



Институт проблем экологии и эволюции  
им. А.Н. Северцова Российской академии наук

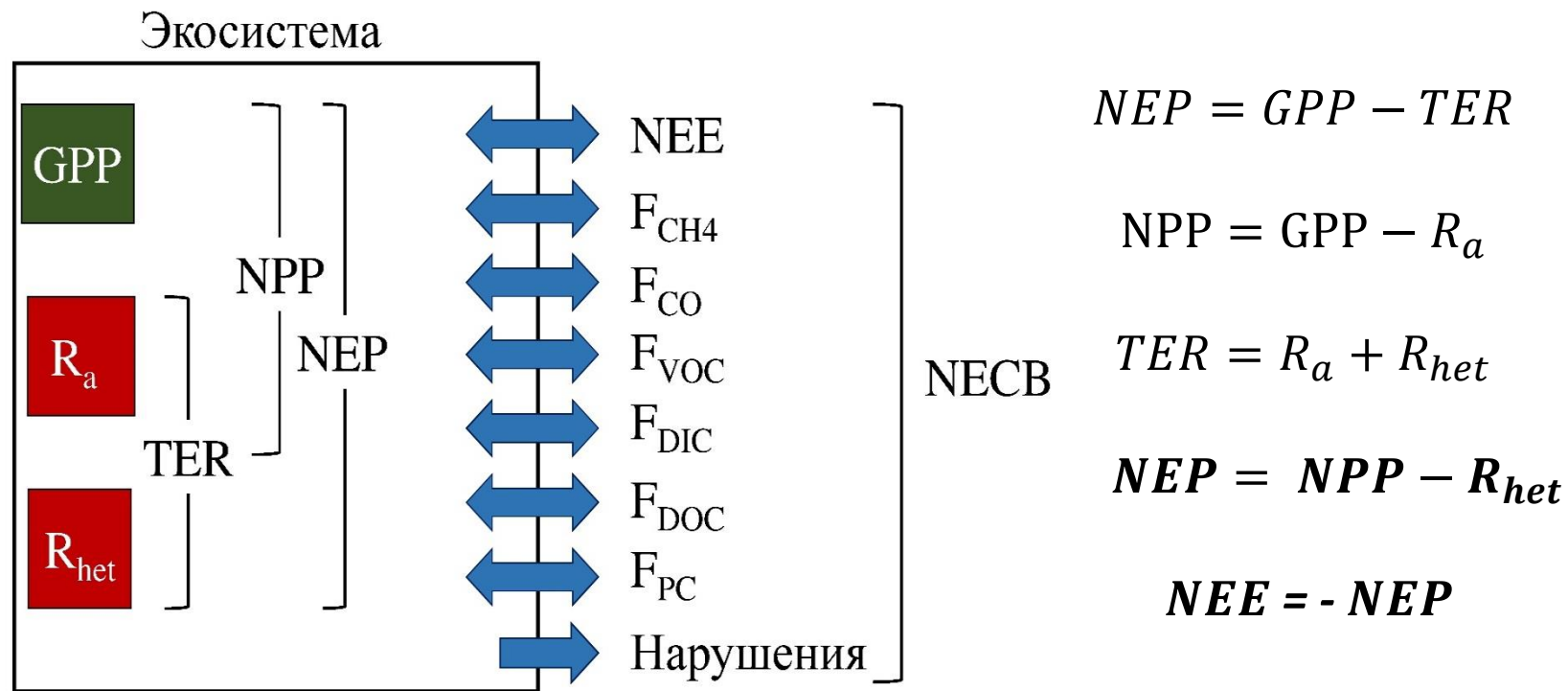
# МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМНЫХ ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

КУРБАТОВА Ю.А.

