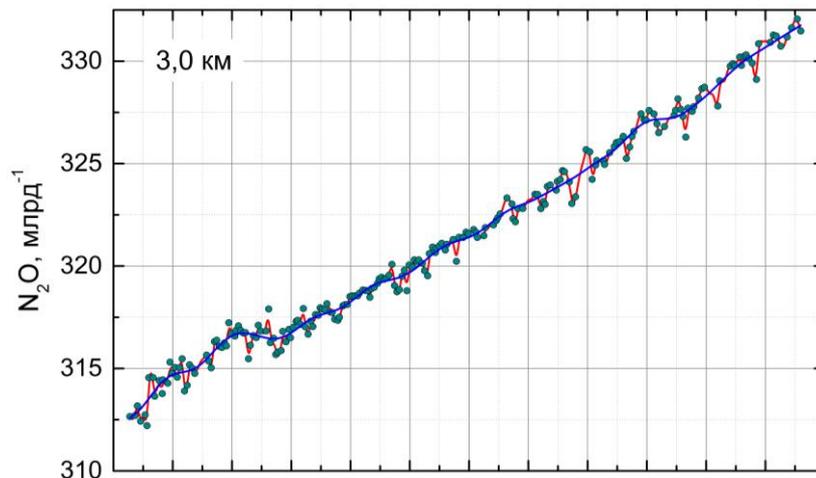
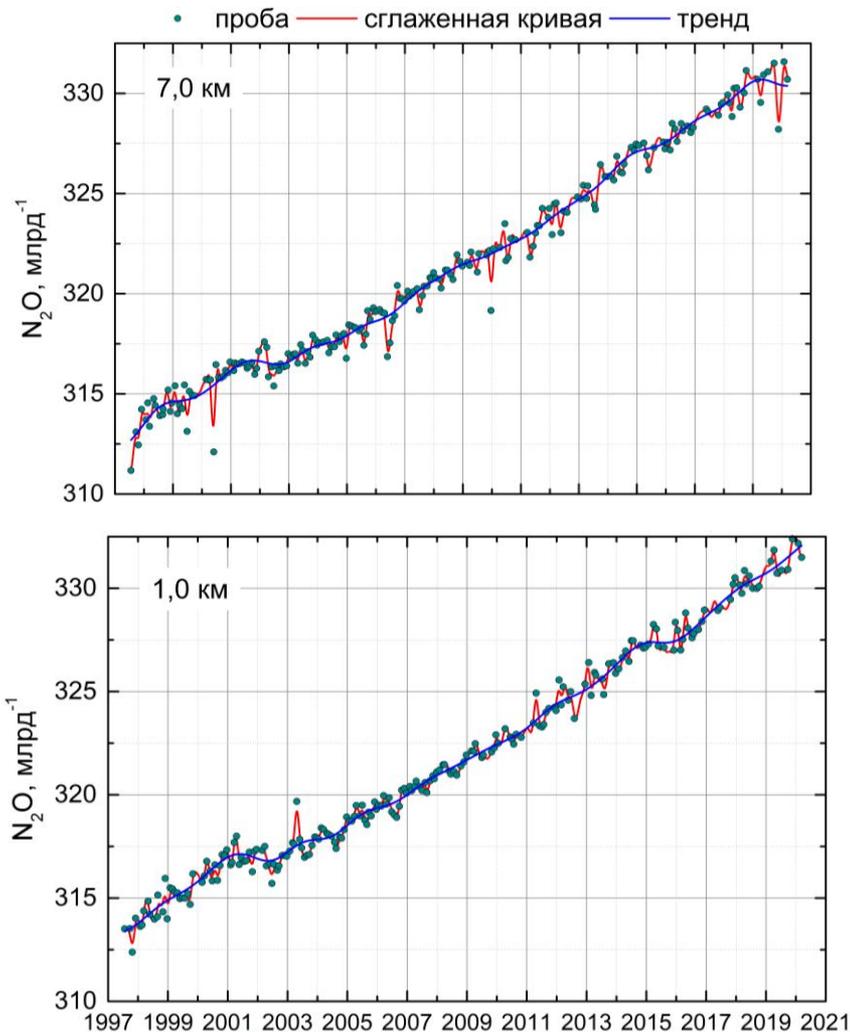


