

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды



ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ
им. А. И. ВОЕЙКОВА

Год основания 1849

XXIII Международный форум «Экология
большого города». 28 марта 2024 г.



Мониторинг климатически активных газов в городах. Запуск пилотного эксперимента по оценке эмиссии CO₂ и CH₄ с территории Санкт-Петербурга

Ивахов В. М.¹, Парамонова Н.Н.¹, Привалов В.И.¹, Зинченко А.В.¹, Макарова М.В.^{1,2}

¹ Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова, Росгидромет

² Санкт-Петербургский государственный университет

 viktor.ivakhov@voeikovmgo.ru

Мониторинг климатически активных (парниковых) газов в городах. Современное состояние. Актуальность.

ГЛАВНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ
им. А.И.ВОЕЙКОВА



На города приходится около 70% антропогенных выбросов ПГ. Во многих городах в соответствующих климатических документах заявлена задача по снижению выбросов ПГ. Оценкой выбросов ПГ на основе данных натуральных наблюдений за атмосферной концентрацией ПГ и сопутствующих параметров окружающей среды занимаются многие научные коллективы во всем мире.

Для СПб попытки оценить эмиссию ПГ с территории СПб проводились несколько раз начиная с середины 90-х годов прошлого века. Принципиальное отличие настоящего эксперимента основано на длительном сроке наблюдений и его схеме, по которой наблюдения за CO₂ организованы впервые.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) отмечает (GAW WMO 2022), что, для того чтобы:

- Идентифицировать неучтенные ранее источники/стоки парниковых газов;
- Выявить новые возможности для снижения выбросов ПГ;
- Уточнить коэффициенты эмиссии ПГ;
- Получить независимую оценку эмиссии ПГ;
- Повысить достоверность оценок территориального и национального кадастров выбросов ПГ

может потребоваться проведение комплексных наблюдений за парниковыми газами, использование моделей атмосферного переноса и системы ассимиляции данных. При этом не существует единого унифицированного метода для оценки выбросов с помощью данных натуральных измерений.

Можно выделить три основных метода, используемых при исследованиях городских эмиссий ПГ:

Метод баланса масс;

Метод вихревых ковариаций;

Высокоплотный мониторинг на основе малобюджетных устройств.

Пилотный эксперимент в структуре ВИП ГЗ



ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2022 № 3240-р

Консорциум «Суша: Мониторинг и адаптация»

Города: Система интегрированного городского климатического обслуживания (СИГОКО)

Пилотный эксперимент (ПЭ) по оценке эмиссии климатически активных газов (КАГ - CO₂ и CH₄) с территории Санкт-Петербурга

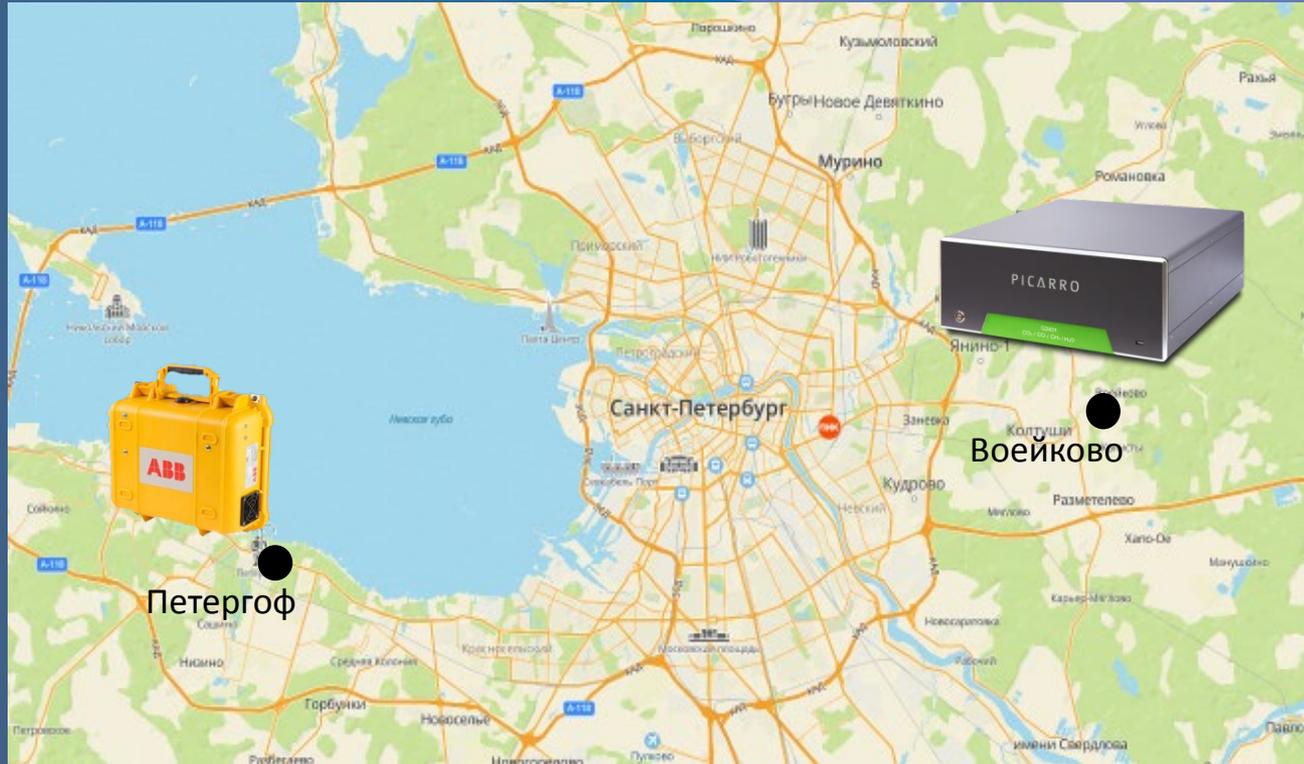
Цель ПЭ – разработать систему мониторинга КАГ в городах и интегрировать её в СИГОКО. Мониторинг КАГ необходим для контроля суммарных выбросов и динамики КАГ с городских территорий.