**РИПТМ**  
углерода



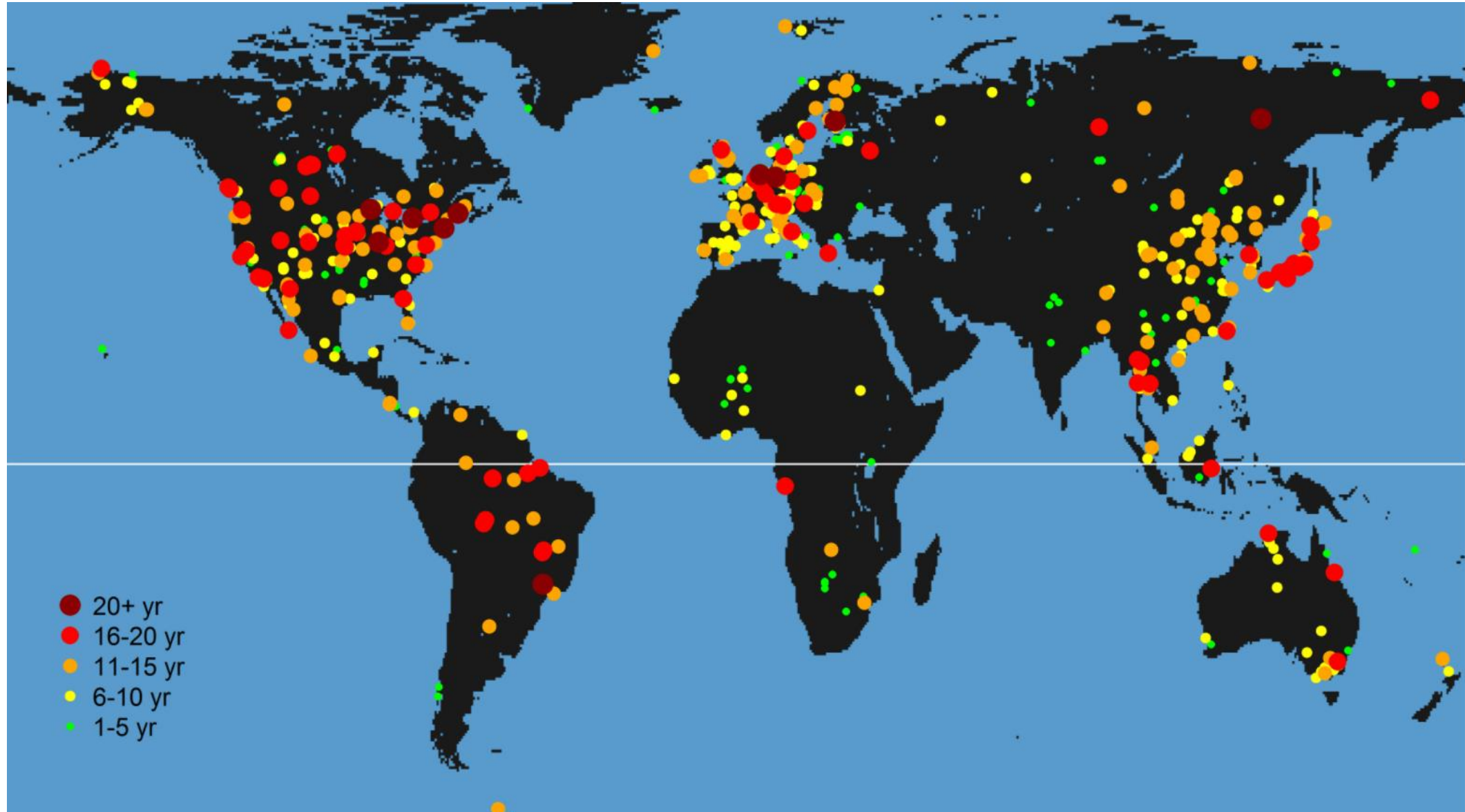




## Углеродный баланс экосистемы

Зелёным цветом указана продукция органического вещества, а красным его распад. Стрелками указаны потоки.  $GPP$  – валовая первичная продукция;  $R_a$  – автотрофное дыхание;  $R_{het}$  – гетеротрофное дыхание;  $TER$  – экосистемное дыхание;  $NPP$  – чистая первичная продукция;  $NEP$  – чистая экосистемная продукция;  $NECB$  – чистый экосистемный углеродный баланс;  $NEE$  – чистый экосистемный обмен – баланс обменных с атмосферой, экосистемных потоков  $CO_2$ ;  $F_x$  – баланс входящих и исходящих потоков:  $CO$ - угарного газа,  $CH_4$  – метана,  $VOC$ - летучих органических соединений,  $DIC$  – растворимого неорганического углерода,  $DOC$  – растворимого органического углерода,  $PC$  – латеральные потоки углерода.

# СЕТЬ СТАНЦИЙ FLUXNET



Мониторинг экосистемных потоков парниковых газов (ПГ) – часть общей системы интеграционных наблюдений за потоками и пулами углерода.

Наблюдения за экосистемными потоками позволяют:

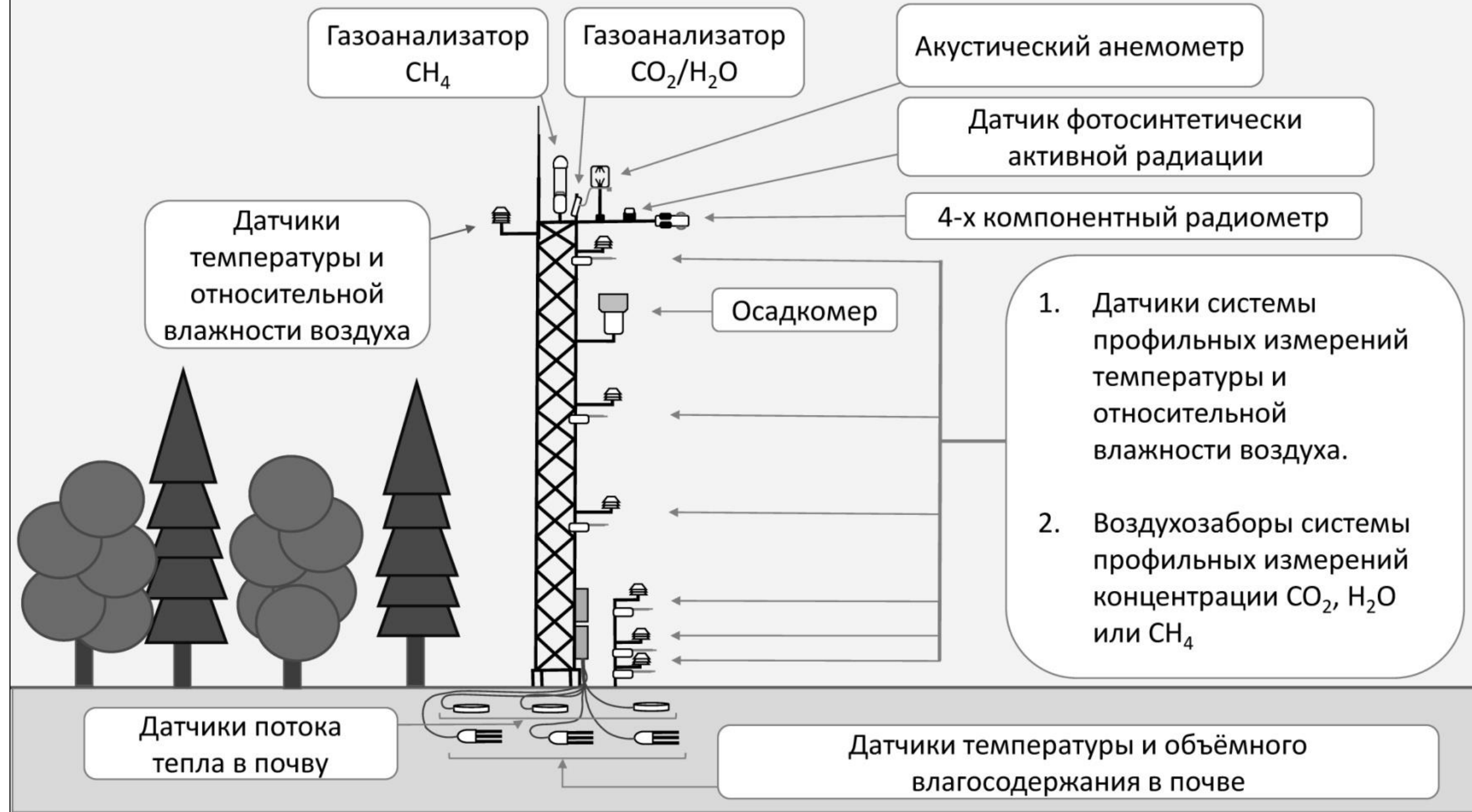
1. Выполнить инвентаризацию стоков и источников ПГ в наземных экосистемах;
2. Оценить чувствительность процессов газообмена между экосистемами и атмосферой к современным изменениям климата;
3. Выявить пространственную и временную изменчивость баланса углерода, эмиссии и общей первичной продукции.