# Метан

• проба — сглаженная кривая — тренд

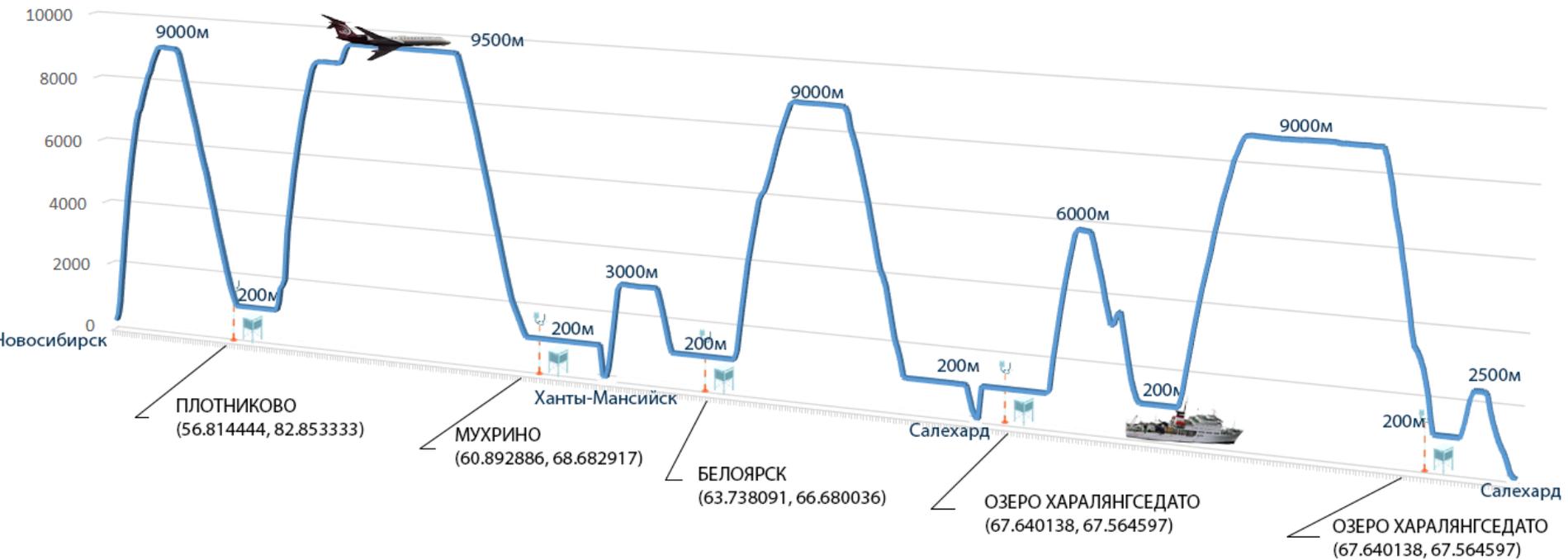


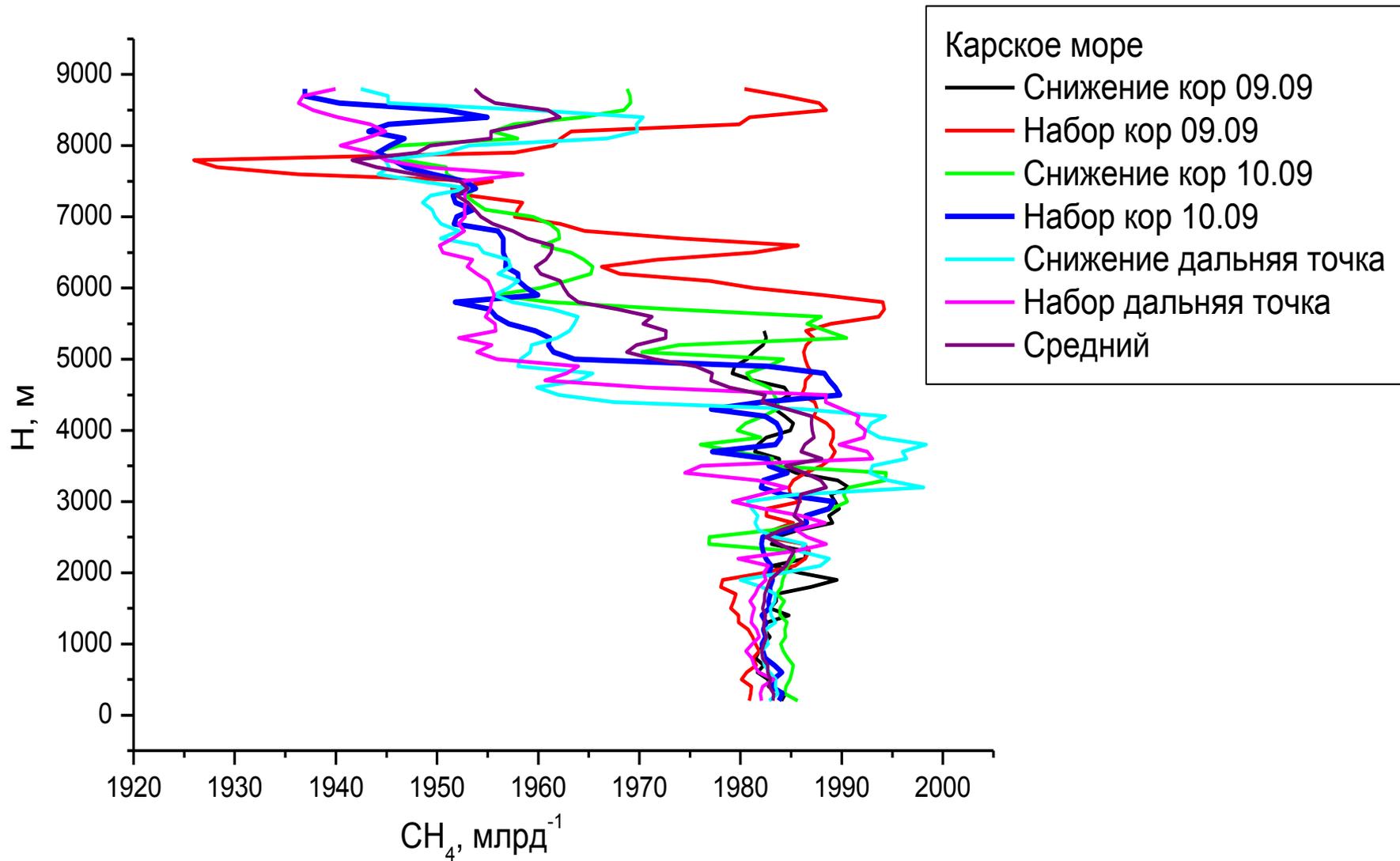
# Многолетний ход концентрации $N_2O$ на разных высотах в тропосфере над юго-западной частью Западной Сибири

