



Оценка эмиссии CO₂ из почв южного Подмосковья на основе данных многолетнего непрерывного мониторинга и прогноз динамики углерода при разных сценариях землепользования и климата с использованием методов математического моделирования

И.Н. Курганова, В.Н. Шанин

**Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
ФИЦ ПНЦБИ РАН**

Обоснование участия в проекте

Сотрудники института имеют многолетний опыт:

- проведения наблюдений за эмиссией CO₂ из почв в различных экосистемах и анализа полученных данных в контексте климатических изменений;
- создания Баз данных по дыханию почв на территории России;
- оценки эмиссии и баланса углерода в наземных экосистемах России;
- разработки подходов и оценки изменения запасов углерода в почвах России в результате забрасывания пахотных угодий (результаты включались в отчетность по сектору ЗИЗЛХ, РКИК ООН);
- разработки моделей динамики органического вещества и гидротермического режима лесных почв;
- получения прогнозных оценок углеродного бюджета лесных экосистем при разных сценариях.

Основные задачи коллектива в 2022 г.

Научный блок:

- (1) Оценка эмиссии CO_2 из почв зоны смешанных лесов и зоны широколиственных лесов на основе данных многолетнего (1997-2022 гг.) мониторинга;
- (2) Пилотные прогнозные оценки динамики углерода на ключевых лесных участках Московской области при разных лесохозяйственных сценариях;

Методический блок:

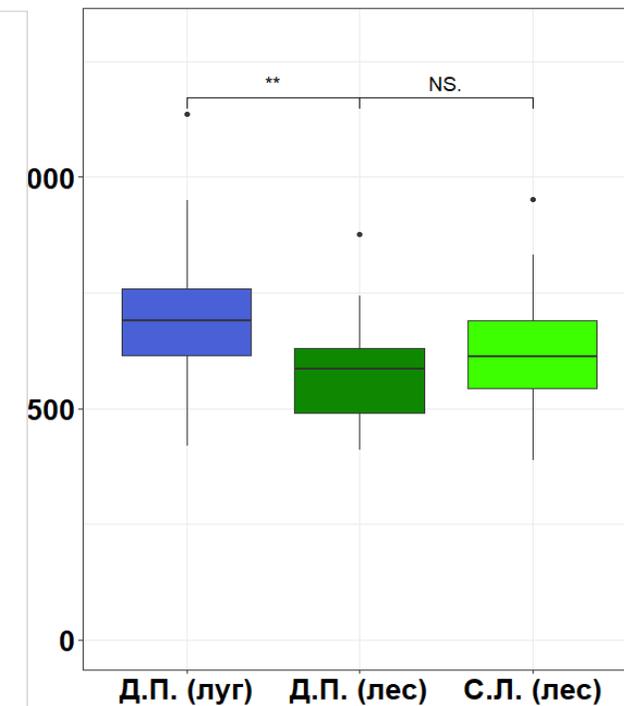
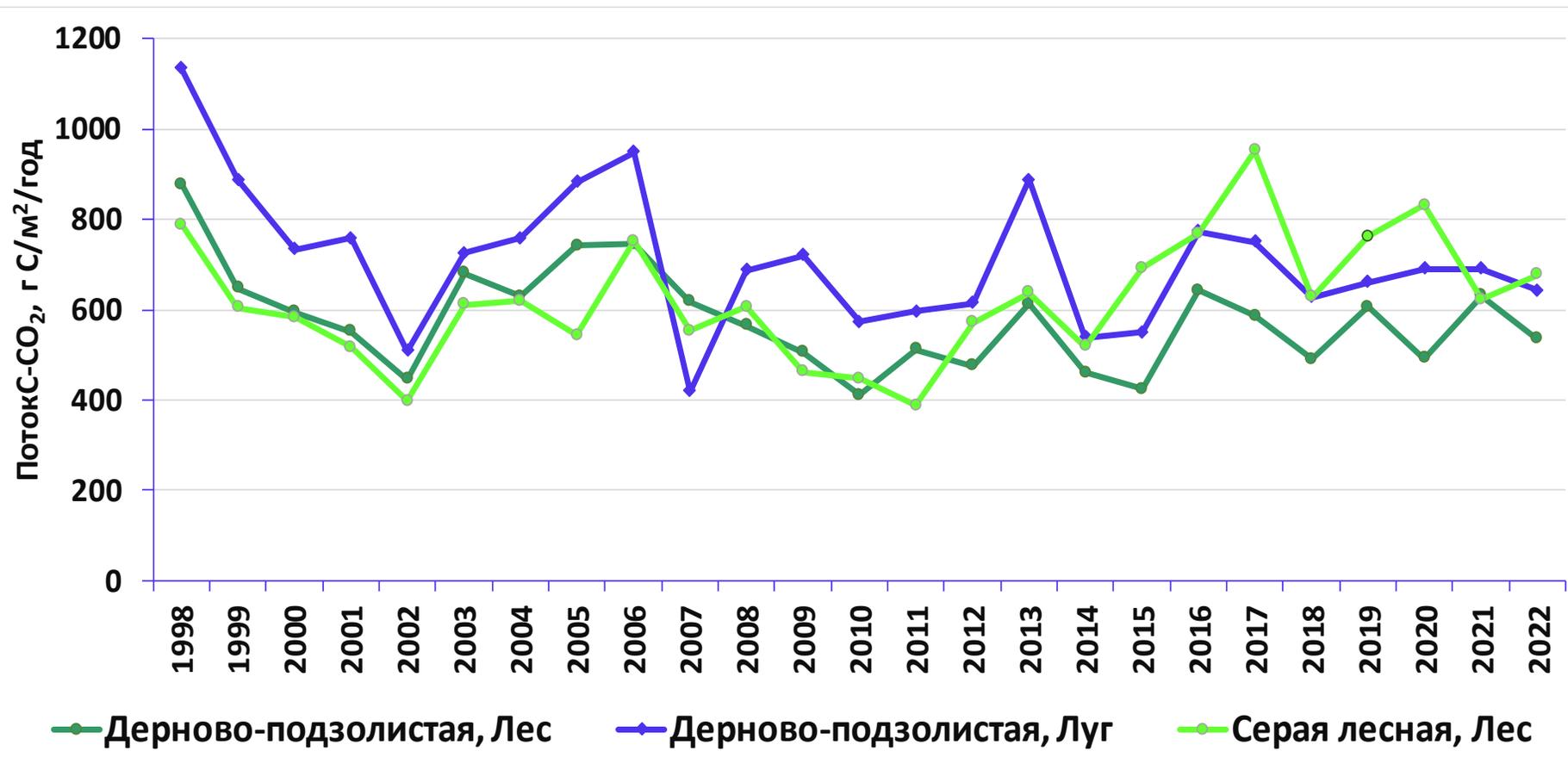
- (3) Создание единого научно-обоснованного методического регламента для определения эмиссии CO_2 из почв и способов ее оценки;
- (4) Разработка структуры представления информации для объединенной национальной базы данных по эмиссии CO_2 из почв РФ;

Технический блок:

- (5) Создание инфраструктуры и технического обеспечения автоматического круглогодичного наблюдения за экосистемными потоками парниковых газов на лесозарастающих землях ФИЦ ПНЦБИ РАН с целью последующего включения в национальную сеть станций микрометеорологических наблюдений;