Подготовка и запуск пилотного эксперимента в 2023 г.



Этап	Результат
1 квартал	Разработана схема пилотного эксперимента по мониторингу КАГ в режиме близком к реальному времени на примере г. Санкт-Петербург в рамках СИГОКО. Определены приборная база, пункты наблюдений и сопутствующие метеорологические наблюдения для запуска пилотного эксперимента. Сформулированы требования к метрологическому обеспечению наблюдений КАГ.
2 квартал	Подготовлены газоаналитические установки и рабочие градуировочные газовые смеси (РГГС). Запущены непрерывные наблюдения КАГ в тестовом режиме в рамках СИГОКО.
3 квартал	Разработана схема контроля качества измерений КАГ с помощью РГГС. Продолжены измерения КАГ.
4 квартал	Определены форматы и частота передачи первичных данных мониторинга КАГ в рамках СИГОКО. Продолжены измерения КАГ.
Итог за 2023 г.	Запущен пилотный эксперимент по мониторингу климатически активных газов в Санкт-Петербурге в рамках СИГОКО ВИП ГЗ.

Расположение станций мониторинга КАГ в рамках пилотного эксперимента



Место	Газоанализатор	Неопределённость	
		CO ₂	CH ₄
Воейково	G-2401, Picarro	<0,05 ppm	<1 ppb
Петергоф	GLA131-GGA, ABB	0,35 ppm	0,9 ppb

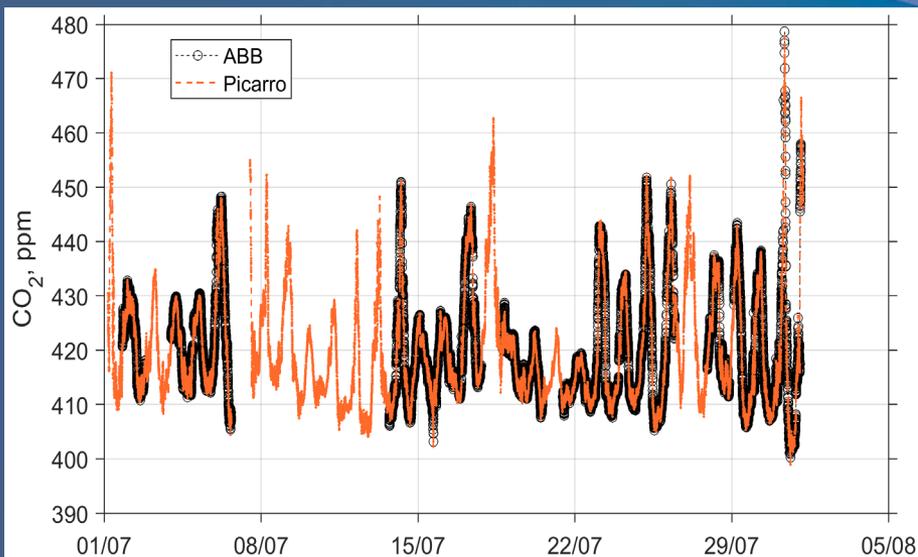
Схема контроля качества измерений КАГ



Для того чтобы результаты измерений концентрации ПГ в Петергофе и в Воейково были сопоставимы была разработана схема контроля качества измерений КАГ с помощью рабочих градуировочных газовых смесей (РГГС), привязанных к шкале ВМО.

