



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

РИТМ
УГЛЕРОДА

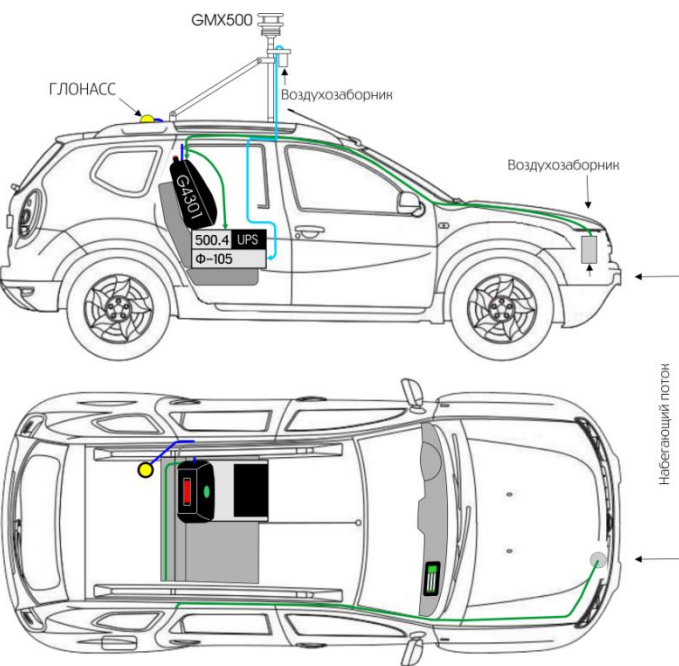
Развитие измерительных комплексов ИОА СО РАН и некоторые результаты мониторинга парниковых газов на территории Западной Сибири

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

**«УГЛЕРОД В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ: МОНИТОРИНГ. РЕАЛИЗАЦИЯ
ВИП ГЗ «ЕДИНАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА
КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ – 2023 Г.»**

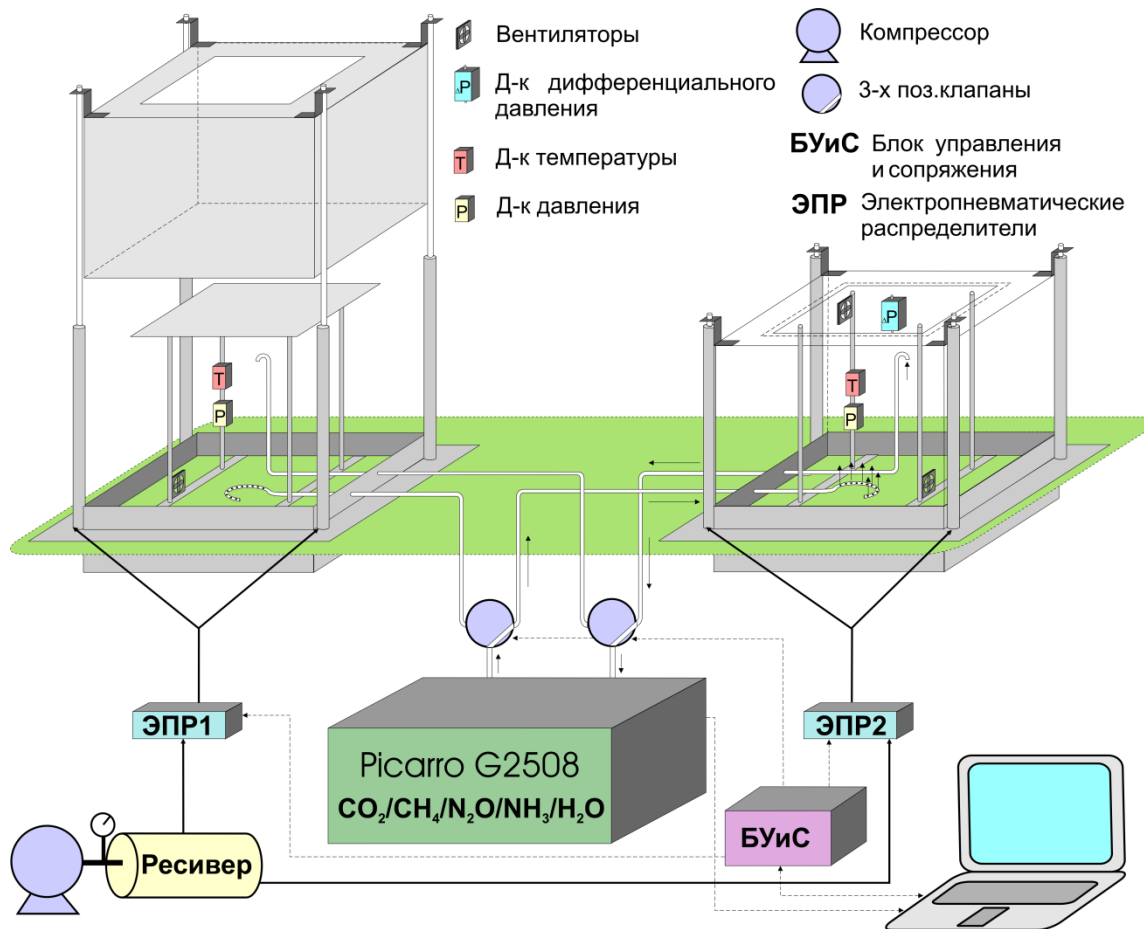
Москва, ИКИ РАН 13–15 февраля 2024 г.

Автомобиль лаборатория

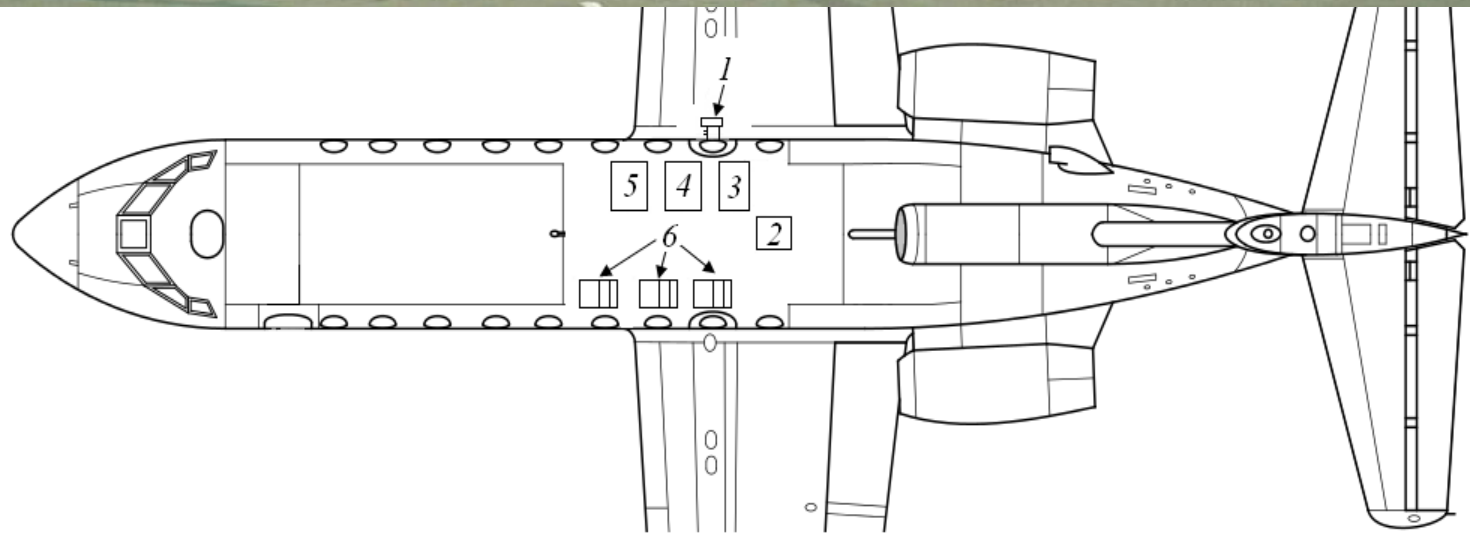


Блок	Прибор/датчик	Измеряемый параметр	Диапазон	Погрешность
Метеоблок	метеостанция Gill GMX500 со встроенным компасом и GPS	$t, ^\circ\text{C}$	-40...+70	$\pm 0,13 ^\circ\text{C}$
		$U, \%$	0...100	$\pm 2 \%$
		$dd, \text{град}$ $V, \text{м/с}$	0...360 0...60	$\pm 3^\circ$ $\pm 3 \%$
Блок газоанализа	Picarro G4301 ОПТЭК К-100 ОПТЭК Ф-105	$\text{CO}_2, \text{млн}^{-1}$	0...30000	$< 0,4 \text{млн}^{-1}$
		$\text{CH}_4, \text{млн}^{-1}$	0...20	$< 0,003 \text{млн}^{-1}$
		$\text{CO}, \text{мг/м}^3$	0...50	$\pm 20 \%$
		$\text{O}_3, \text{мкг/м}^3$	0...500	$\pm 20 \%$