Задача 1: Многолетний мониторинг

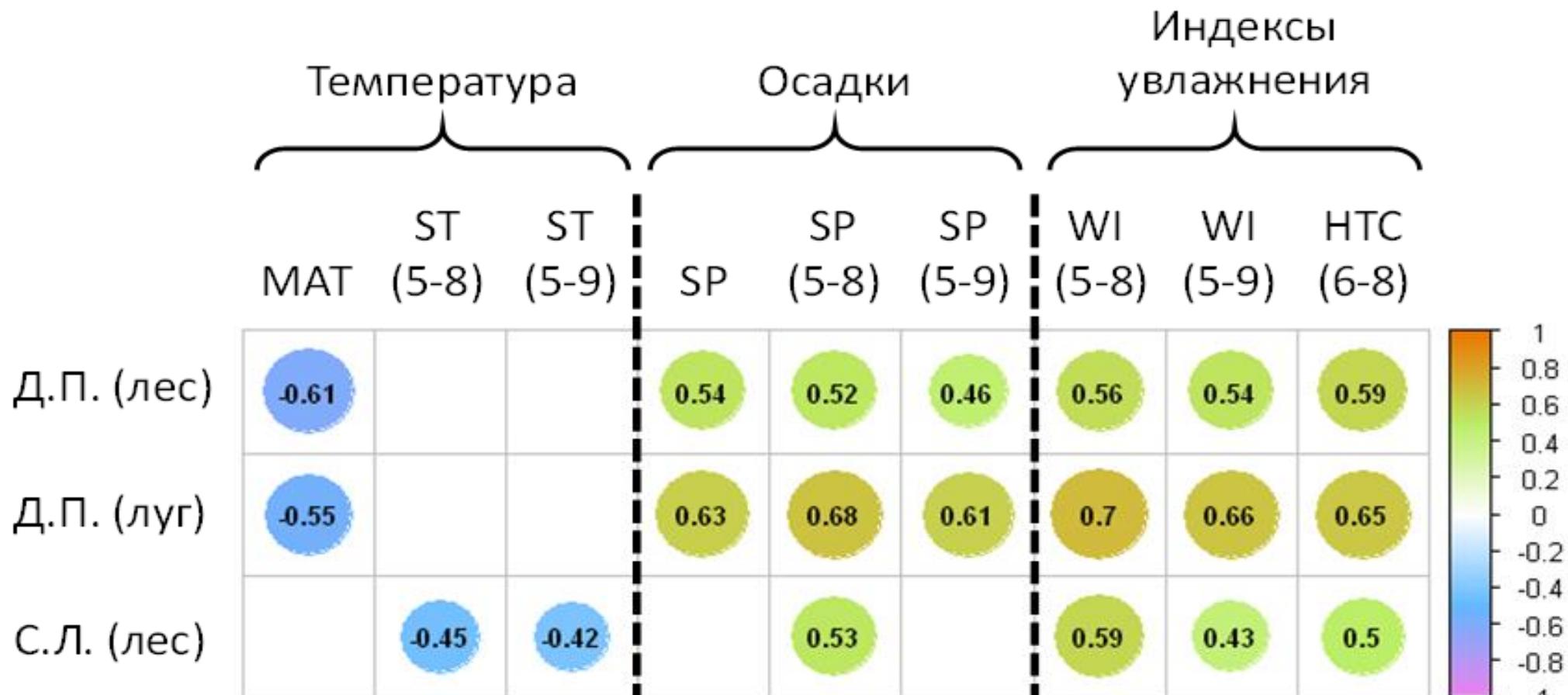
Динамика годовых потоков CO_2 из почв и среднеемноголетние значения: 25 лет наблюдений в трех экосистемах