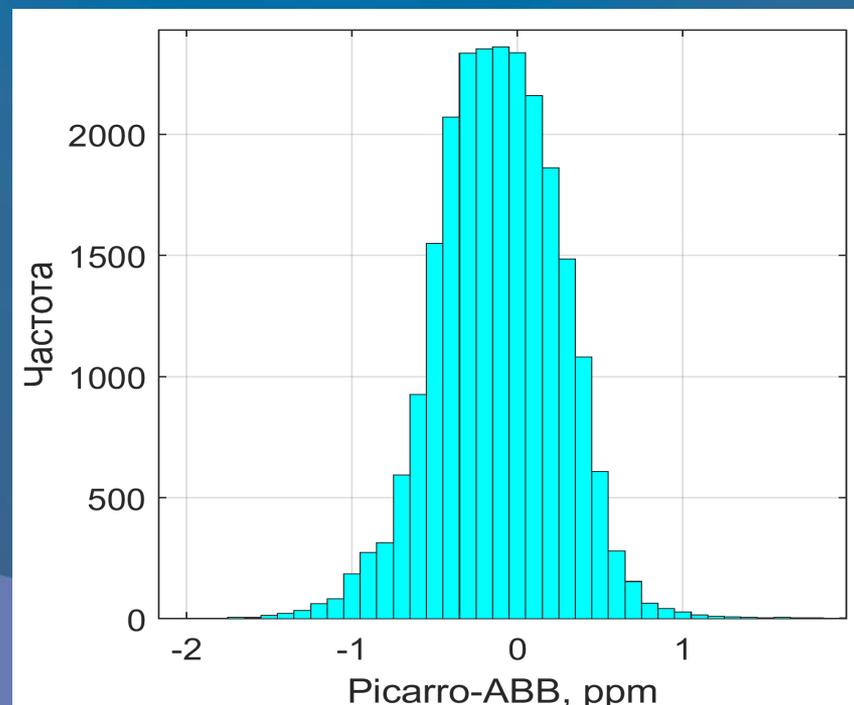


Параллельная работа двух газоаналитических систем в Воейково. Июль 2023.

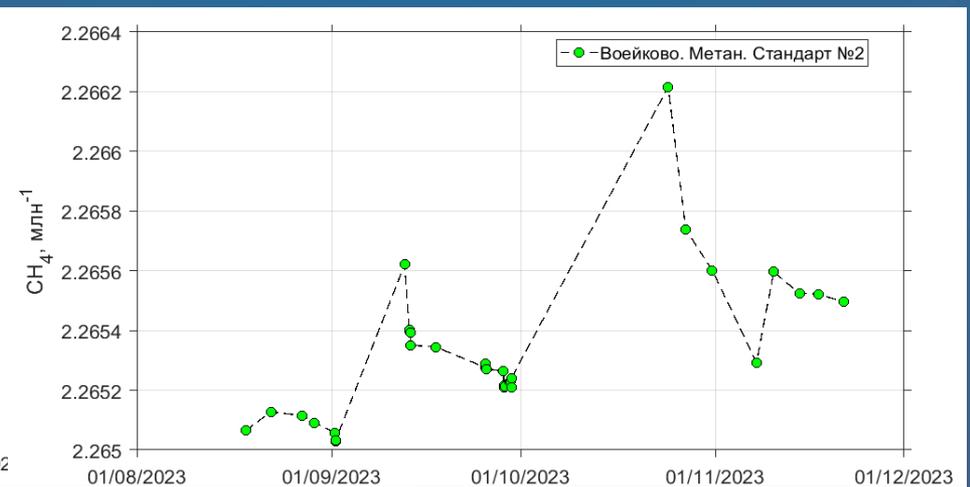