Прозрачная камера без растительности



Самолет – лаборатории Як-40 для измерения



Технические характеристики измерительного комплекса

Наименование, тип и марка	Обозначение	Основные характеристики
Датчик температуры и влажности воздуха	НН-3602-С	-40 °С...+85 °С, погрешность ± 0.1 °С, постоянная времени 1 с 0...100 %, погрешность ± 2 %, постоянная времени 1 с
Датчик атмосферного давления	MPX4115AP	150...1150 гПа, погрешность $\pm 1,5$, постоянная времени 1 с
Интегрированная инерциальная навигационная система со встроенным приемником GPS/ГЛОНАС	КомпаНав-5.2 ИОА	Угловая скорость 300°/с, Линейное ускорение $\pm 10g$, Скорость до 300 м/с, Тангаж $\pm 90^\circ$, Крен $\pm 180^\circ$, Курс 0...360°, Высота 20000 м. Горизонтальные координаты 6 м, Путевая скорость 0,1 м/с, Вертикальная скорость 0,15 м/с,
Газоанализатор CO ₂ /CH ₄ /H ₂ O	Picarro G2301-m	CO ₂ – 0...1000 млн ⁻¹ , < 0,2 млн ⁻¹ , постоянная времени 1 с CH ₄ – 0...20 млн ⁻¹ , < 0,0015 млн ⁻¹ , постоянная времени 1 с H ₂ O – 0...70000 млн ⁻¹ , < 150 млн ⁻¹ , постоянная времени 1 с

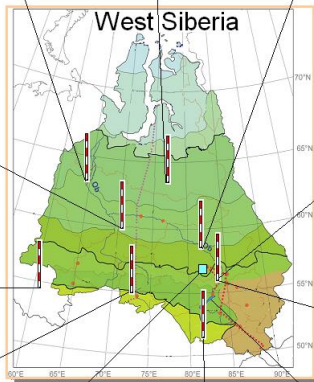
Российско-Японская сеть высотных мачт для измерения потоков парниковых газов



- Arctic tundra
- Typical and southern tundra
- Forest tundra
- Northern taiga
- Middle taiga
- Southern taiga
- Subtaiga
- Forest steppe
- Steppe
- Altai Mountains



Demyanskoe



Berezorechka



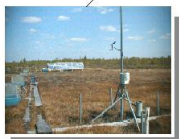
Vaganovo



An-2



Azovo



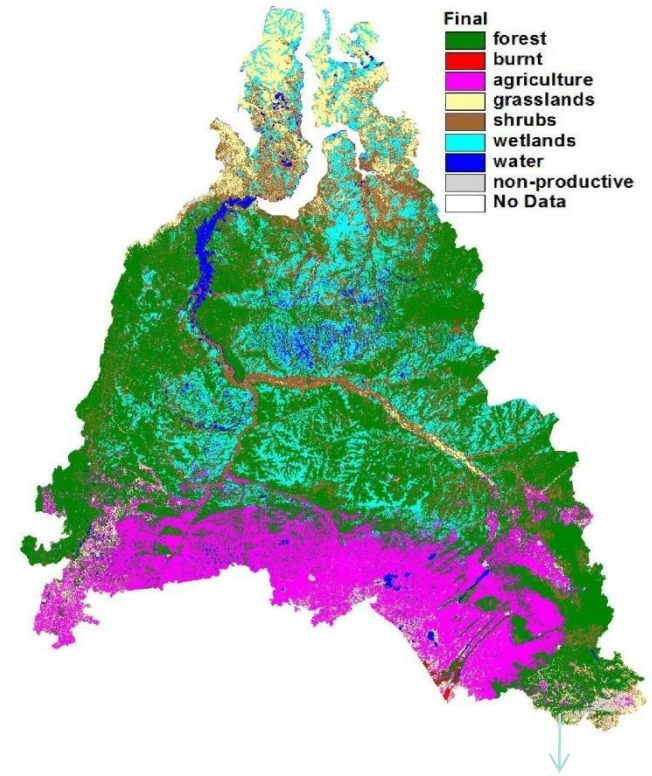
Vasyugan Swamp



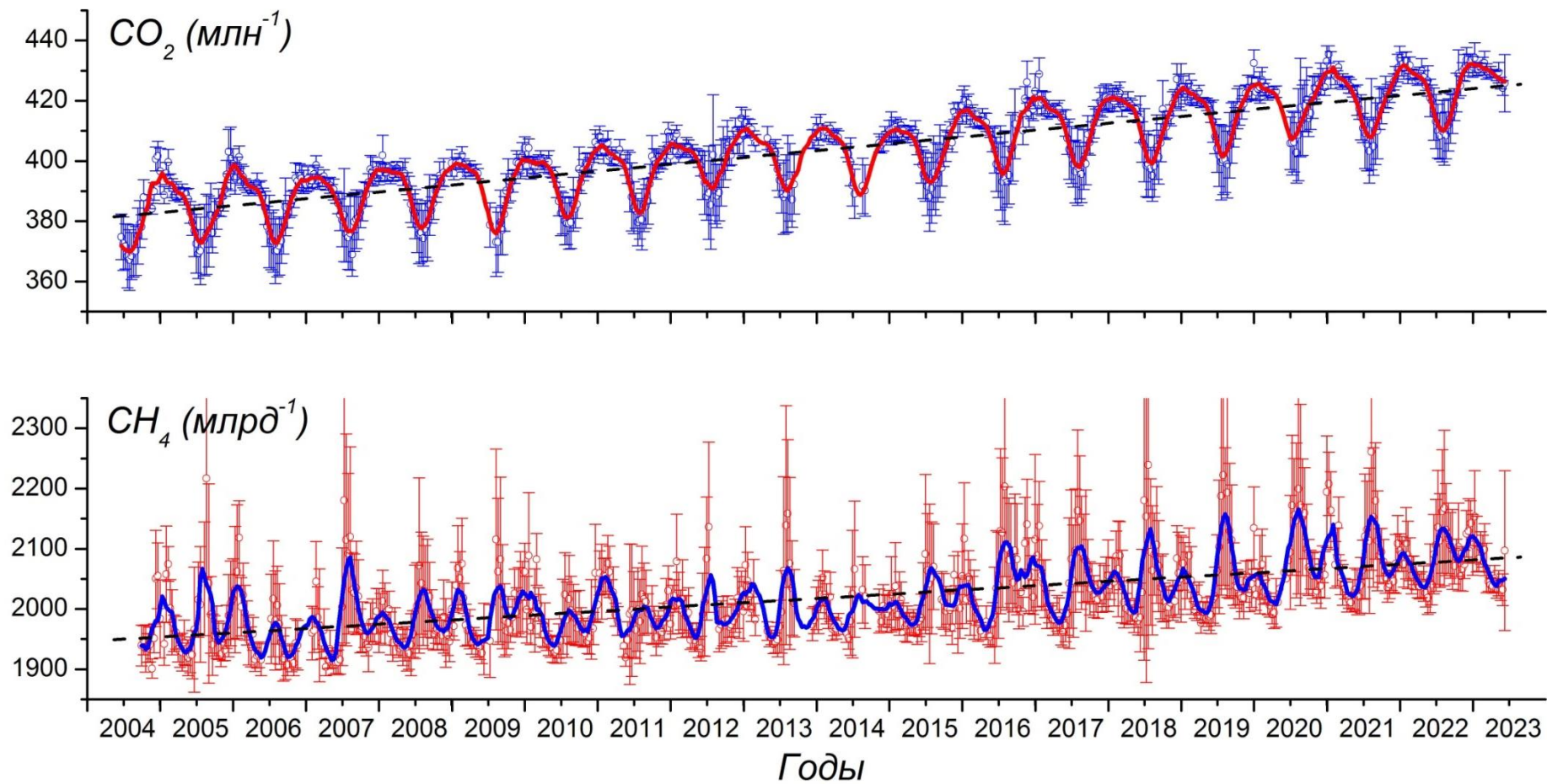
Savushka



Tu-134 "Optik"



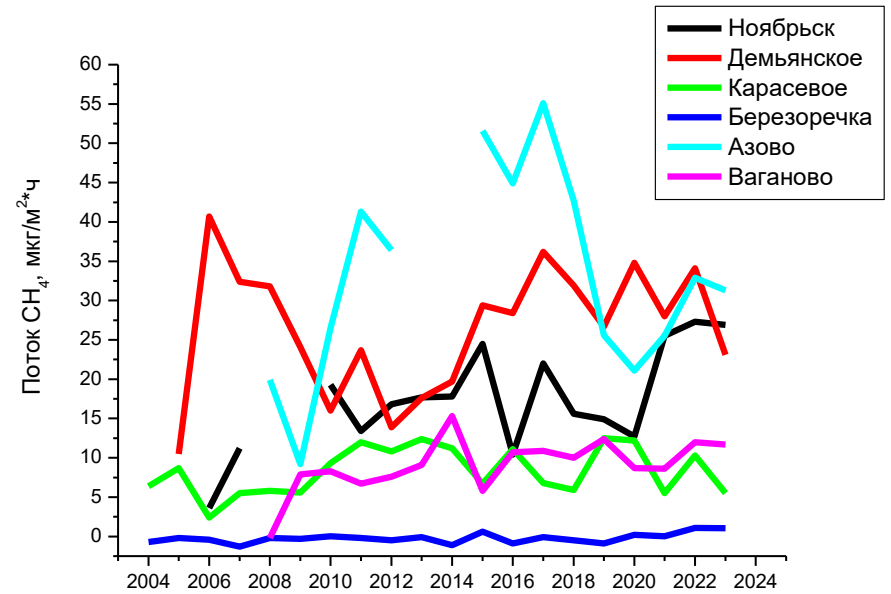
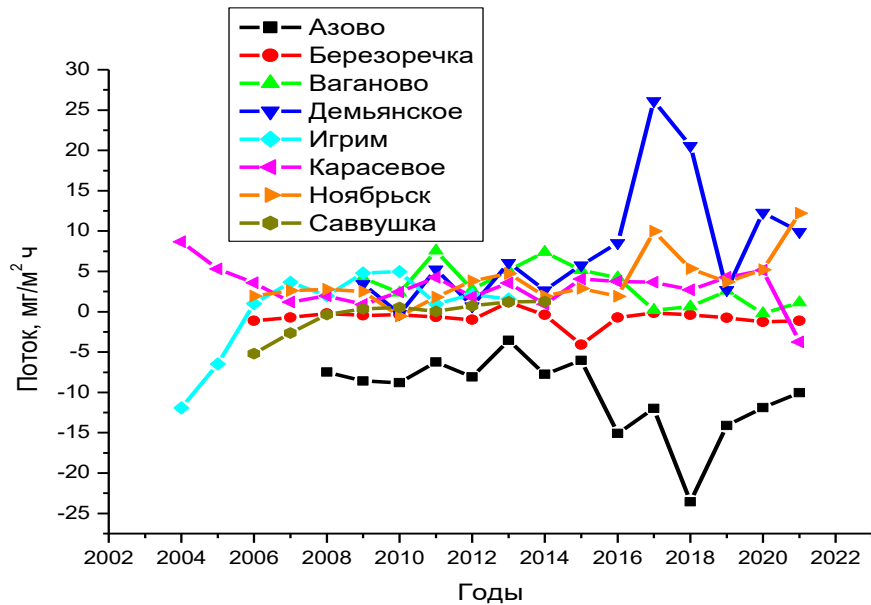
Среднедекадные концентрации углекислого газа и метана на станции Карасево