Межгодовая вариабельность годовых потоков CO_2 из почв составляет **19-22%**

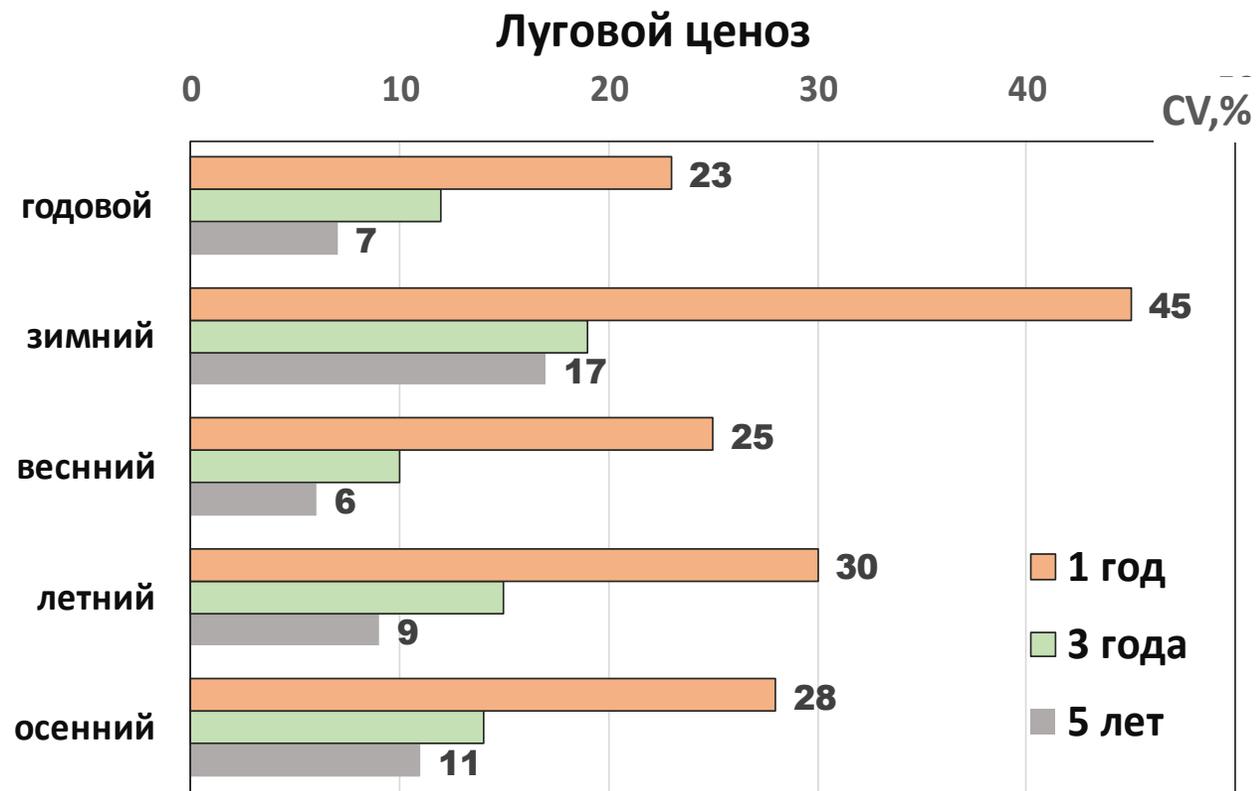
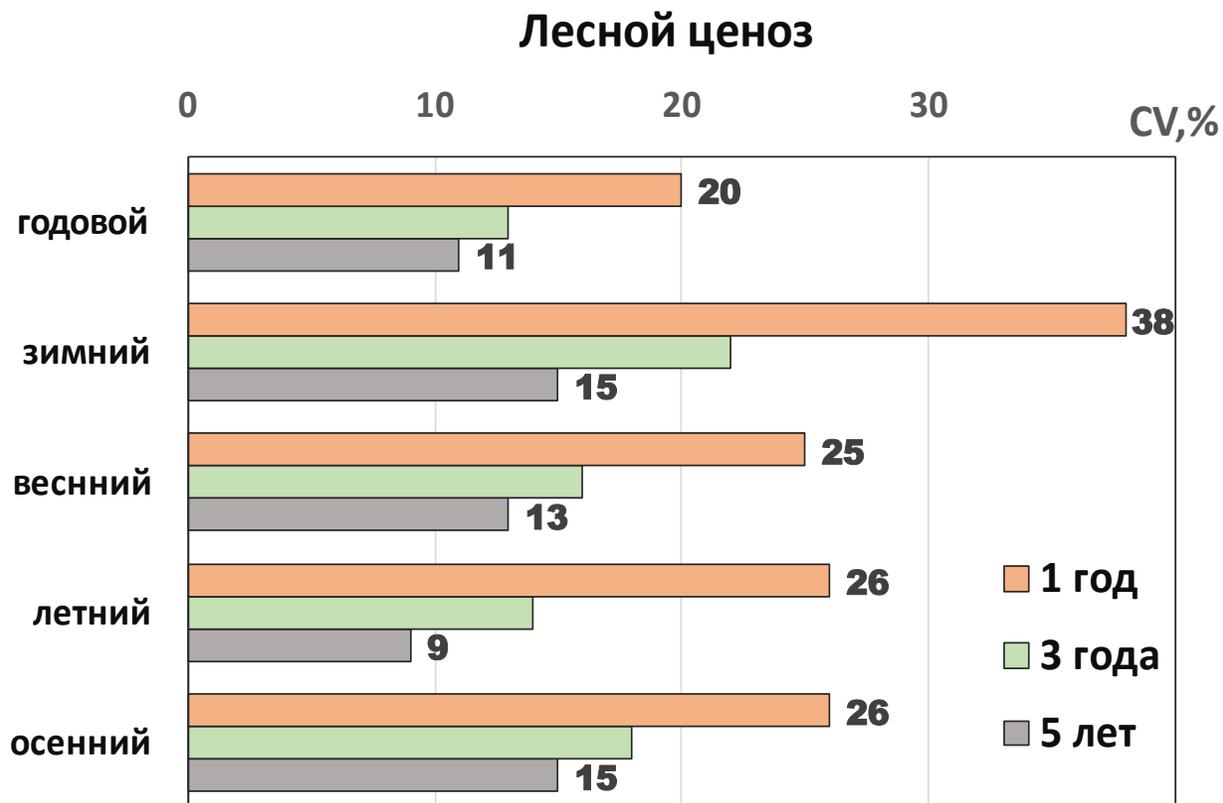
Задача 1: Многолетний мониторинг