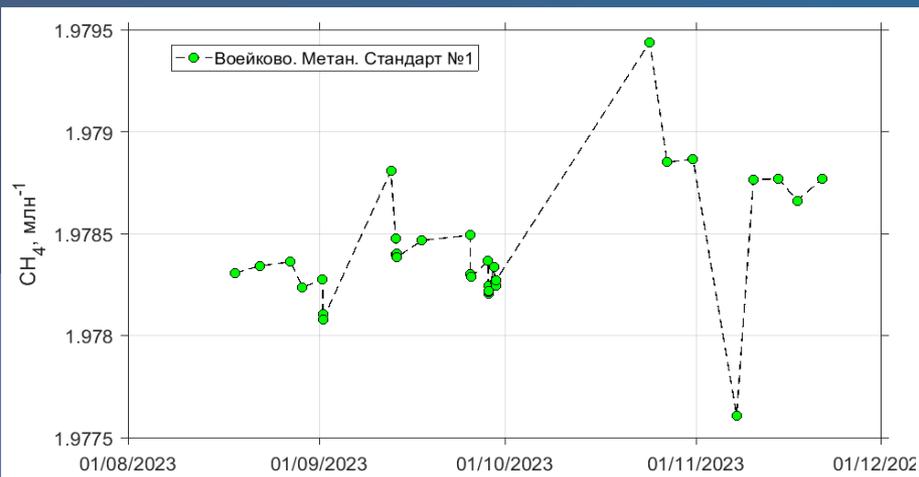
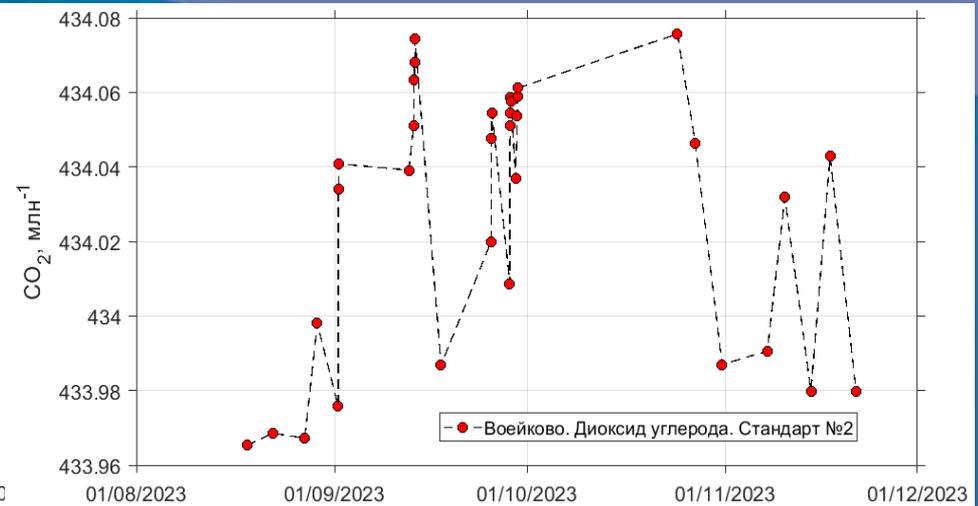
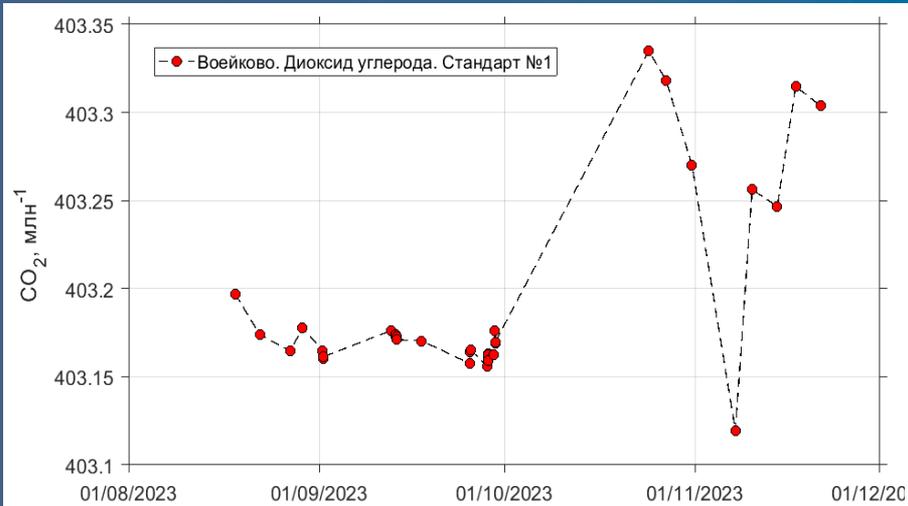