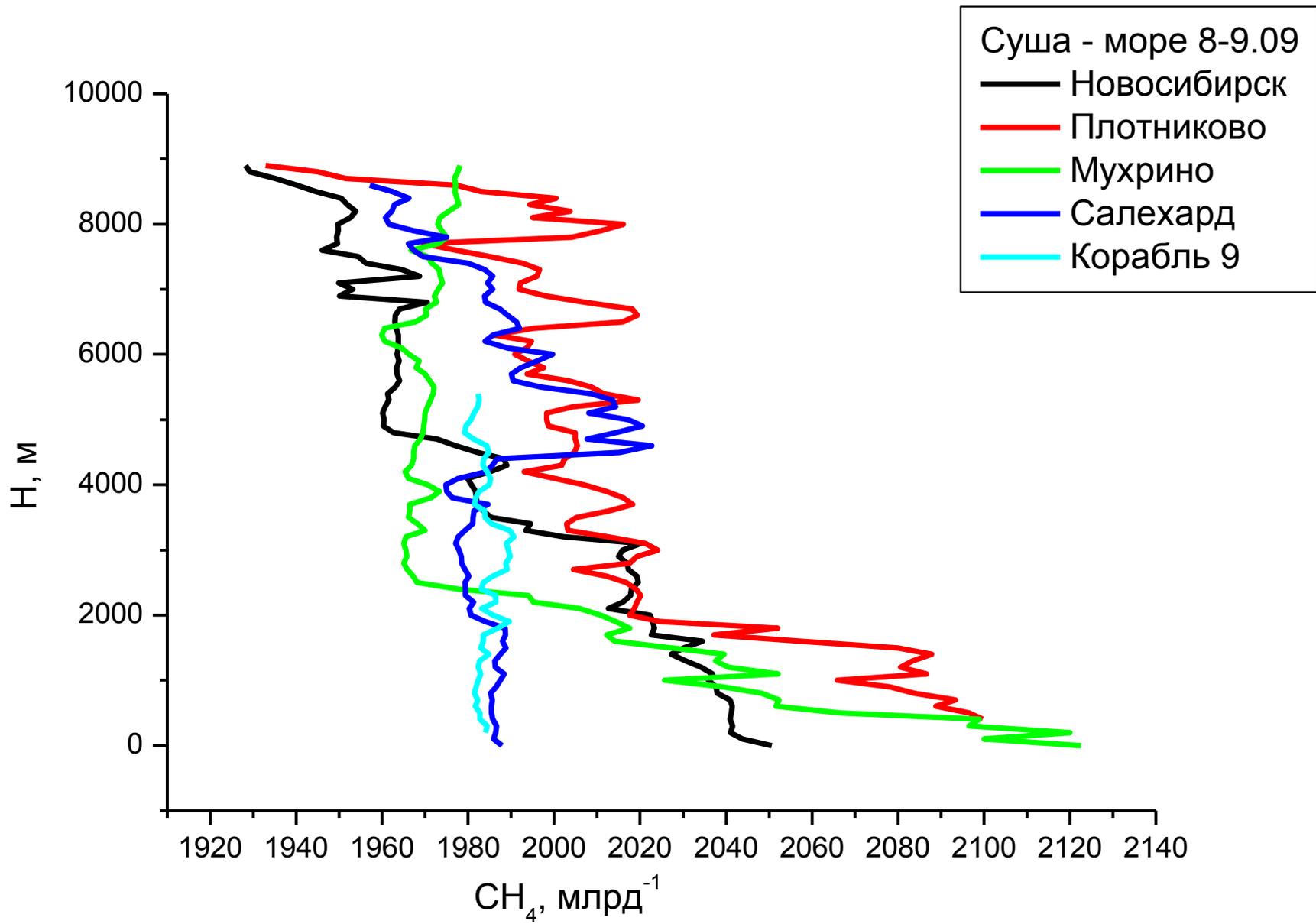


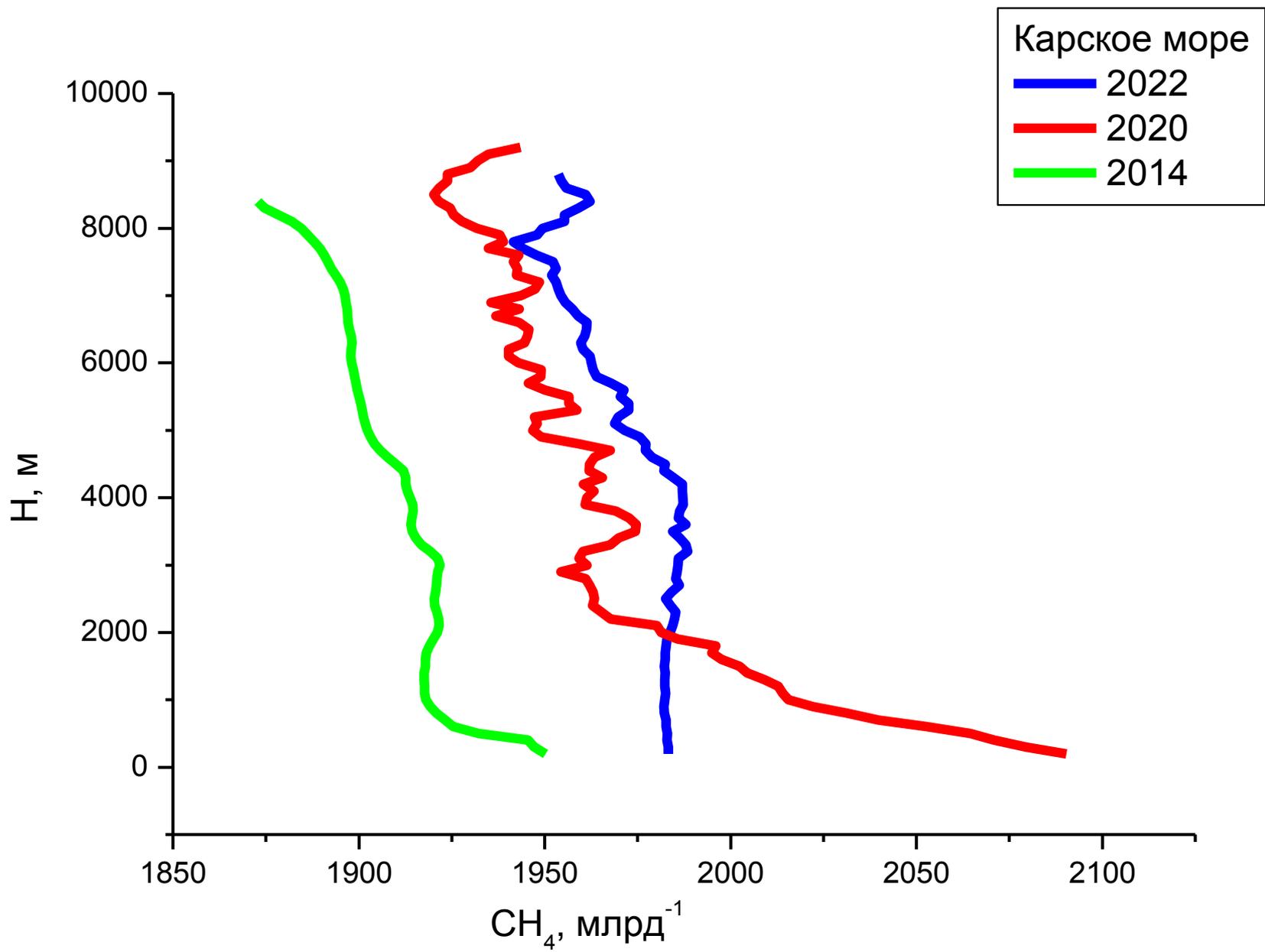
# Сибирь и Арктика

Новосибирск - Ханты-Мансийск - Салехард - Корабль