Корреляция между величиной годовых потоков CO_2 из дерново-подзолистых (Д.П.) и серых лесных (С.Л.) почв и метеорологическими индексами



Дисперсия годовых потоков CO_2 из почв в значительной степени (**20-49%**) объясняется условиями увлажнения в летний или вегетационный сезон

Вариабельность (CV, %) годовых и сезонных потоков CO₂ из дерново-подзолистой почвы при разной длительности наблюдений

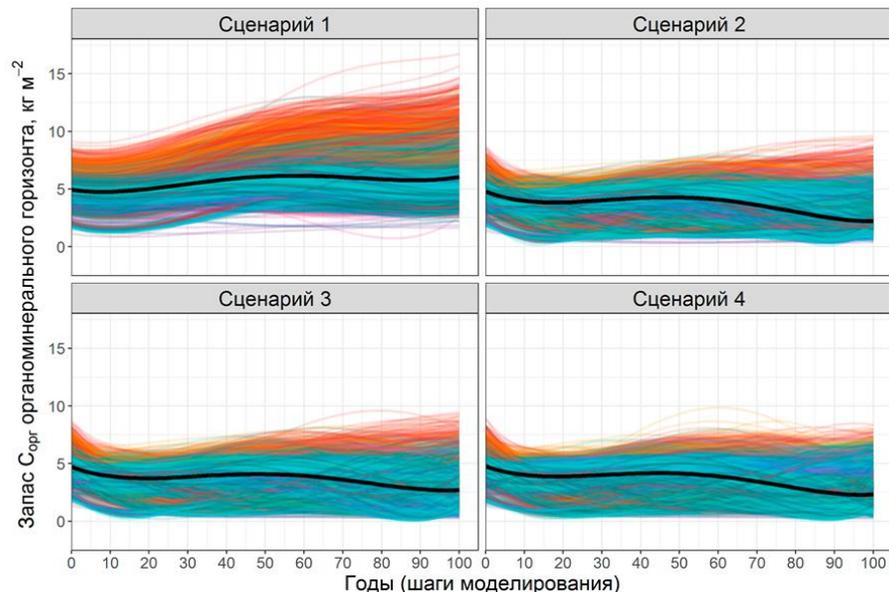


При проведении измерений в течение 5 лет вариабельность годовых и сезонных потоков CO₂ из почв снижается в 2 и более раз по сравнению с одно- или двухлетним периодом измерений.