Одновременные измерения атмосферной концентрации ПГ двумя приборами в Воейково выявили существенную зависимость показаний прибора ABB от температуры. Были выполнены лабораторные и натурные эксперименты по определению величины этой зависимости, которая по грубым оценкам составила около $1 \text{ млн}^{-1}/1 \text{ }^\circ\text{C}$ для CO_2 и $1 \text{ млрд}^{-1}/1 \text{ }^\circ\text{C}$ для CH_4 , однако величина этой зависимости не остается постоянной. Выходом при такой ситуации является достаточно частая калибровка прибора с использованием РГГС.

Опыт эксплуатации газоанализатора G-2401 в Воейково показал, что повторяемость результатов измерений концентрации CO_2 и CH_4 в баллоне с РГГС в течение 15 минут характеризуется СКО не превышающим $0,02 \text{ млн}^{-1}$ для CO_2 и $0,2 \text{ млрд}^{-1}$ для CH_4 . Стабильность характеристик прибора также очень высокая. В качестве примера можно привести изменение зарегистрированного значения CO_2 в РГГС за 6 месяцев 2023г. от $403,14 \text{ млн}^{-1}$ до $403,17 \text{ млн}^{-1}$, т.е. на $0,03 \text{ млн}^{-1}$.

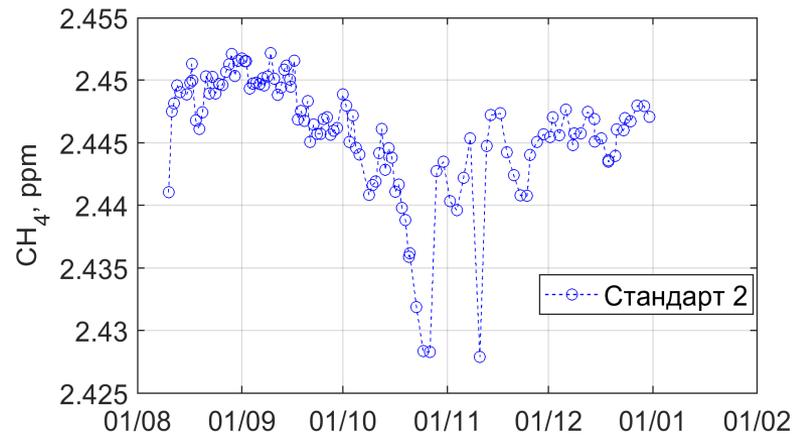
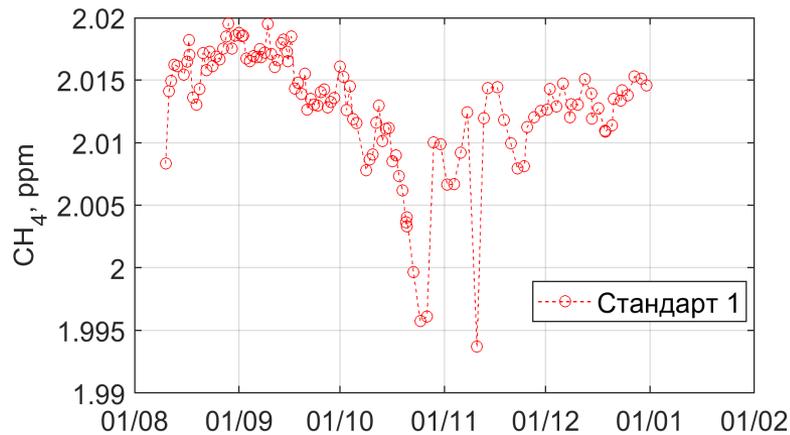
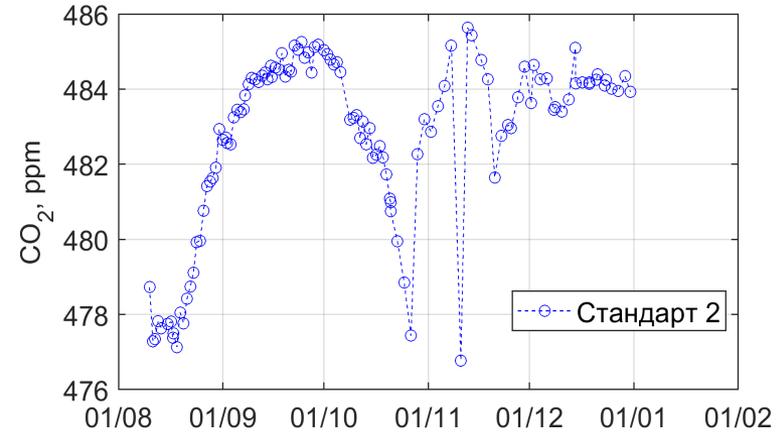
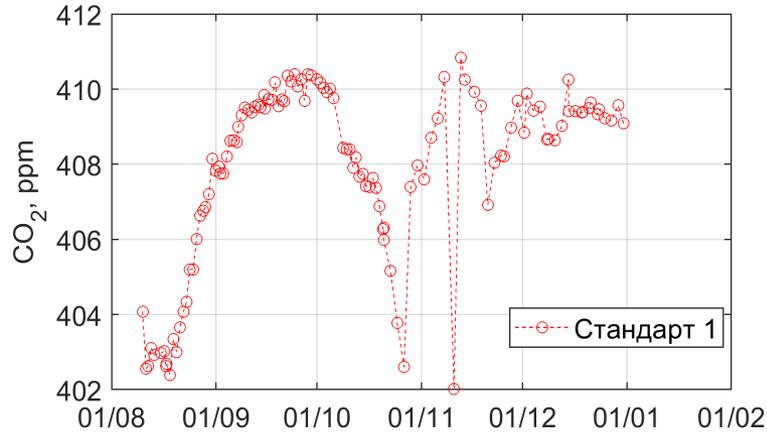


Результаты измерений РГГС в Воейково. Август-Ноябрь 2023 г.