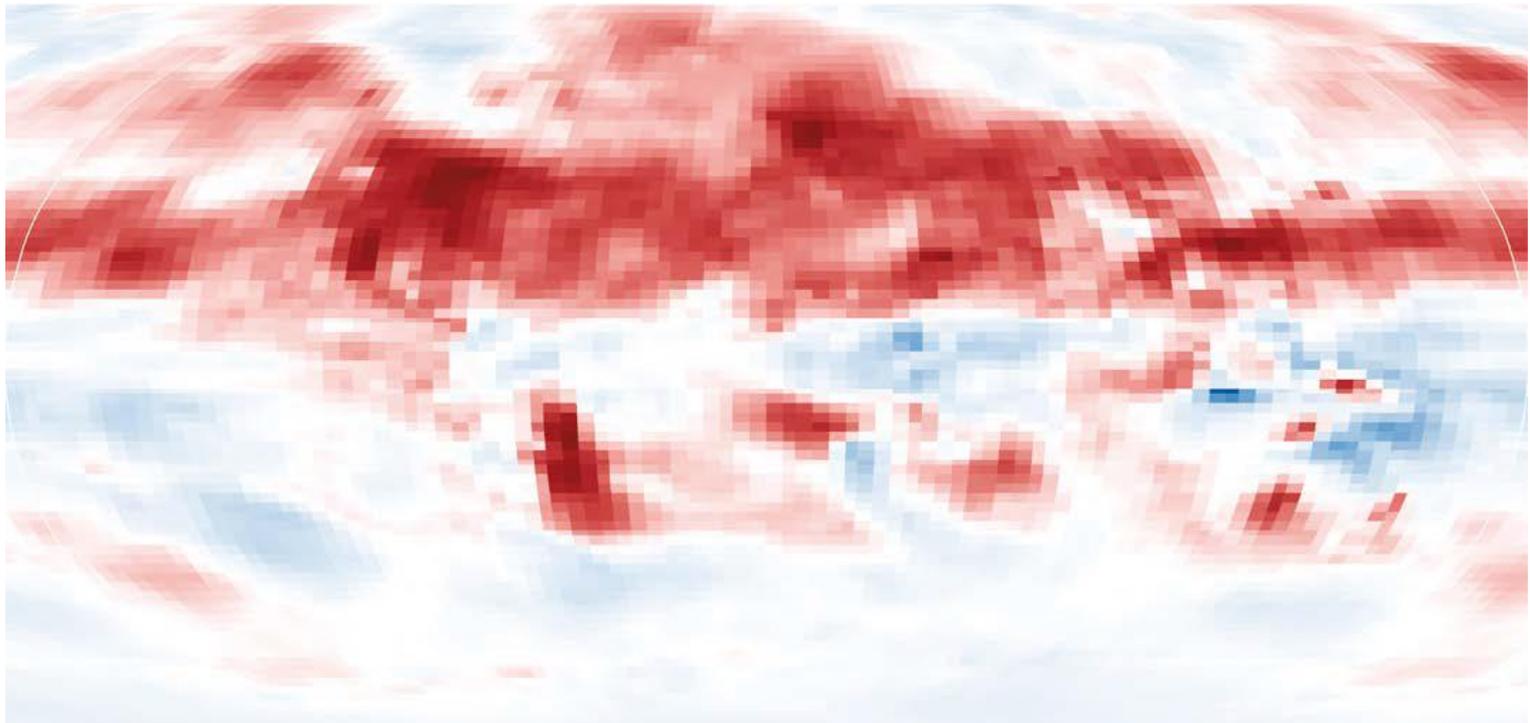


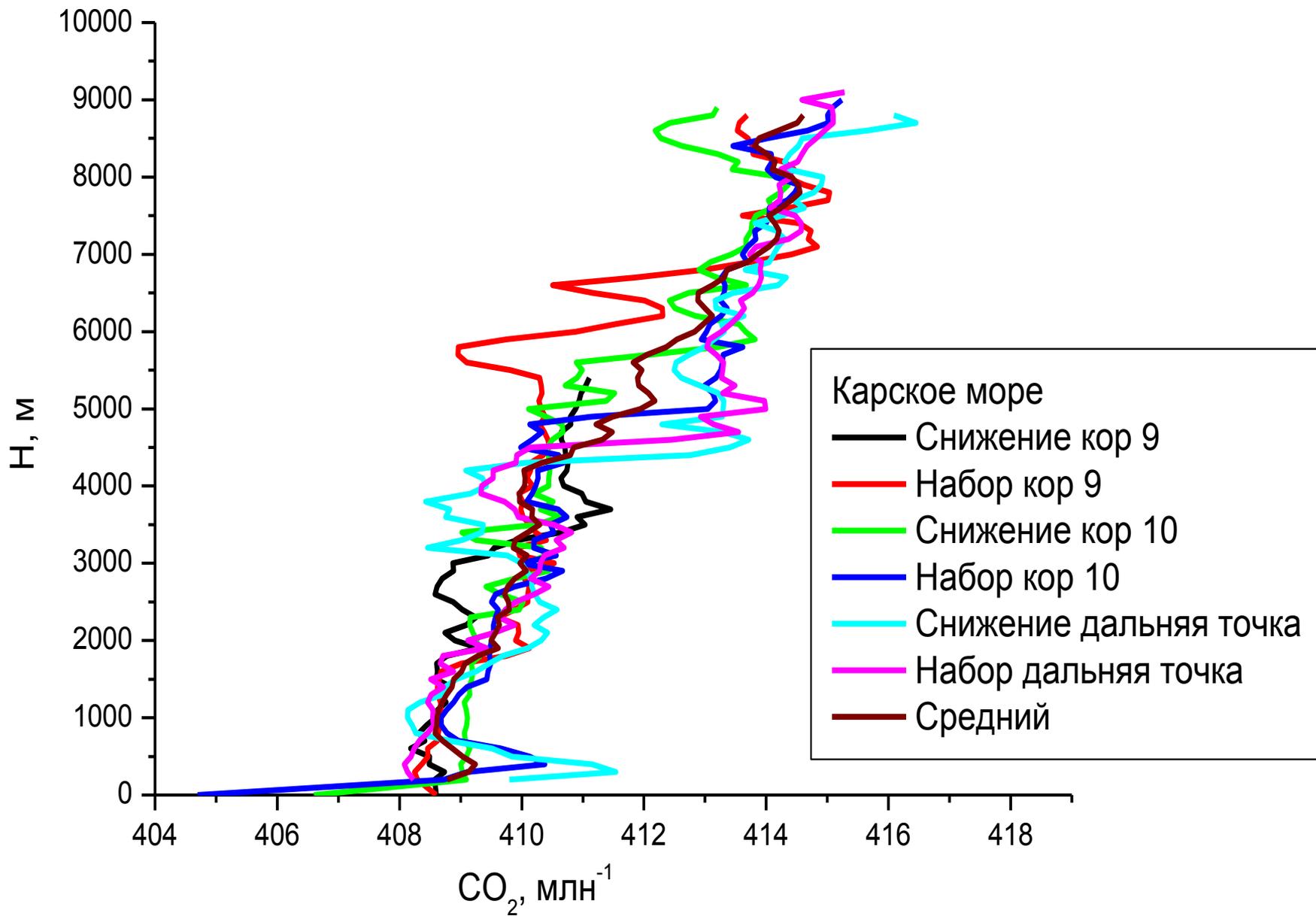


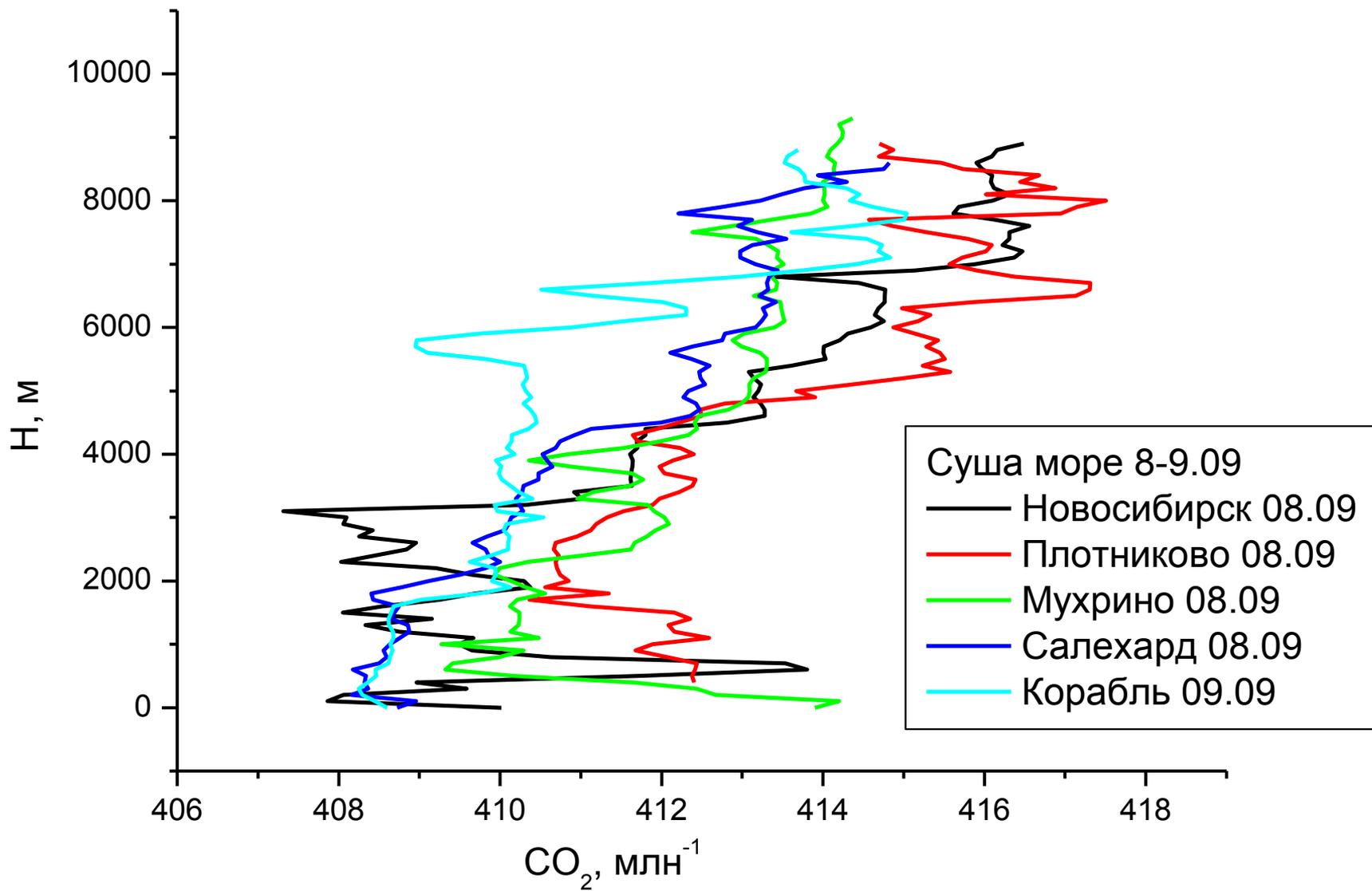


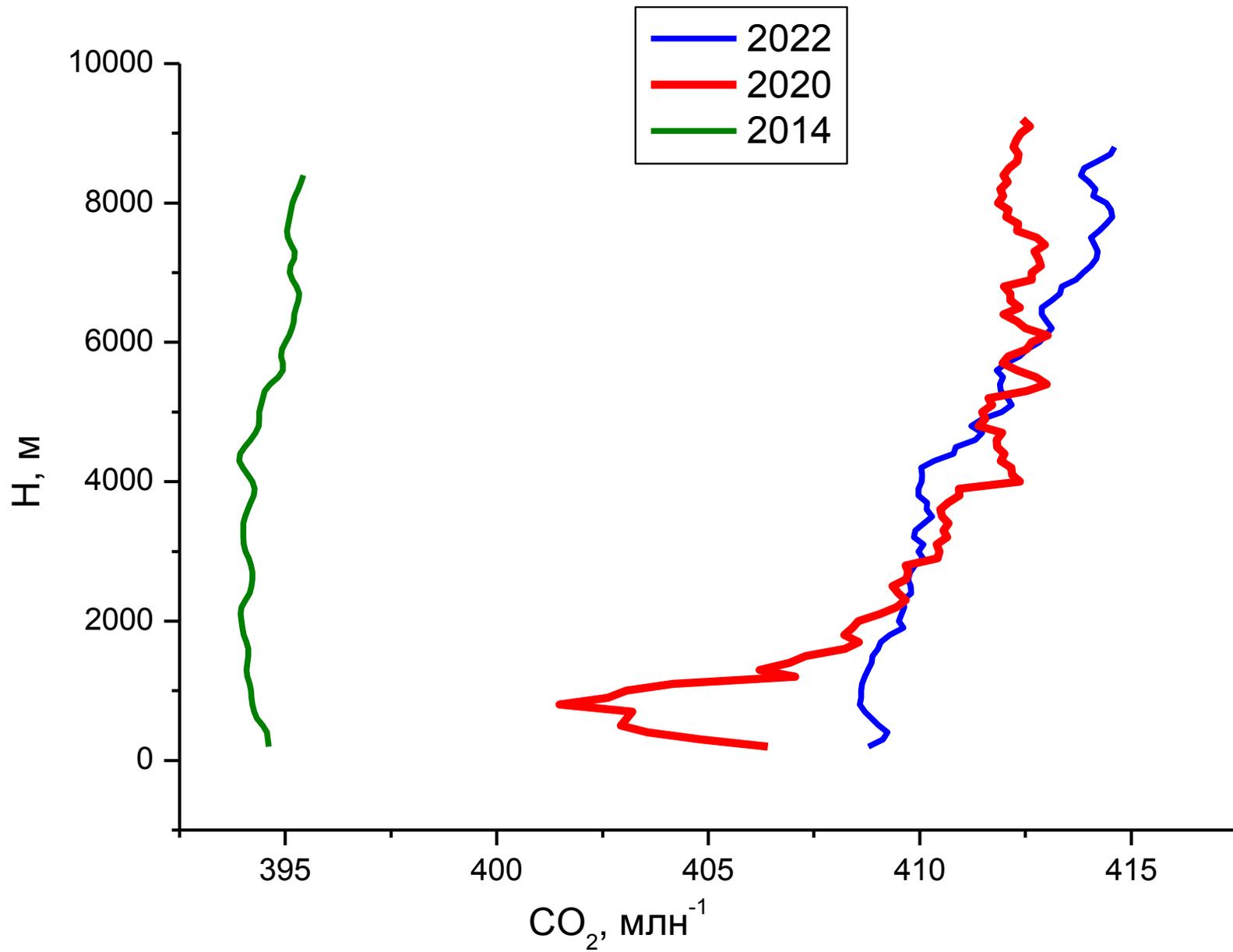