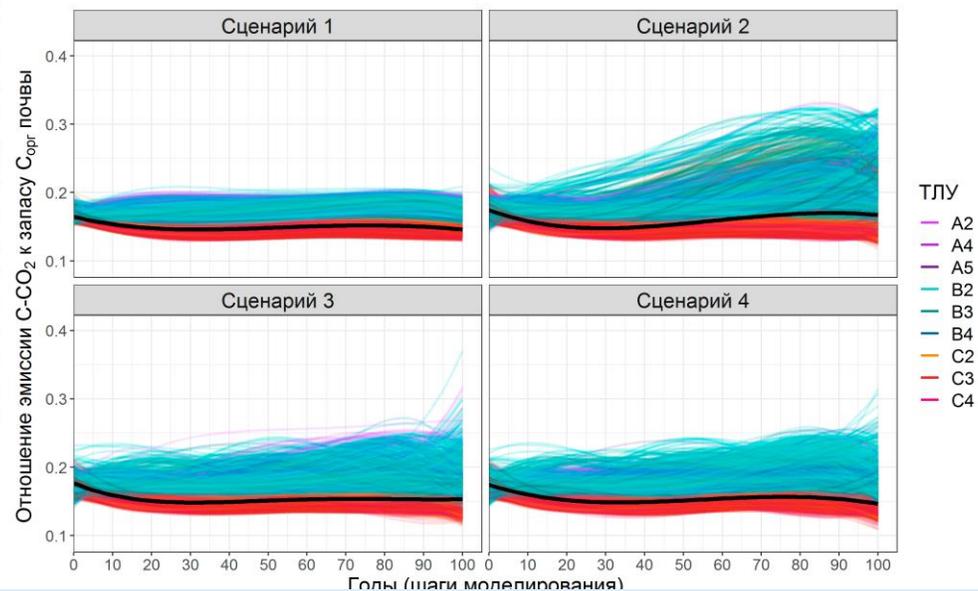
Задача 2: Пилотные прогнозные оценки динамики углерода

Результаты прогнозных оценок: Данковское лесничество (2302 выдела)

Динамика запасов углерода в почве



Доля эмиссионного потока C-CO_2 к запасам C в почве



- При сценарии **естественного развития** хвойно-широколиственных лесов (сценарий 1) наблюдается рост запасов органического вещества почвы (на 10–30% за 100 лет), более выраженный в типах леса с умеренным и высоким увлажнением.
- В сценариях **с лесохозяйственной деятельностью** (сценарии 2-4) наблюдался менее выраженный рост или снижение запасов углерода, связанные с меньшим поступлением опада и изменением гидротермических условий вследствие рубок.

Задача 3: Разработка Методического руководства



Оглавление	
Предисловие	4
1. Теоретические предпосылки	6
1.1. Биогенный цикл углерода	6
1.2. Эмиссия CO ₂ из почв	9
2. Краткий обзор основных методов определения эмиссии CO ₂ из почв	11
3. Проведение измерений эмиссии CO ₂ из почв камерным методом с использованием разной технической базы	15
3.1. Выбор участка и частота измерений	15
3.2. Абсорбционный метод	17
Общие представления	17
Методика определения среднесуточной скорости продуцирования CO ₂ почвой в полевых условиях	18
3.3. Метод закрытых камер с отбором газовых проб с помощью шприца в герметичные фляжки	20
3.4. Метод закрытых камер с использованием инфракрасных газоанализаторов	24
Автоматические газоанализаторы фирмы Licor (США)	24
Анализаторы на основе прибора фирмы AZ Instrument (Тайвань)	26
Некоторые полезные советы	29
4. Особенности измерения эмиссии CO ₂ из почв в различных экосистемах (тундровые, болотные, лесные, степные, луговые, агроценозы)	31
4.1. Рекомендации к методике проведения наблюдений за эмиссией CO ₂ /CH ₄ в болотных экосистемах	31
4.2. Рекомендации к методике проведения наблюдений за эмиссией CO ₂ /CH ₄ в тундровых экосистемах	32
4.3. Рекомендации к методике проведения наблюдений за эмиссией CO ₂ в лесных экосистемах	34
4.4. Рекомендации к методике проведения наблюдений за эмиссией CO ₂ в луговых и степных экосистемах	36
4.5. Рекомендации к методике проведения наблюдений за эмиссией CO ₂ в агроценозах	36
5. Определение микробной компоненты в общем эмиссионном потоке CO ₂ из почв	37
6. Определение сопутствующих гидротермических характеристик почвы	39
7. Подходы к оценке годовых потоков CO ₂ из почв	40