Тренды концентрации углекислого газа и метана на территории Западной Сибири

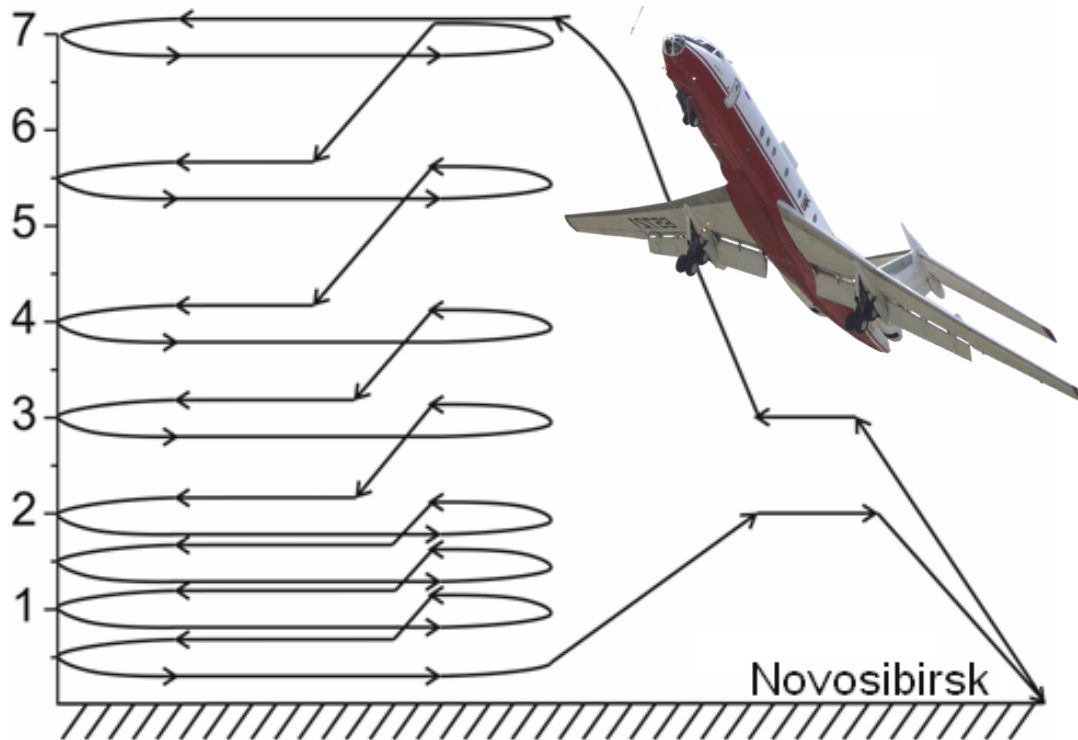
Пункт	CO ₂ , млн ⁻¹ /год	CH ₄ , млрд ⁻¹ /год
Мауна Лоа*	2,29	7,6
Барроу*	2,29	7,8
Берёзоречка	2,26	9,0
Карасевое	2,31	7,2
Ноябрьск	2,30	6,6
Демьянское	2,37	8,5
Азово	2,40	8,1
Ваганово	2,45	10,7
Фоновая	2,41	11,9

Потоки CO₂ и CH₄ на территории Западной Сибири

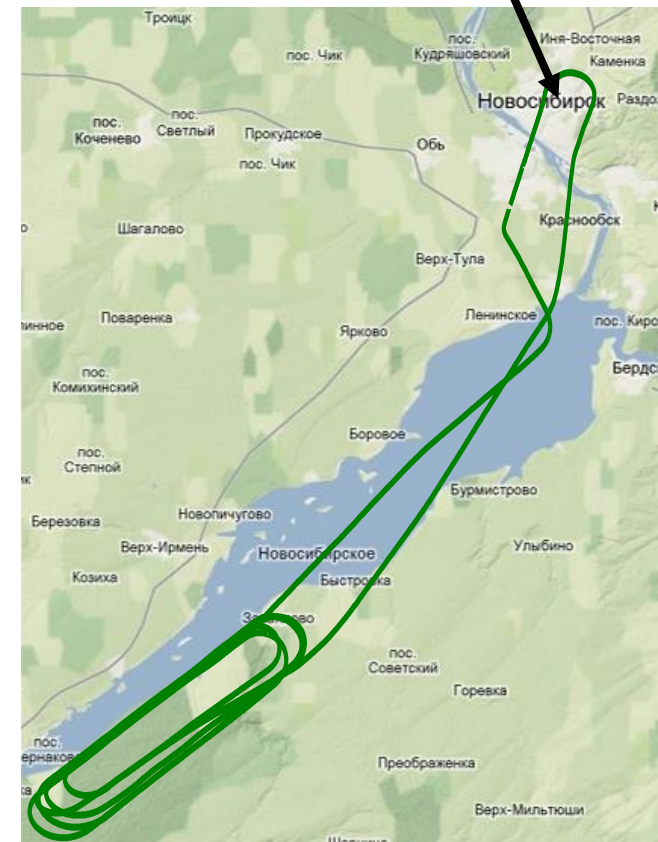


Мониторинг вертикального распределения парниковых газов

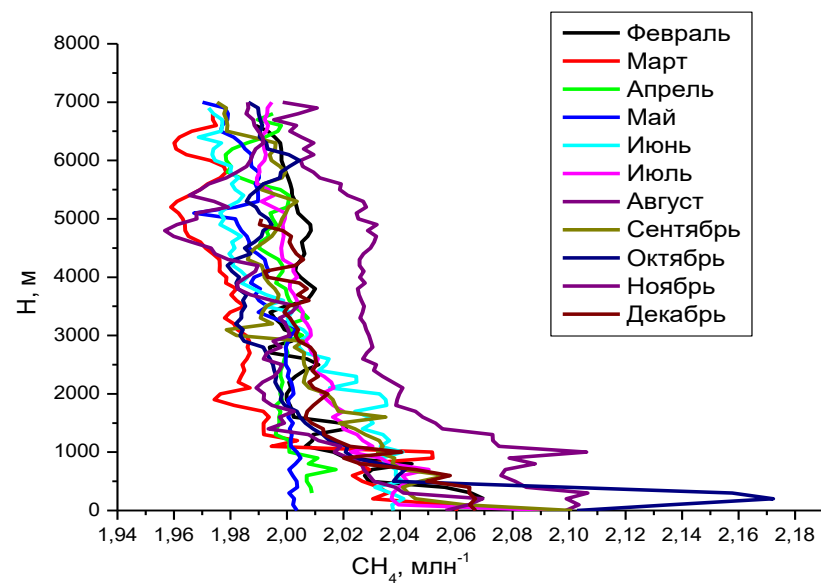
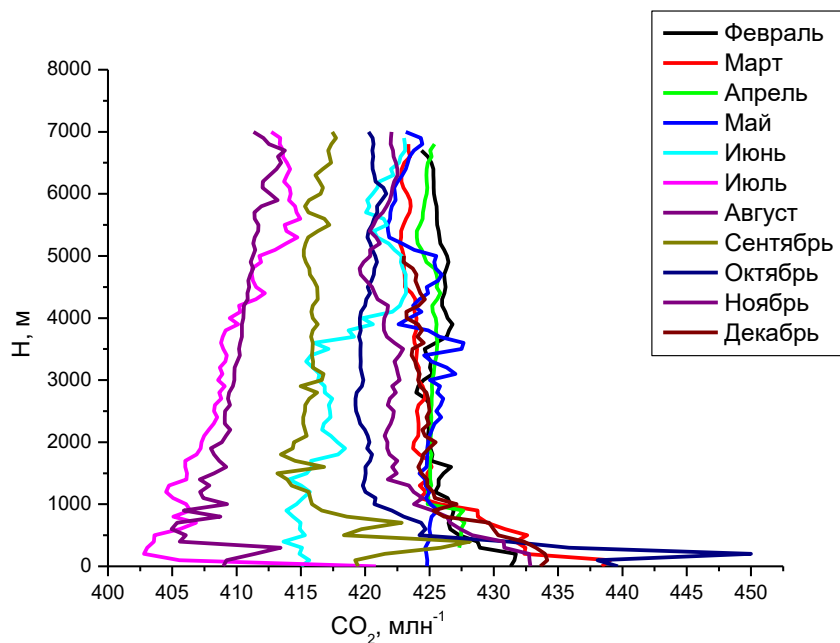
Flight pattern