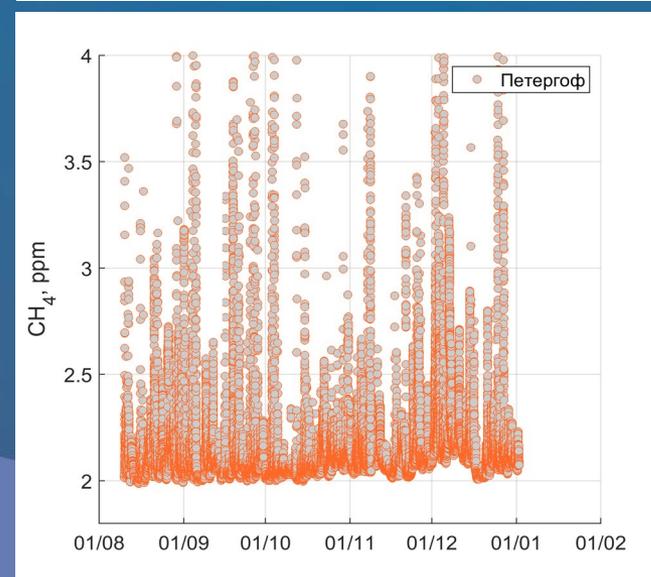
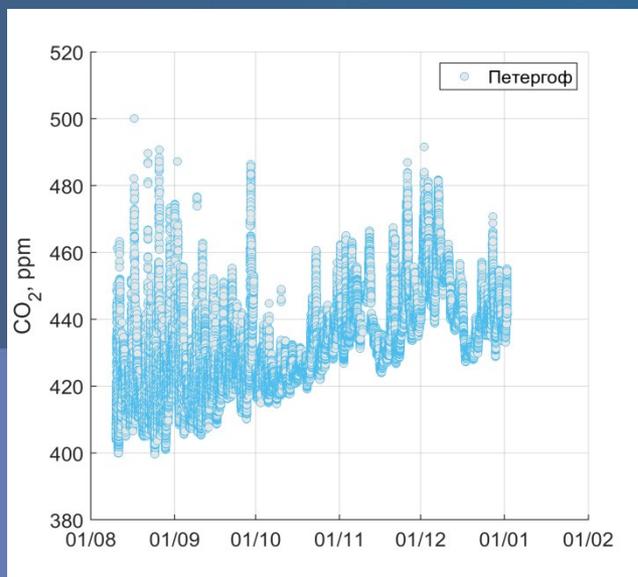
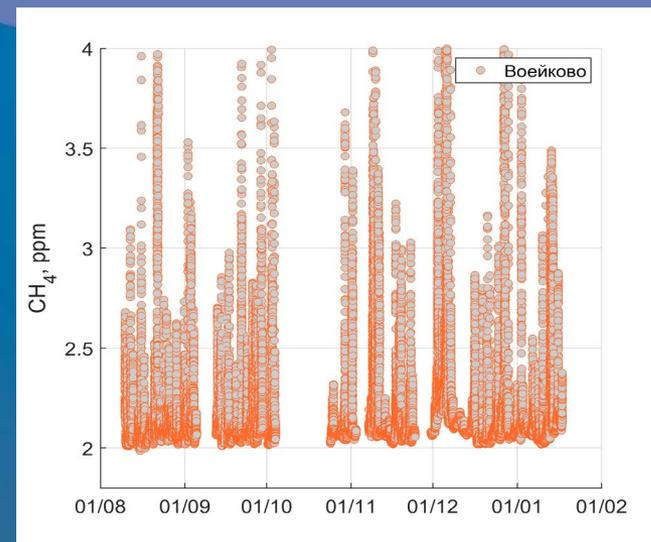
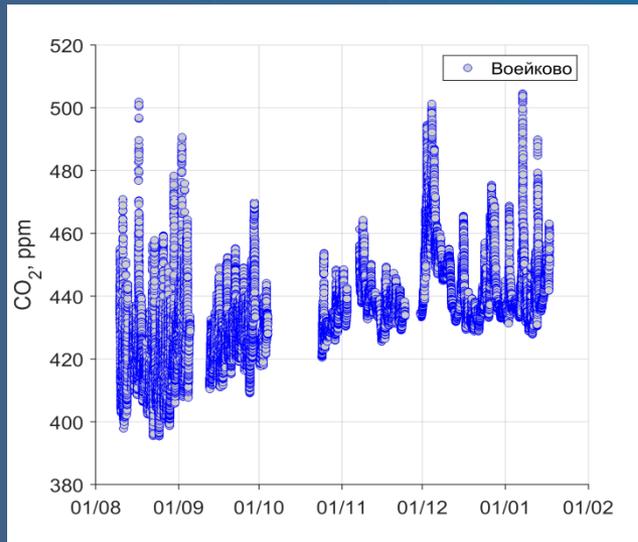
Результаты измерений РГГС в Петергофе. Август-Декабрь 2023 г.

ГЛАВНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ
им. А.И.ВОЕЙКОВА

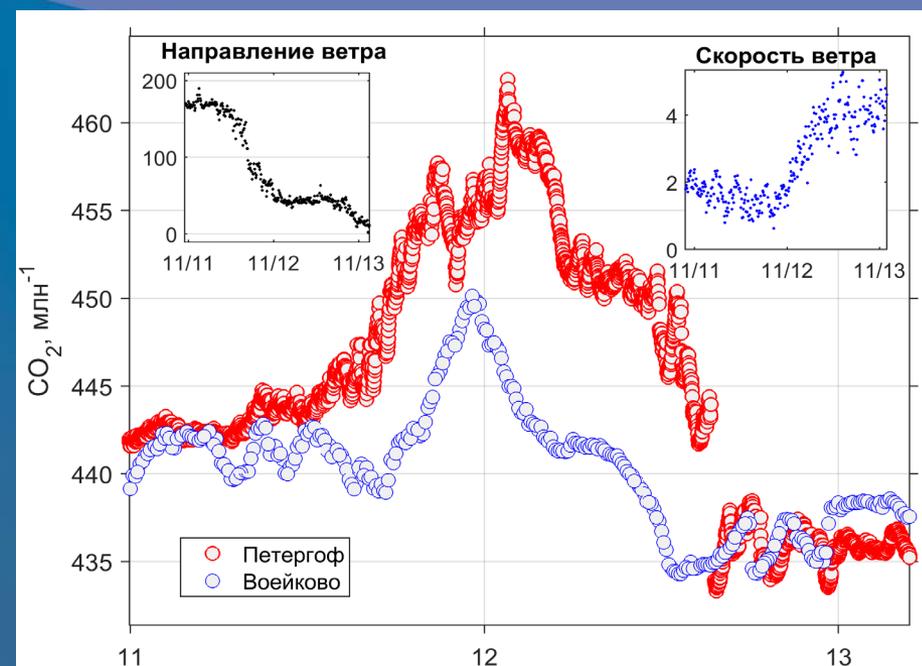
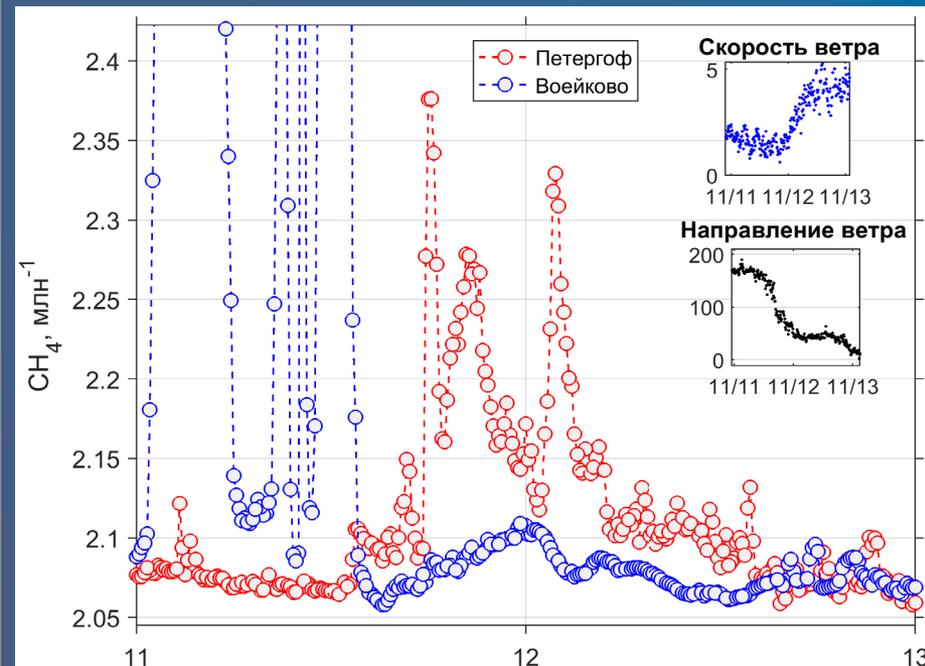


Временной ход концентрации CO_2 и CH_4 в приземном слое атмосферы на станция Воейково и Петергоф.

ГЛАВНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ
ИМ. А.И.ВОЕЙКОВА



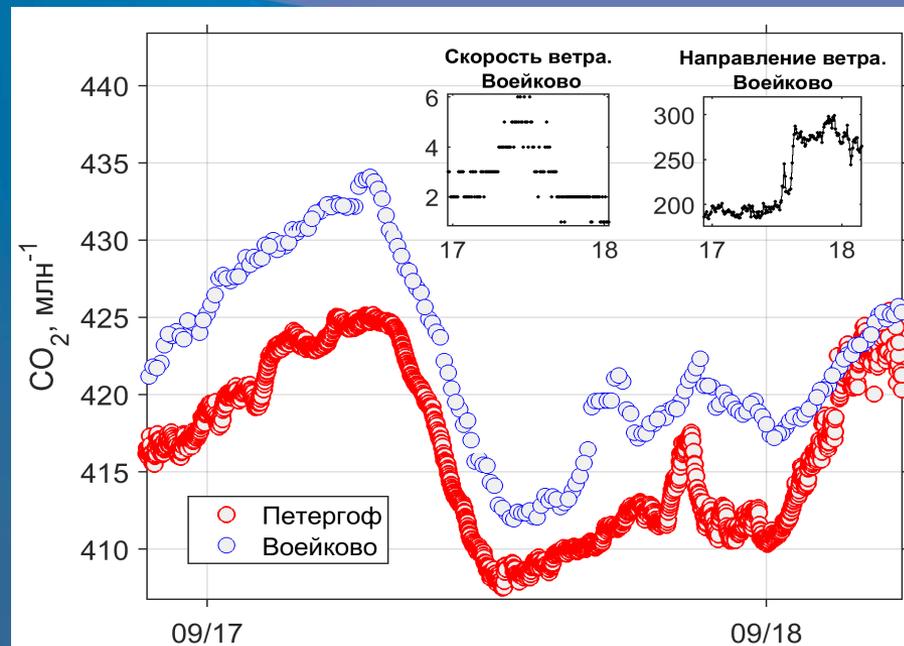
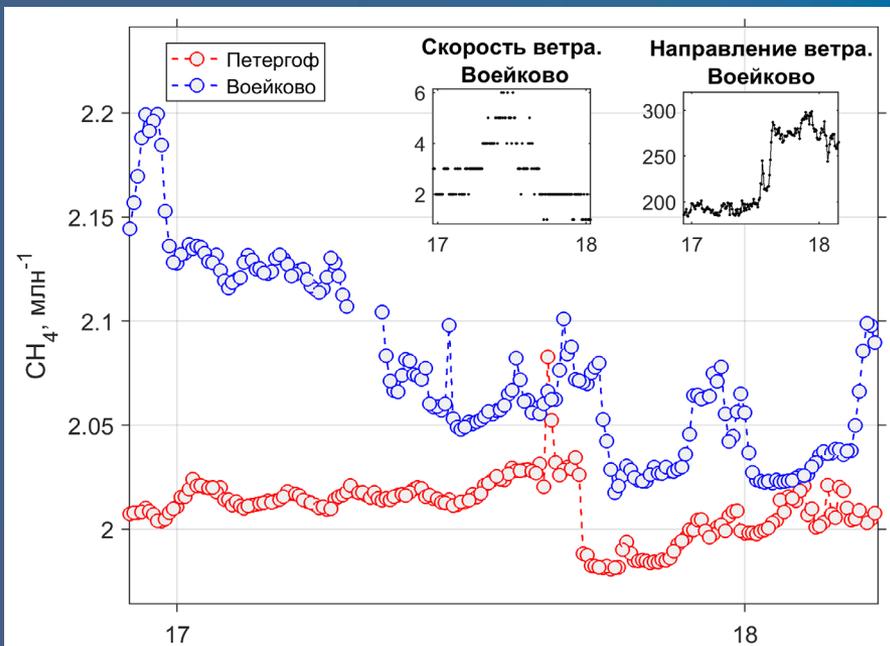
Пример различий между наблюдаемыми концентрациями CO_2 и CH_4 на станциях с наветренной и подветренной сторон СПб. 11-13 ноября.