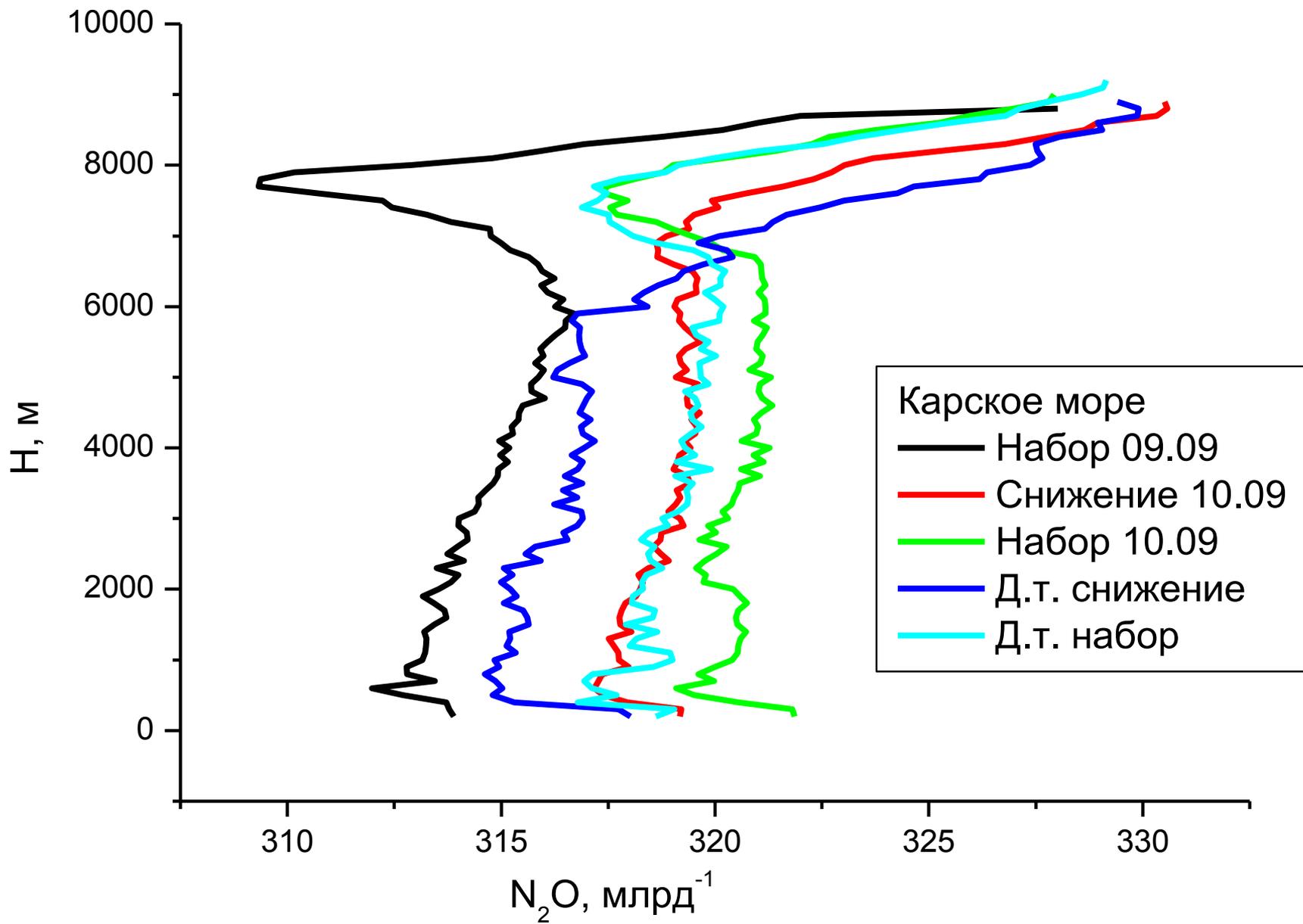
Peng S. et. al. Wetland emission and atmospheric sink changes explain methane growth in 2020 // Nature, 2022. v.612, 477-482