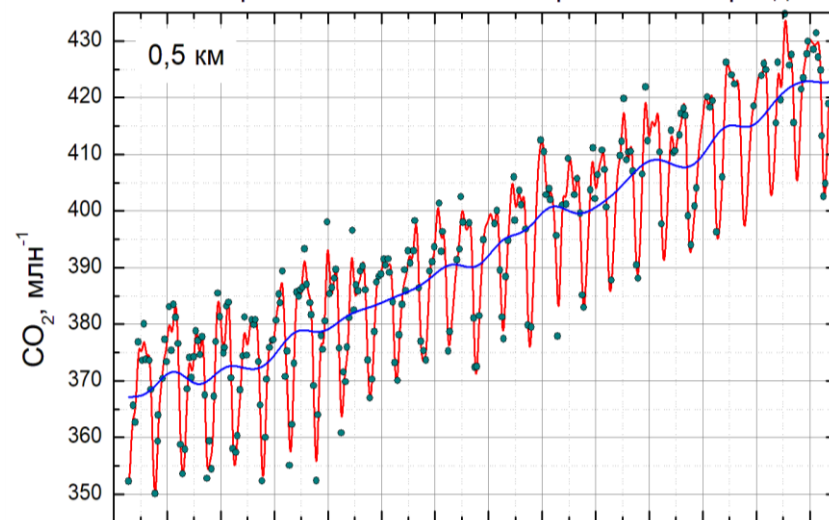
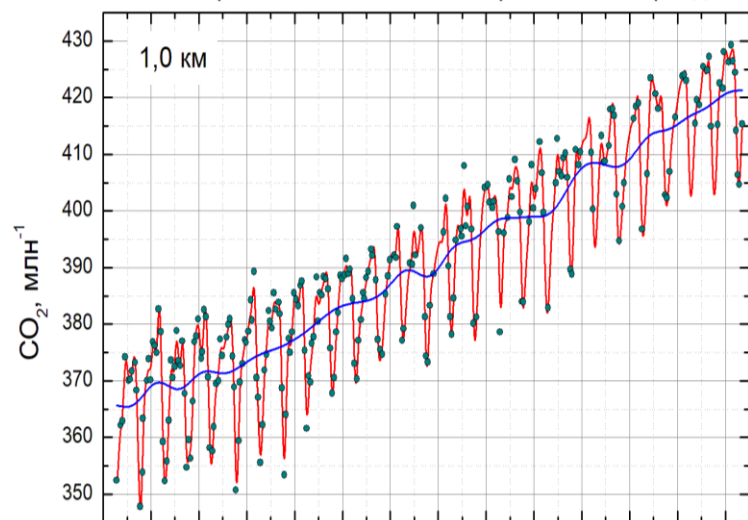
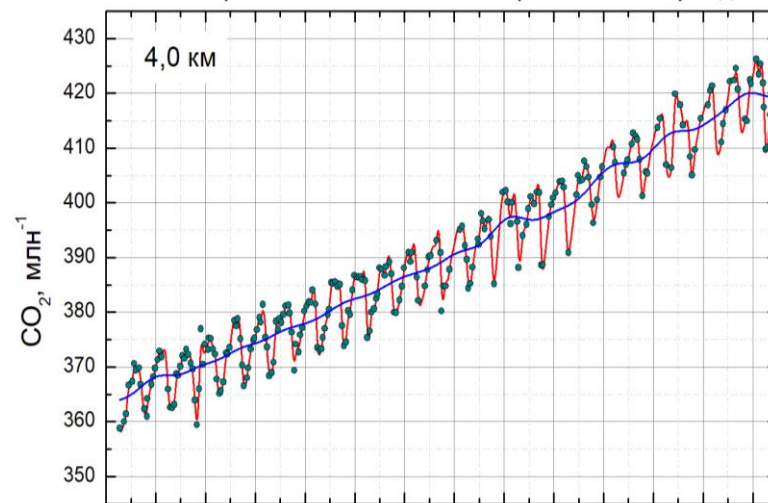
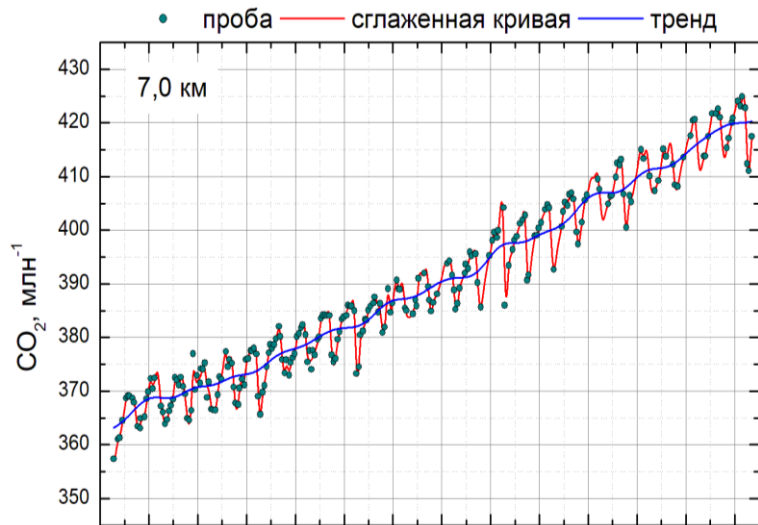
Novosibirsk



Вертикальное распределение



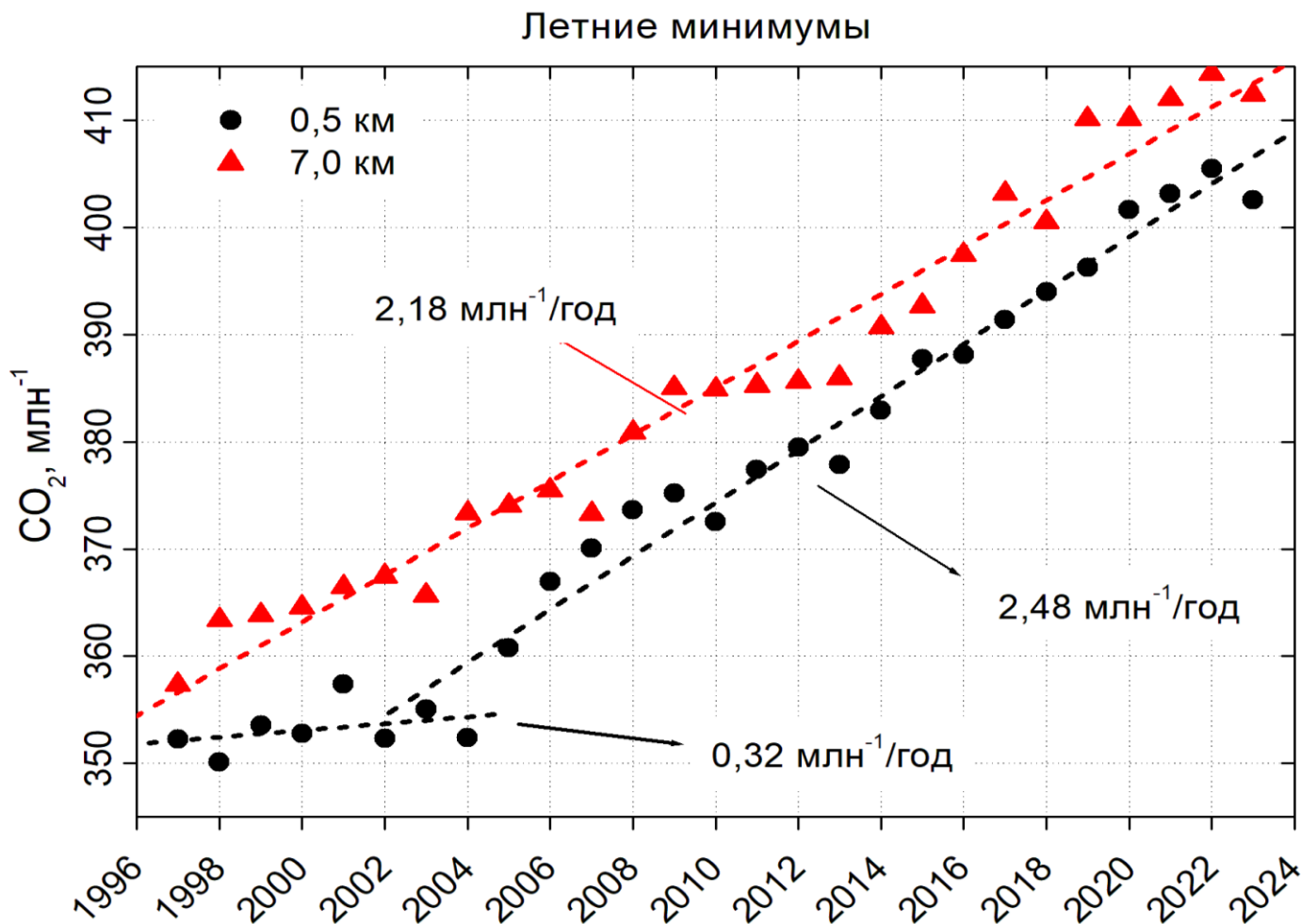
Многолетний ход концентрации CO_2 на разных высотах в тропосфере над юго-западной частью Западной Сибири