- Подготовлено «Методическое руководство по определению эмиссии CO₂ из почв в различных типах экосистем» с целью унификации процедуры измерения эмиссии CO₂ из почв и алгоритмов оценки сезонных и годовых потоков CO₂.
- Опубликовано: <https://carbomonitoring.ru/storage/Methodologic-al-guide.pdf>

Задача 4: Разработка структуры базы данных

Структура Базы Данных по эмиссии CO₂ из почв в наземных экосистемах России



В структуру БД предлагается включить около 80 различных параметров

Опубликовано: <https://carbomonitoring.ru/storage/Database-options.pdf>

Задача 5: Создание инфраструктуры для обеспечения многолетнего мониторинга ПГ



- На лесозарастающих землях (Пушино, Московская обл.) установлена вышка (34 метра) для проведения наблюдений за экосистемными потоками ПГ методом пульсационных измерений;
- Выполнено ограждение, установлены модульные блоки для размещения оборудования;
- Приобретены автомобиль для полевых выездов, метеостанция и набор термохронов.

Основные задачи коллектива в 2023 г.

- (1) Продолжение прямых еженедельных измерений эмиссии CO₂ из почв зоны смешанных лесов и зоны широколиственных лесов на 6 площадках мониторинга (26-й год наблюдений) с ежемесячным обновлением данных мониторинга на сайте группы <https://carbomonitoring.ru>;
- (2) Организация базы данных по дыханию почв на площадках измерений в соответствии с разработанной структурой;
- (3) Организация и оснащение площадок для проведения лизиметрических наблюдений в лесном и луговом ценозах на супесчаной дерново-подзолистой почве ПТБЗ;
- (4) Техническое обеспечение автоматического круглогодичного наблюдения за экосистемными потоками парниковых газов на лесозарастающих землях с целью последующего включения в национальную сеть RuFlux;
- (5) Создание тестового полигона на базе эколого-климатической станции «Пушино» и сбор наземных данных о пулах и потоках углерода на площадках наблюдений за эмиссией CO₂ из почв по согласованным в рамках консорциума методикам;
- (6) Обследование залежных почв Московской и Костромской областей;
- (7) Калибрация и валидация моделей, разработка пакета имитационных сценариев;
- (8) Прогнозная оценка углеродного бюджета на ключевых участках при разных лесохозяйственных и климатических сценариях.

А также:

- **Регистрация БД «Дыхание почв лесного и лугового ценозов в зоне хвойно-широколиственных лесов»,**
- **Создание Краткой инструкции по определению эмиссии CO₂ из почв камерным методом с использованием портативных газоанализаторов»**
- **Доработка Атласа карт размещения и Каталога площадок наблюдений за эмиссией CO₂ из почв**
- **Создание видеоуроков по работе с оборудованием и измерению потоков CO₂ из почв.**
- **Подготовка статей, участие в конференциях.**

Ожидаемые результаты

- **Обобщение данных по эмиссии CO₂ из почв 6 репрезентативных экосистем в зоне смешанных лесов и зоне широколиственных лесов;**
- **Результаты мониторинга пулов и потоков С в экосистемах тестового полигона южной части Московской области согласно выработанному регламенту проведения мониторинга интенсивного уровня;**
- **Техническое оснащение эколого-климатической станции Пущино и первые результаты по определению климатических параметров и измерению экосистемных и почвенных потоков CO₂.**
- **Будут получены прогнозные оценки изменения запасов углерода и потоков углекислого газа для лесных почв на нескольких ключевых участках лесной зоны Европейской части России при разных лесохозяйственных и климатических сценариях.**

Благодарю за внимание!