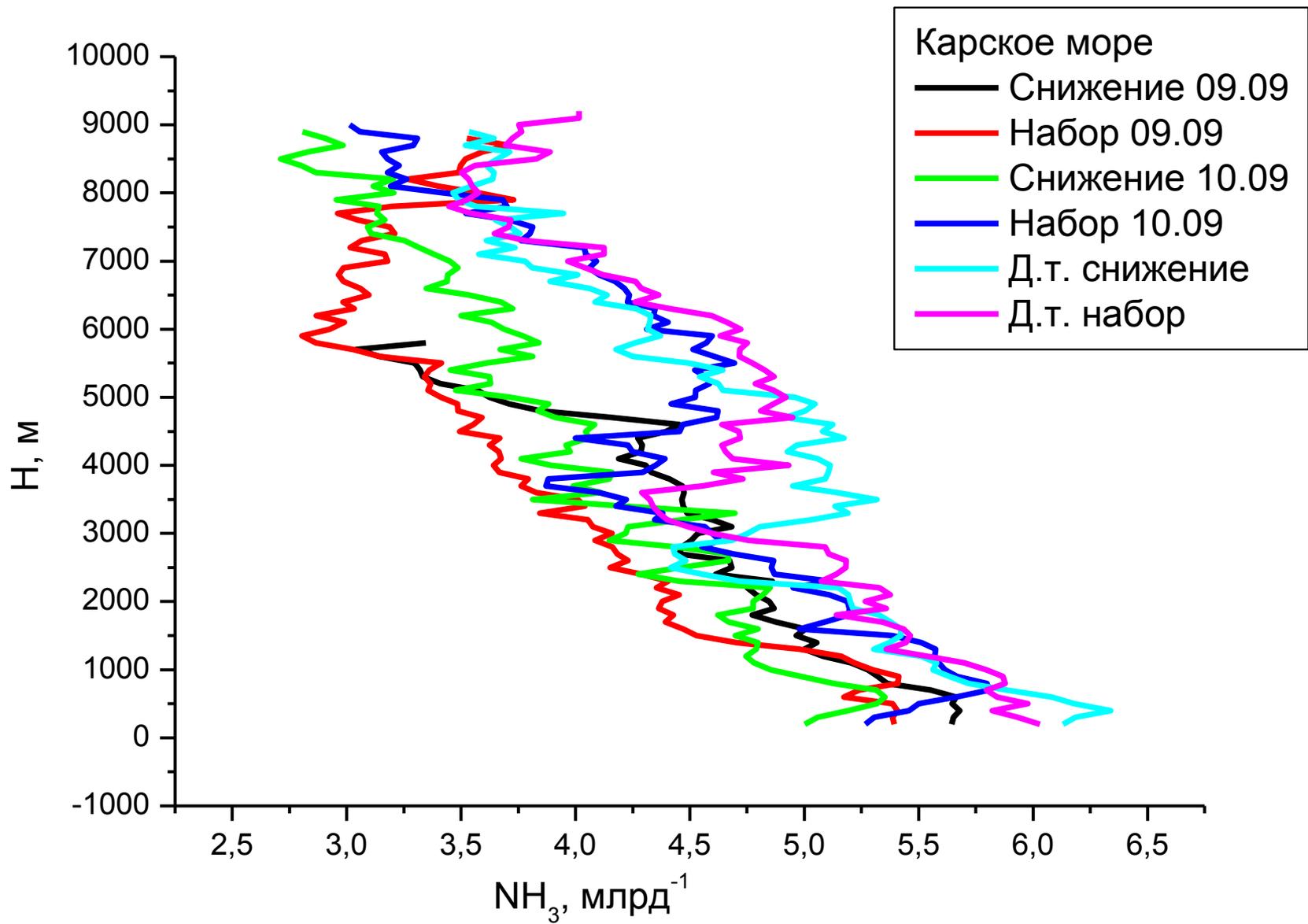


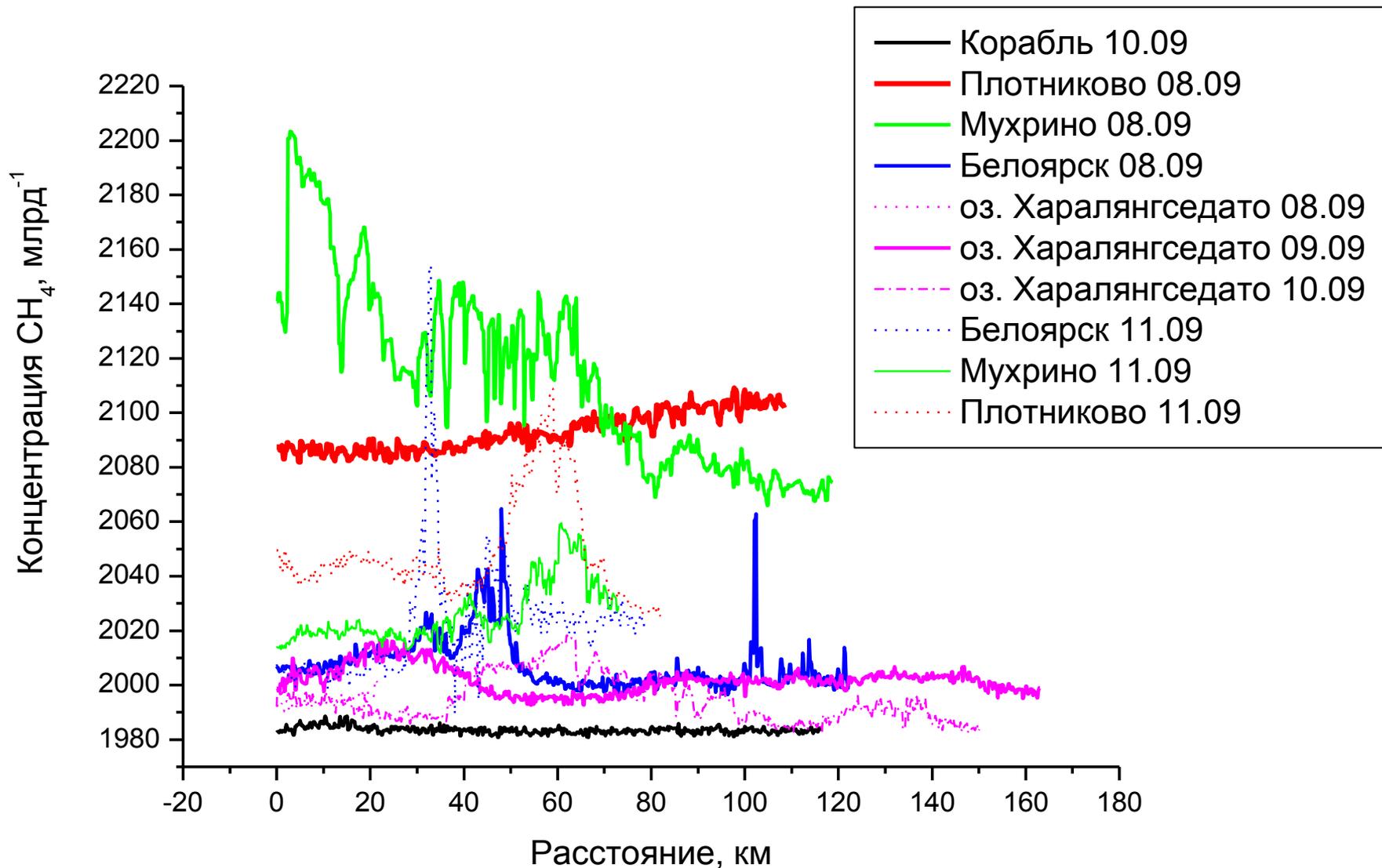








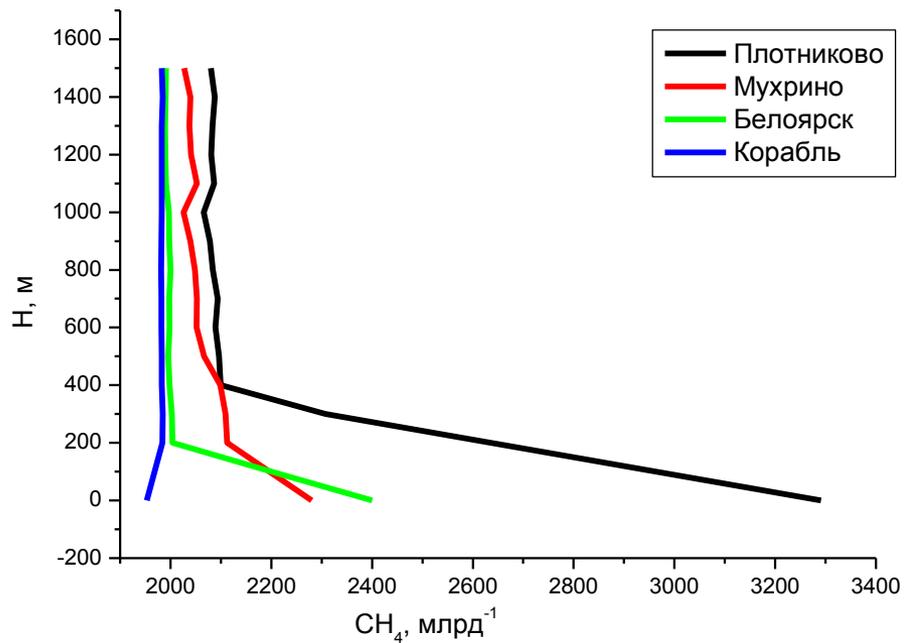
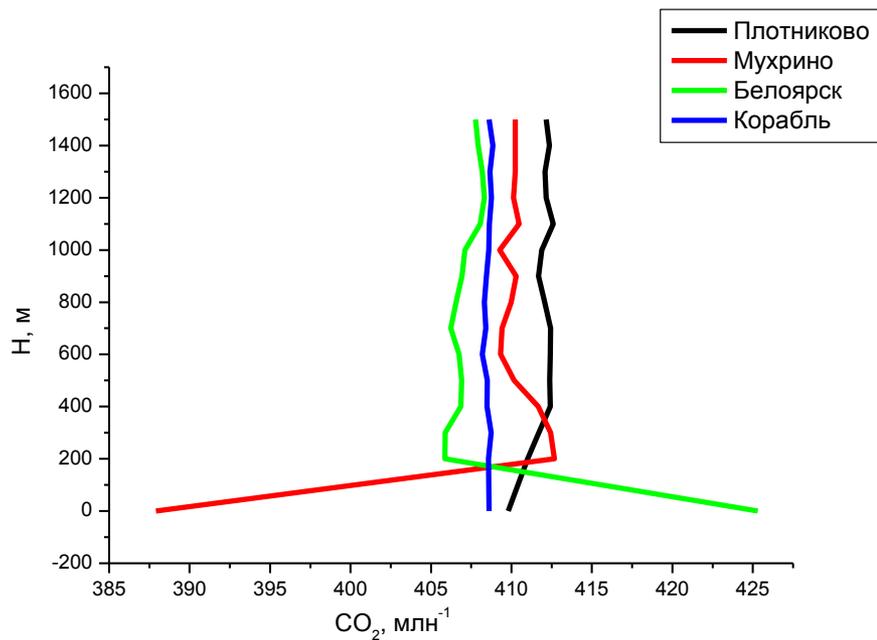




# План на 2023 год

- Продолжение измерений потоков CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O камерным методом в обсерватории «Фоновая».
- Продолжение измерения потоков CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> камерным методом на стационаре «Плотниково».
- Продолжение измерения изотопного состава углерода в CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в обсерватории «Фоновая».
- Завершение комплектования автомобиля-лаборатории для измерения концентрации парниковых газов на территории Западной Сибири.
- Отработка методики измерения потоков Eddy Covariance с борта Як-40
- Продолжение мониторинга концентрации парниковых газов на 6 башнях Российско-Японской сети.
- Оценка потоков CH<sub>4</sub> на территории Западной Сибири по данным башен.
- Продолжение многолетнего мониторинга вертикального распределения парниковых газов над Югом Западной Сибири.
- Проведение 4 кампаний по измерению мезомасштабного распределения парниковых газов на территории Западной Сибири

# Вопросы: интеркалибровка или аналитическое обеспечение



# Качество поверочных смесей

№	CO2		CH4	
	Паспорт	Стандарт ВМО	Паспорт	Стандарт ВМО
1	398±20	388,85±0,023	1930±200	1916,03±0,359
2	424±21	413,86±0,024	2140±210	2126,56±0,385
3	451±22	438,88±0,026	2310±220	2291,78±0,419
4	384±15	39,05±0,045	-	2618,90±0,364
5	438±18	44,11±0,041	-	2614,48±0,309