1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017 2019 2021 2023

1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017 2019 2021 2023

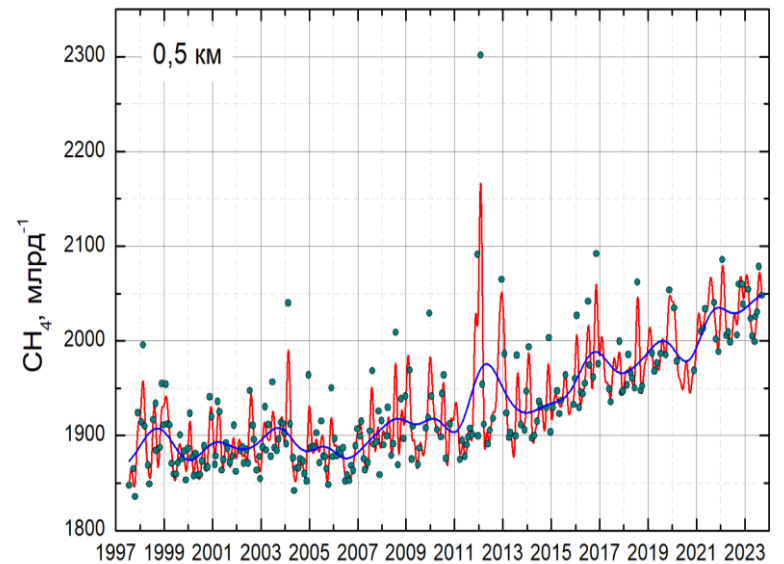
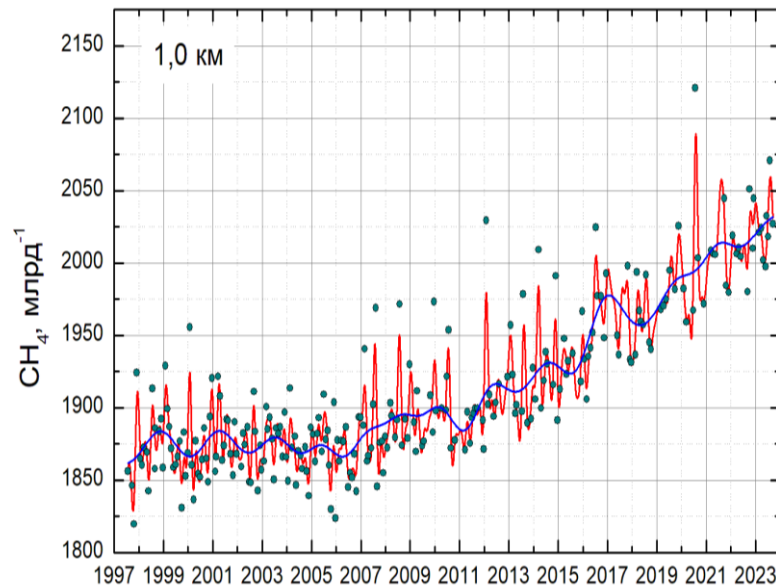
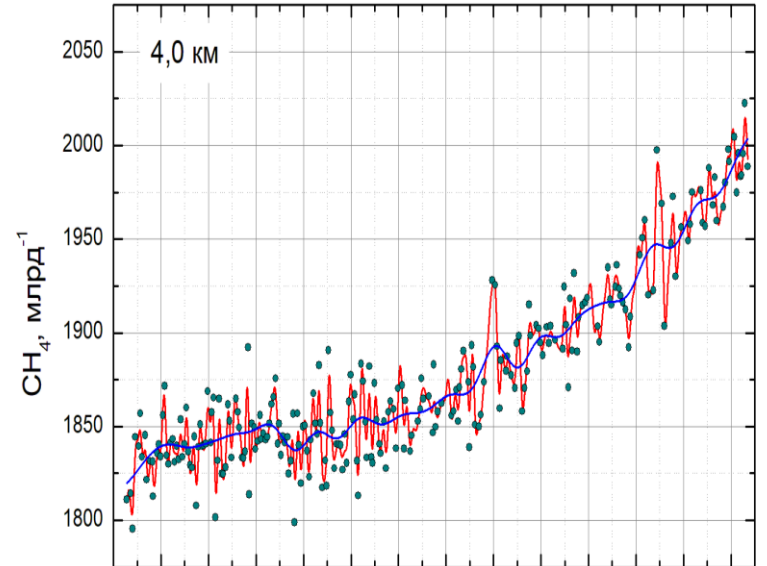
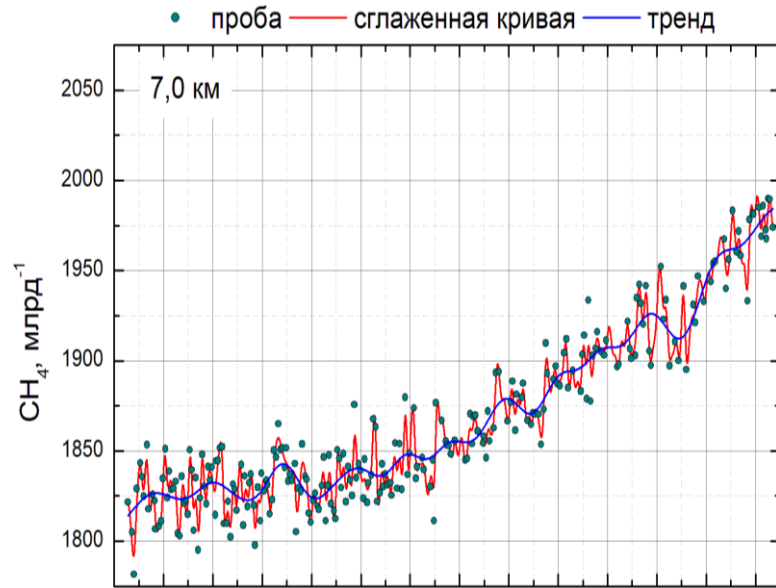
Многолетний ход летних минимумов концентрации углекислого газа над юго-западной частью Западной Сибири



Средние значения скорости роста (GR) и линейные тренды увеличения концентрации CO_2 в тропосфере над юго-западной частью Западной Сибири за период 1997-2023 гг.

Высота	GR , млн ⁻¹ /год	Тренд, млн ⁻¹ /год
7,0 км	2,18	2,19
5,5 км	2,17	2,19
4,0 км	2,12	2,18
3,0 км	2,18	2,17
2,0 км	2,12	2,20
1,5 км	2,11	2,18
1,0 км	2,13	2,22
0,5 км	2,13	2,22
В среднем 0-7 км	2,14	2,19

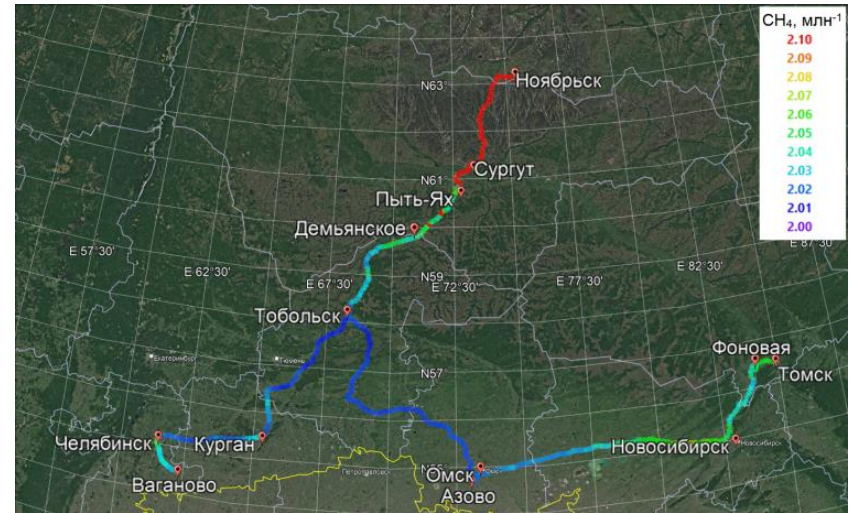
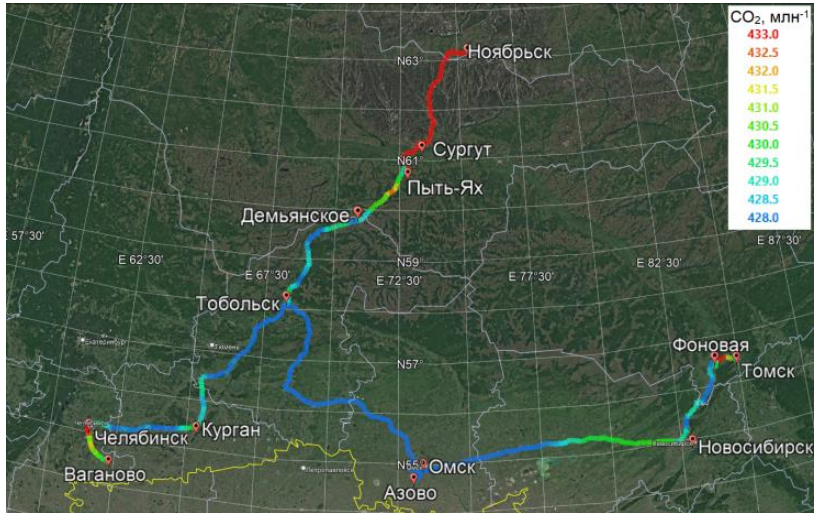
Метан