Перенос из Воейково в Петергоф (восточный перенос)

В период с 11 по 12 ноября 2023 г. наблюдался перенос из восточного сектора ($50-150^\circ$). Превышение CO_2 в Петергофе над Воейково находилось в диапазоне от 9 до 15 млн^{-1} . Скорость ветра при этом была выше 3 м/с. После смены направления переноса с восточного на северное концентрации CO_2 на обеих станциях сравнялись. В первой половине 11-ого числа в Воейково наблюдались высокие значения концентрации метана при скоростях ветра не выше 2 м/с, в то время как в Петергофе метан находился на одном уровне. При смене направления ветра с южного на восточное, которое сопровождалось увеличением скорости ветра, концентрация CH_4 в Воейково вышла на фоновый уровень, а в Петергофе начался ее постепенный рост на $\sim 150 \text{ млрд}^{-1}$. При северном направлении ветра во второй половине 12 ноября концентрации метана на обеих станциях сравнялись.

Пример различий между наблюдаемыми концентрациями CO_2 и CH_4 на станциях с наветренной и подветренной сторон СПб. 17-18 сентября 2023 г.



Перенос из Петергофа в Воейково (западный перенос)

Пример ситуации с юго-западным переносом. В период 17-18 сентября 2023 год наблюдался ветер юго-западного и западного направлений. При скоростях ветра 2-3 м/с превышение концентрации CO_2 в Воейково над Петергофом достигало 9 млн^{-1} . При усилении ветра разница между станциями сократилась до $\sim 4 \text{ млн}^{-1}$.

Получено два свидетельства о государственной регистрации базы данных

ГЛАВНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ
ИМ. А.И.ВОЕЙКОВА



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных
№ 2023670052

**«Среднеминутные концентрации диоксида углерода и метана в приземном слое атмосферы на станции Воейково в рамках пилотного эксперимента ГГО»
Версия 1**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова» (ФГБУ «ГГО») (RU)*

Заявка № **2023670069**
Дата поступления **23 октября 2023 г.**
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **21 декабря 2023 г.**
Год окончания срока действия исключительного права **2038 г.**



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных
№ 2023670053

**«Среднеминутные концентрации диоксида углерода и метана в приземном слое атмосферы на станции Петергоф в рамках пилотного эксперимента ГГО»
Версия 1**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова» (ФГБУ «ГГО») (RU)*

Заявка № **2023670070**
Дата поступления **23 октября 2023 г.**
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **21 декабря 2023 г.**
Год окончания срока действия исключительного права **2038 г.**



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Ю.С. Зубов

Заключение



В 2023 г. был подготовлен и запущен пилотный эксперимент по мониторингу климатически активных газов (CO_2 и CH_4) с целью оценки эмиссии парниковых газов с территории крупного промышленного центра на примере Санкт-Петербурга.

При выполнении данного этапа ВИП ГЗ были проделаны следующие работы:

- Выбран подход к определению эмиссии парниковых газов с городской территории.
- Проведены исследования характеристик газоаналитической аппаратуры, по результатам которых разработана схема контроля качества измерений (определен временной режим калибровки).
- Получены ряды наблюдений концентраций CO_2 и CH_4 в Воейково и Петергофе.
- Зарегистрированы две базы данных.
- Рассмотрены случаи прохождения воздушных масс над территорией Санкт-Петербурга, получены оценки разности концентраций, регистрируемых на станциях, расположенных с наветренной и подветренной сторон города.

Используемые в пилотном эксперименте газоанализаторы были приобретены в рамках федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты».



Спасибо за внимание!