# Озера в тундре







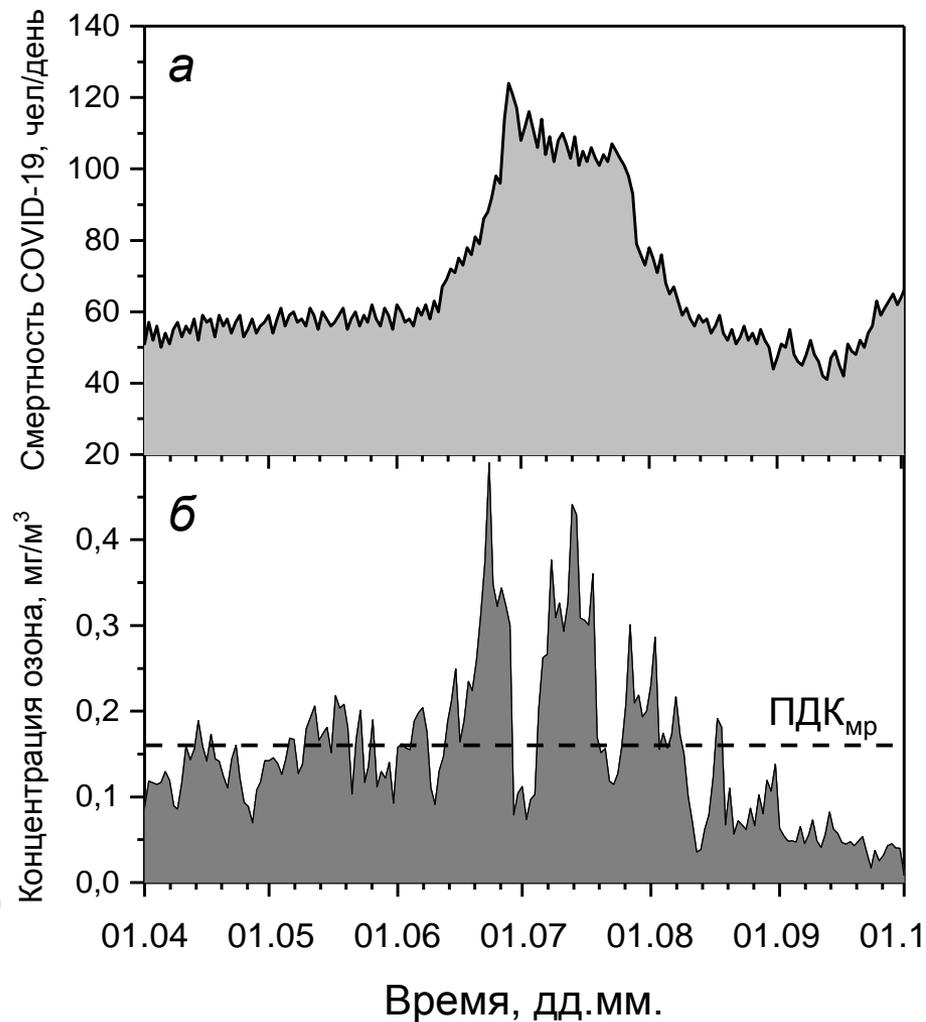
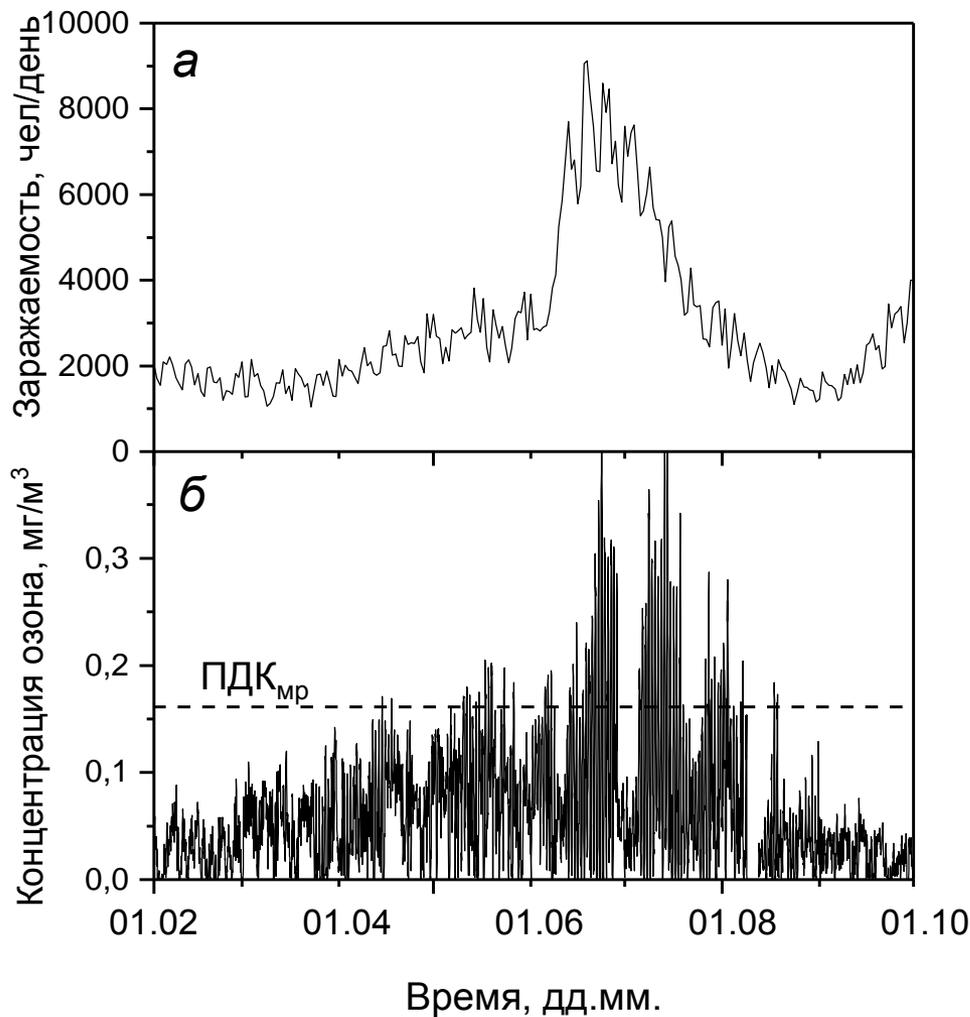
# Учет тропосферного озона

- Четвертый газ по вкладу в парниковый эффект
- Токсичный газ
- Угнетающее воздействие на растительность
- Окисляющее действие на объекты окружающей среды

# Радиационные эффекты озона в тропосфере

Условные оценки	Радиационный форсинг, Вт·м <sup>-2</sup>
Изменение озона с 1850 по 2000 гг.	0.25 ... 0.45
Расчеты для разных регионов	0.3 ... 1.1
Среднегодовой глобальный	0.54

Условия расчета	$\Delta T_0$ , К
Средний глобальный рост температуры с.п. ю.п.	0.4
	0.2
Средний глобальный рост температуры Рост весной в Арктике	0.3 0.4-0.5



Уменьшение урожайности (% относительно контрольной группы)  
некоторых культур в США, вызванное озоном

Концентрация O <sub>3</sub> , мкг/м <sup>3</sup>	Пшеница	Кукуруза	Соевые бобы	Шпинат	Репа
120	9-14	4	8-22	19-21	27-31
200	19-34	8	26-47	41-45	57-66

# Благодарю за внимание