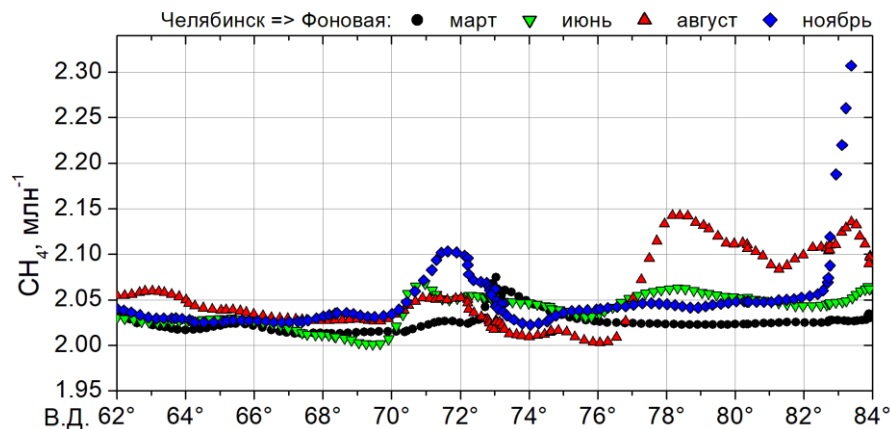
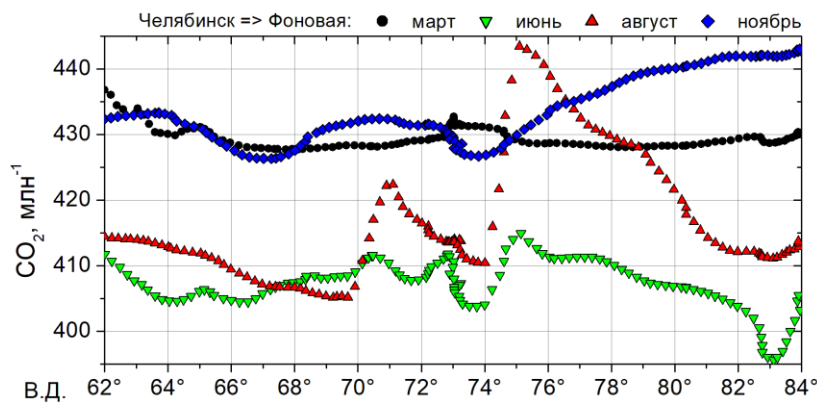
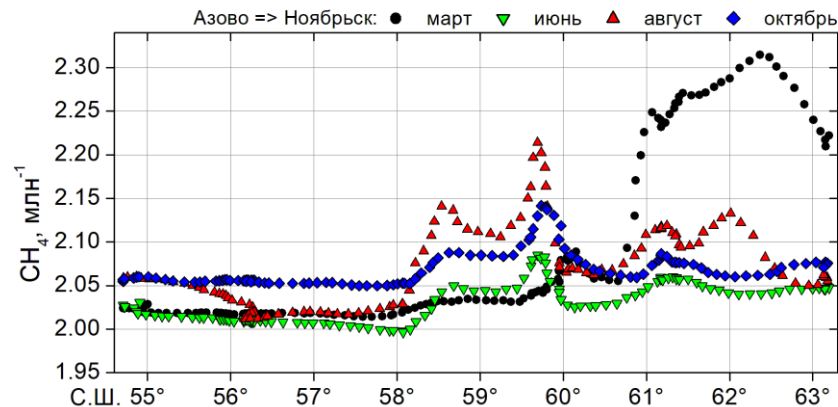
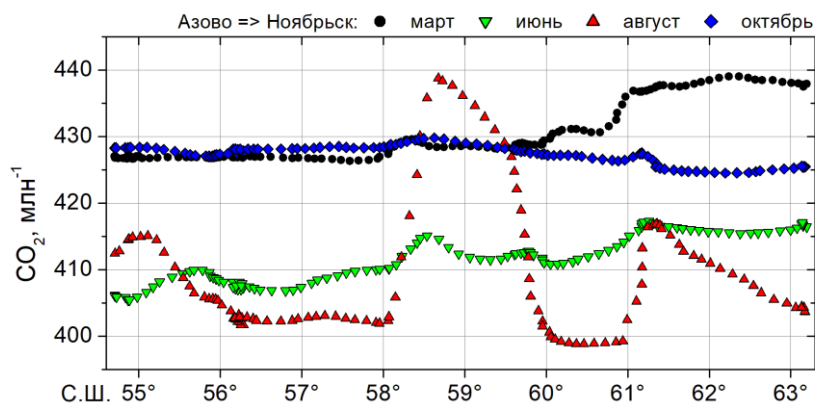
Линейные тренды увеличения концентрации CH_4 и средние значения GR в тропосфере над юго-западной частью Западной Сибири за период 1997-2023 гг.

Высота	Тренд, млрд ⁻¹ /год (1997-2006)	Тренд, млрд ⁻¹ /год (2007-2023)	GR , млрд ⁻¹ /год (1997-2023)
7,0 км	+1,4	+8,6	+8,5
5,5 км	+0,8	+9,5	+8,7
4,0 км	+1,5	+9,2	+8,7
3,0 км	+1,2	+9,5	+8,6
2,0 км	+0,4	+9,4	+9,2
1,5 км	+0,1	+8,8	+8,9
1,0 км	-0,4	+9,2	+9,3
0,5 км	-0,7	+10,0	+8,3
В среднем	+0,5	+9,3	+8,8

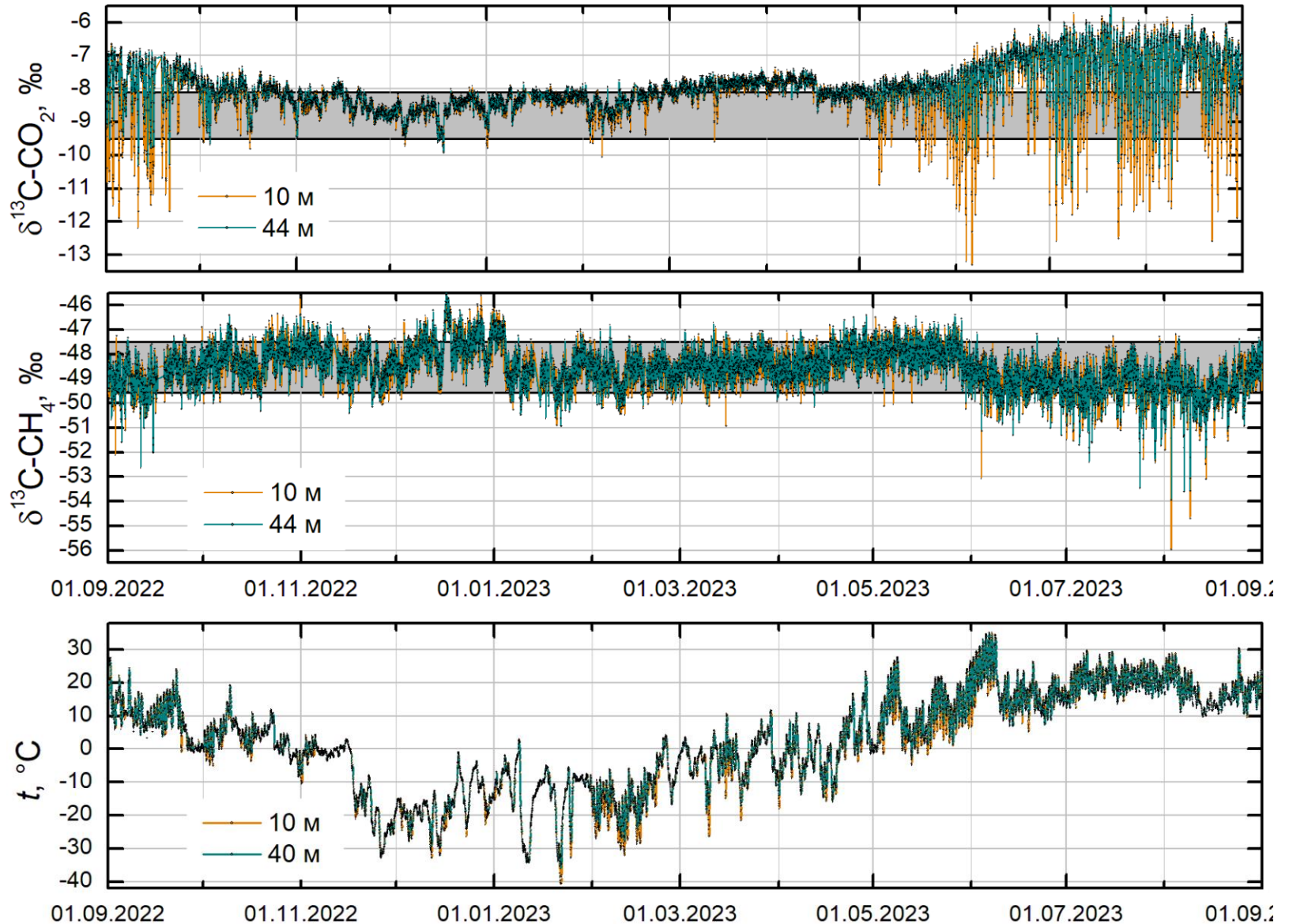
Исследование мезомасштабных неоднородностей в распределении парниковых газов



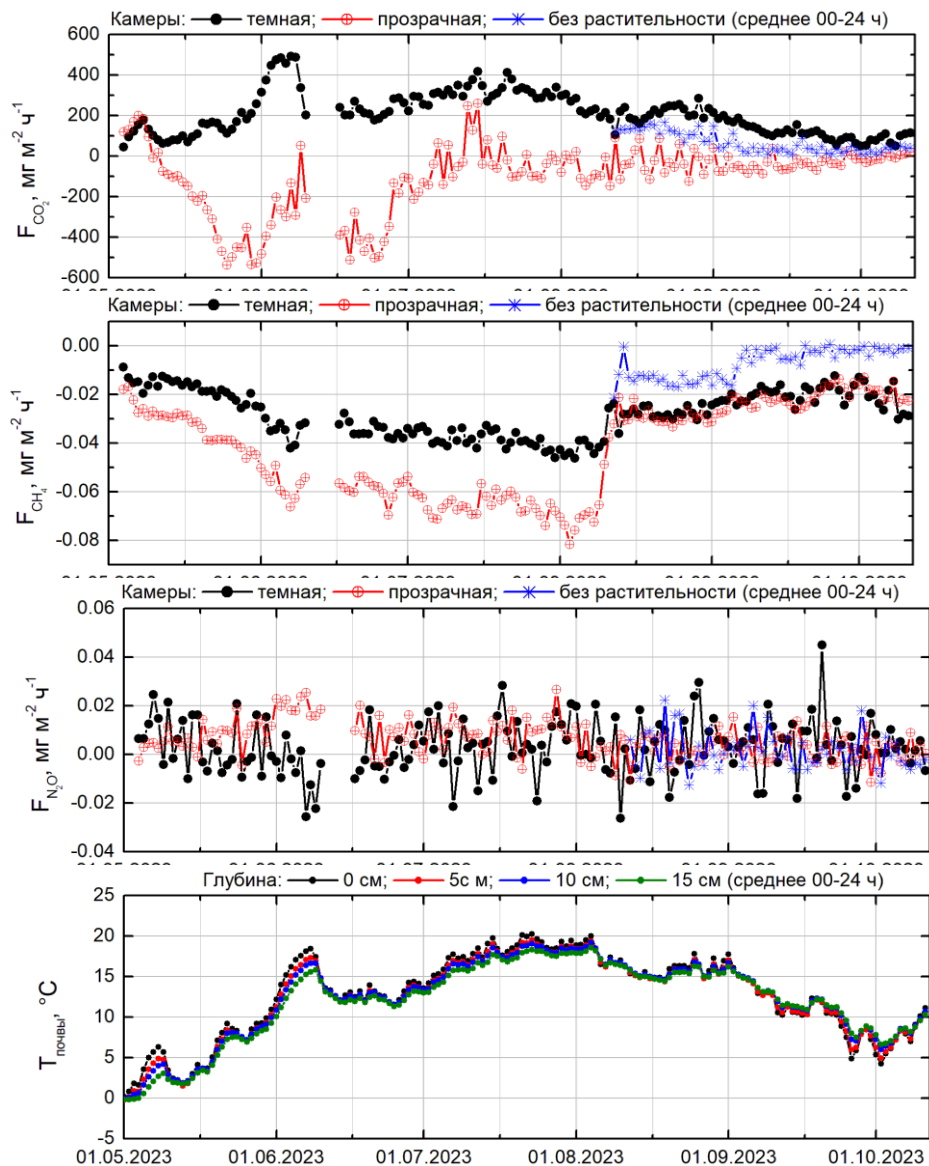
Широтные и долготные трансекты фоновых концентраций CO_2 и CH_4 , полученные после обработки данных всех проведенных в 2023 году мобильных кампаний



Готовой ход $\delta^{13}\text{C}-\text{CO}_2$, $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ и температуры воздуха (t) на территории обсерватории «Фоновая»



Среднесуточные значения удельных потоков CO_2 , CH_4 , N_2O (а–в) и температуры почвы (г) в обсерватории «Фоновая».



Среднесуточные значения составляющих углеродного обмена
 GPP - NEE - ER и их сезонный ход по результатам измерений (май
 - сентябрь 2023гб - стационар «Плотниково» - болотный комплекс
 «Е» (PLO1); в - болотный комплекс «О» (PLO2).

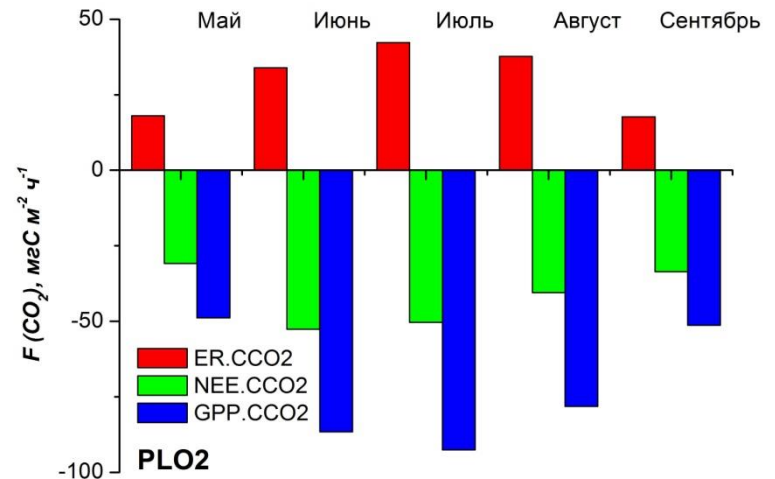
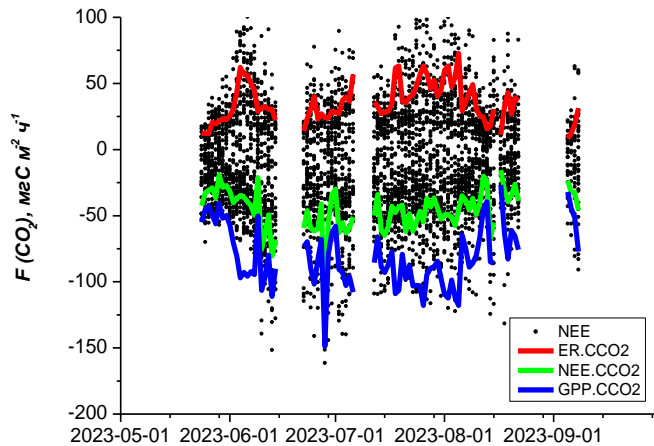
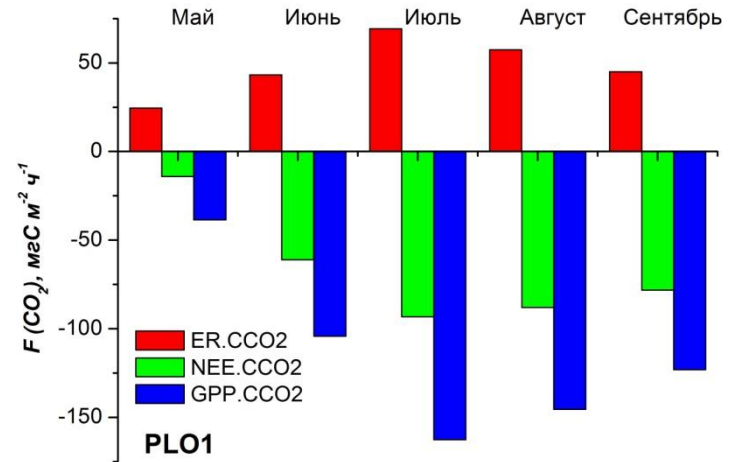
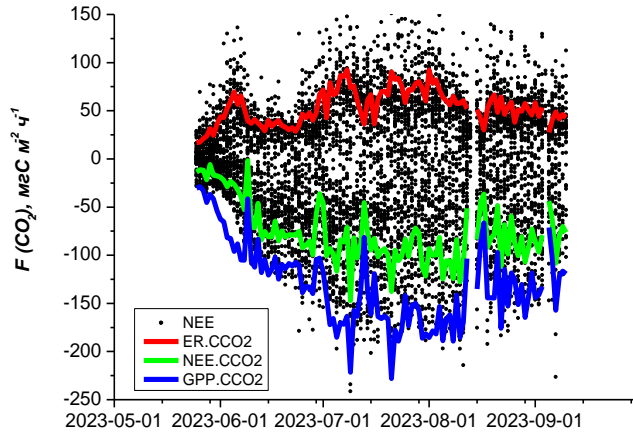
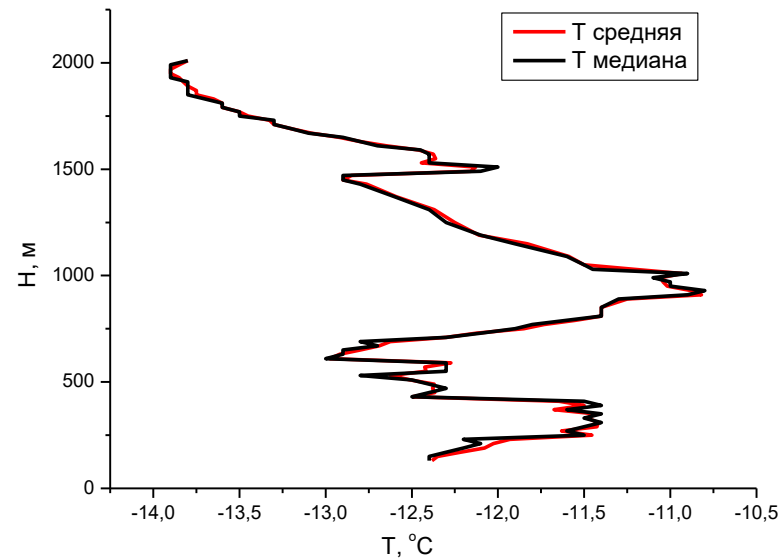
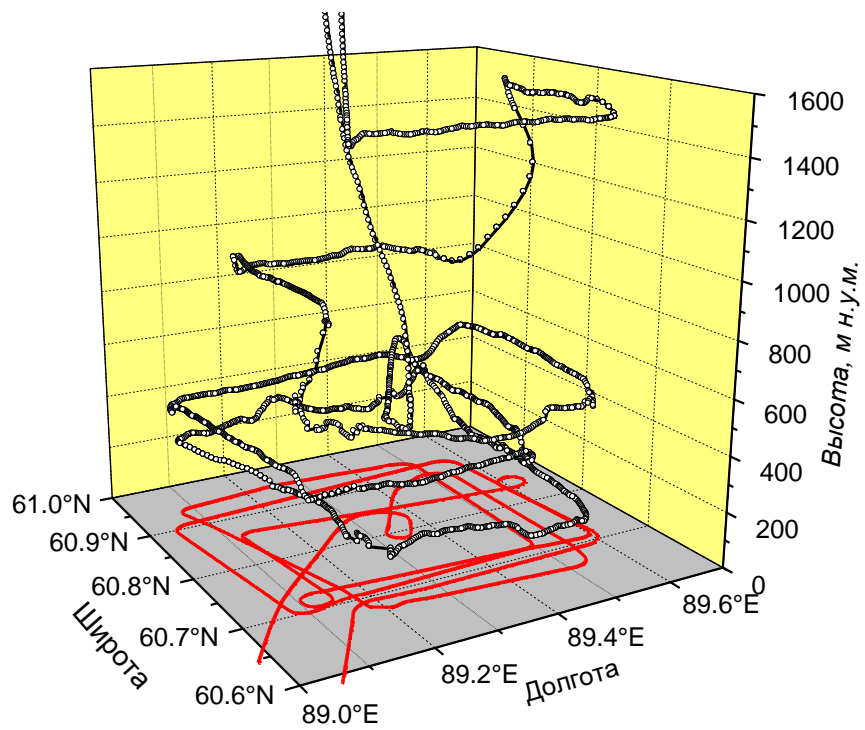
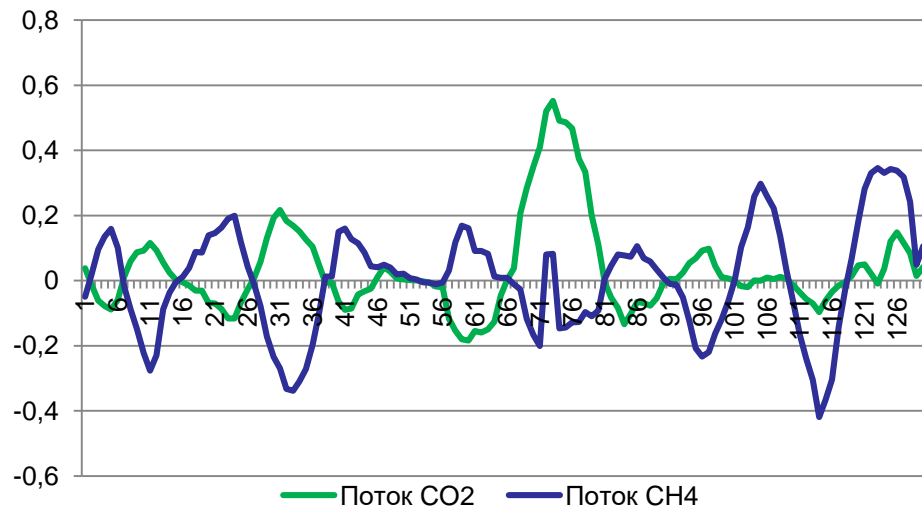
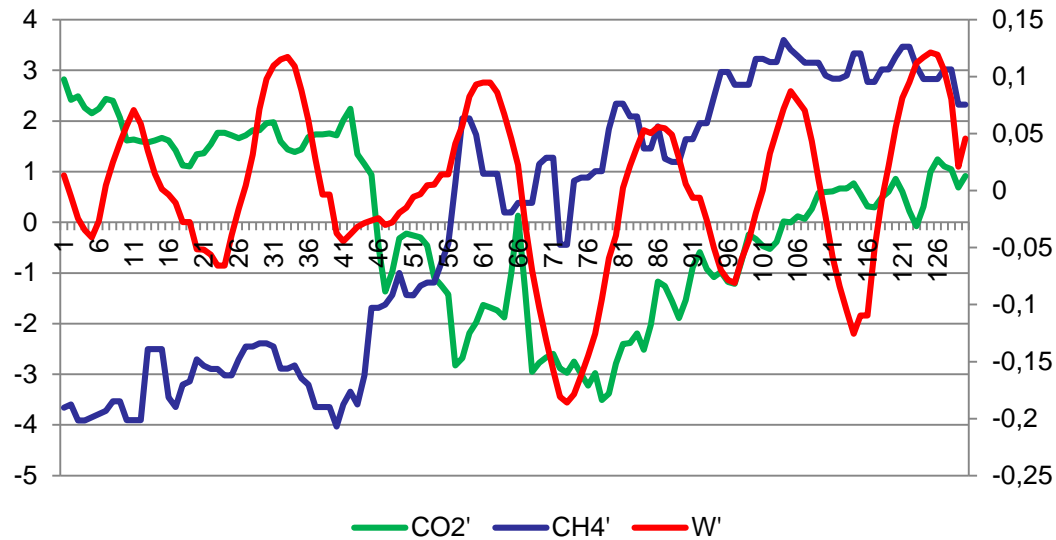


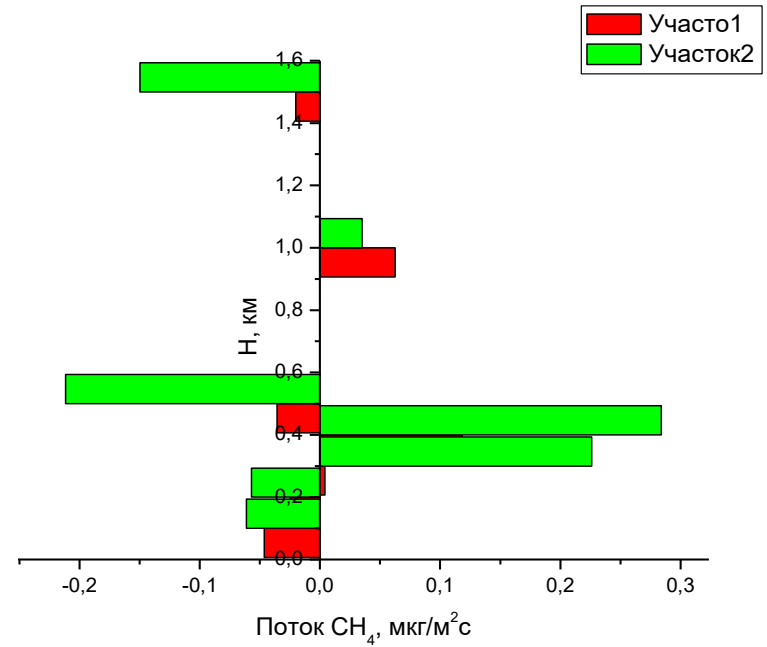
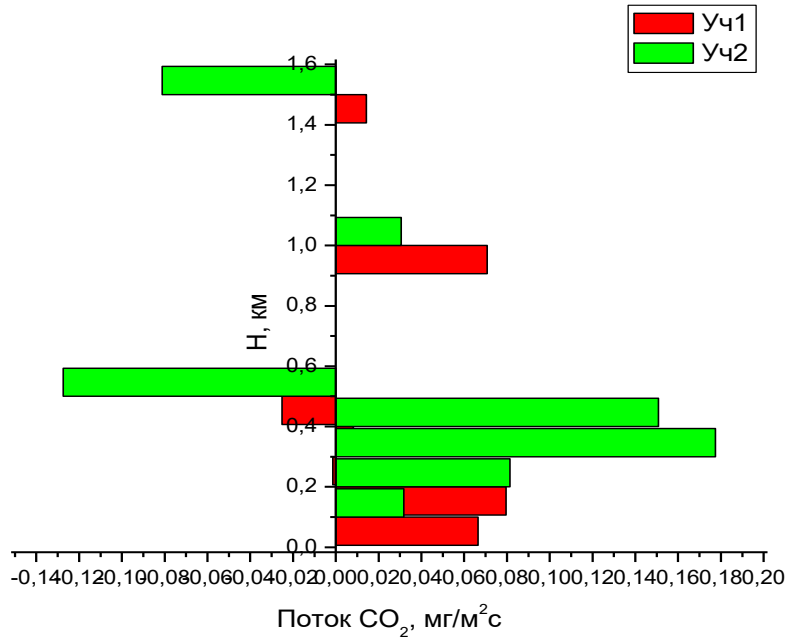
Схема эксперимента



Составляющие потоков



Вертикальное распределение потоков



План на 2023 год

- Продолжение измерений потоков CO₂, CH₄ и N₂O камерным методом в обсерватории «Фоновая».
- Продолжение измерения потоков CO₂ и CH₄ камерным методом на стационаре «Плотниково».
- Продолжение измерения изотопного состава углерода в CO₂ и CH₄ в обсерватории «Фоновая».
- Отработка методики измерения потоков Eddy Covariance с борта Як-40
- Продолжение мониторинга концентрации парниковых газов на 6 башнях Российско-Японской сети.
- Оценка потоков CH₄ 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
- Организация и проведение измерений потоков парниковых газов с водной поверхности реки Обь

Благодарю за внимание