Приборы для измерения пульсаций скорости ветра и измеряемой субстанции

Метеорологические датчики

Регистраторы данных

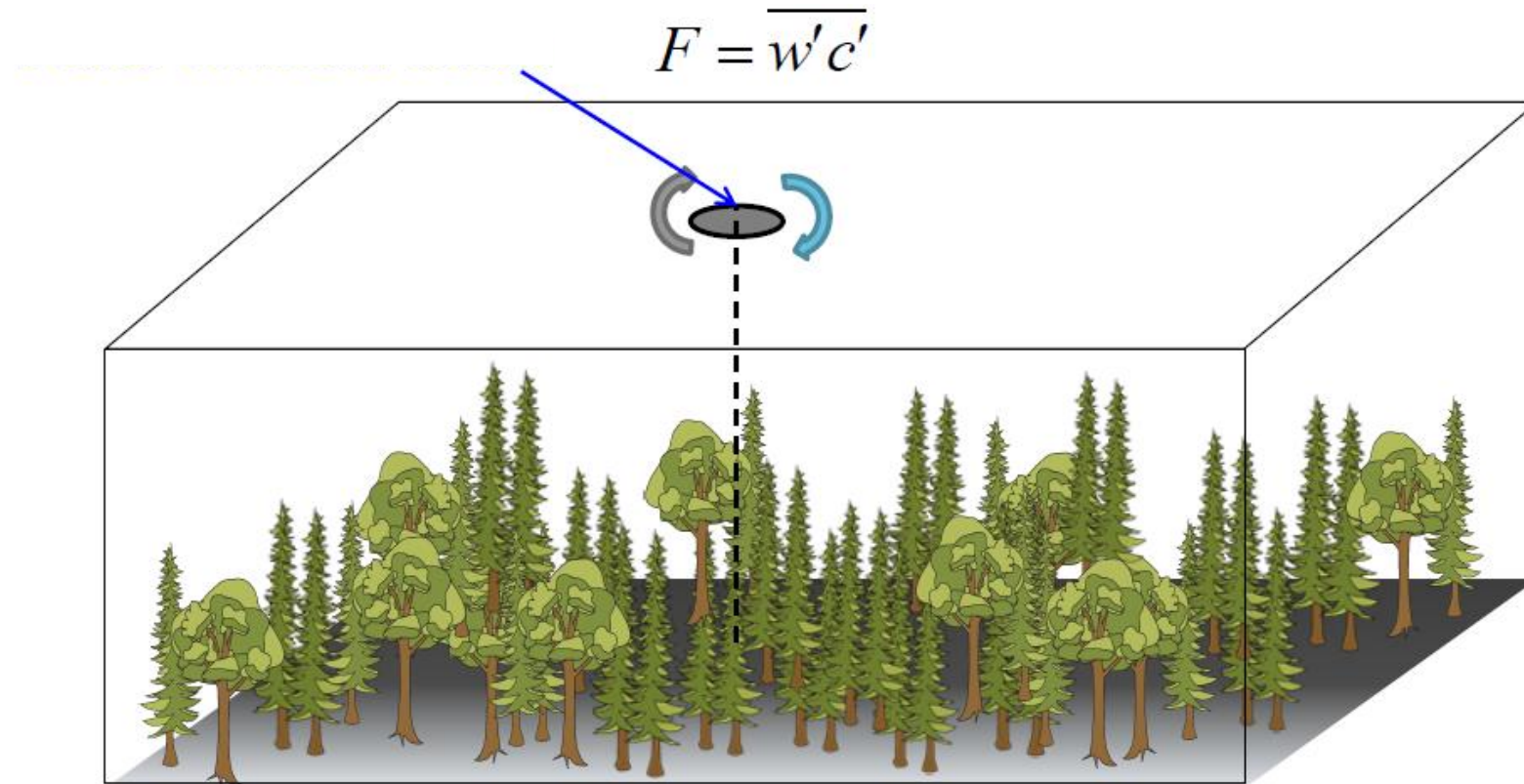




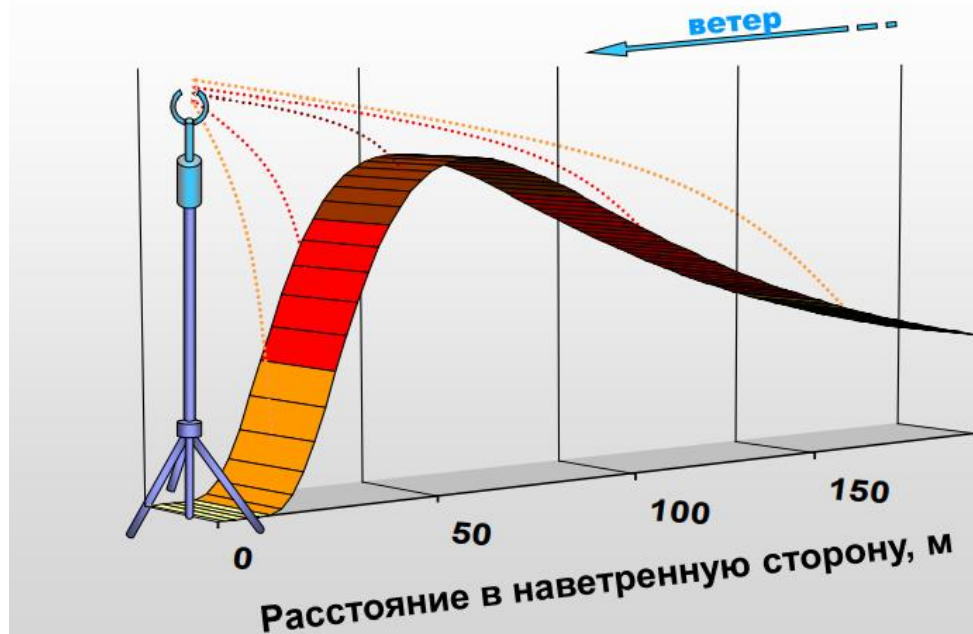


# МЕТОД ТУРБУЛЕНТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

Поток  $F$



Метод позволяет **РАССЧИТАТЬ** поток вещества на основе измерения пульсаций вертикальной составляющей скорости ветра и концентрации измеряемой субстанции.



- Эффект высоты измерений
- Эффект шероховатости
- Эффект термической стратификации



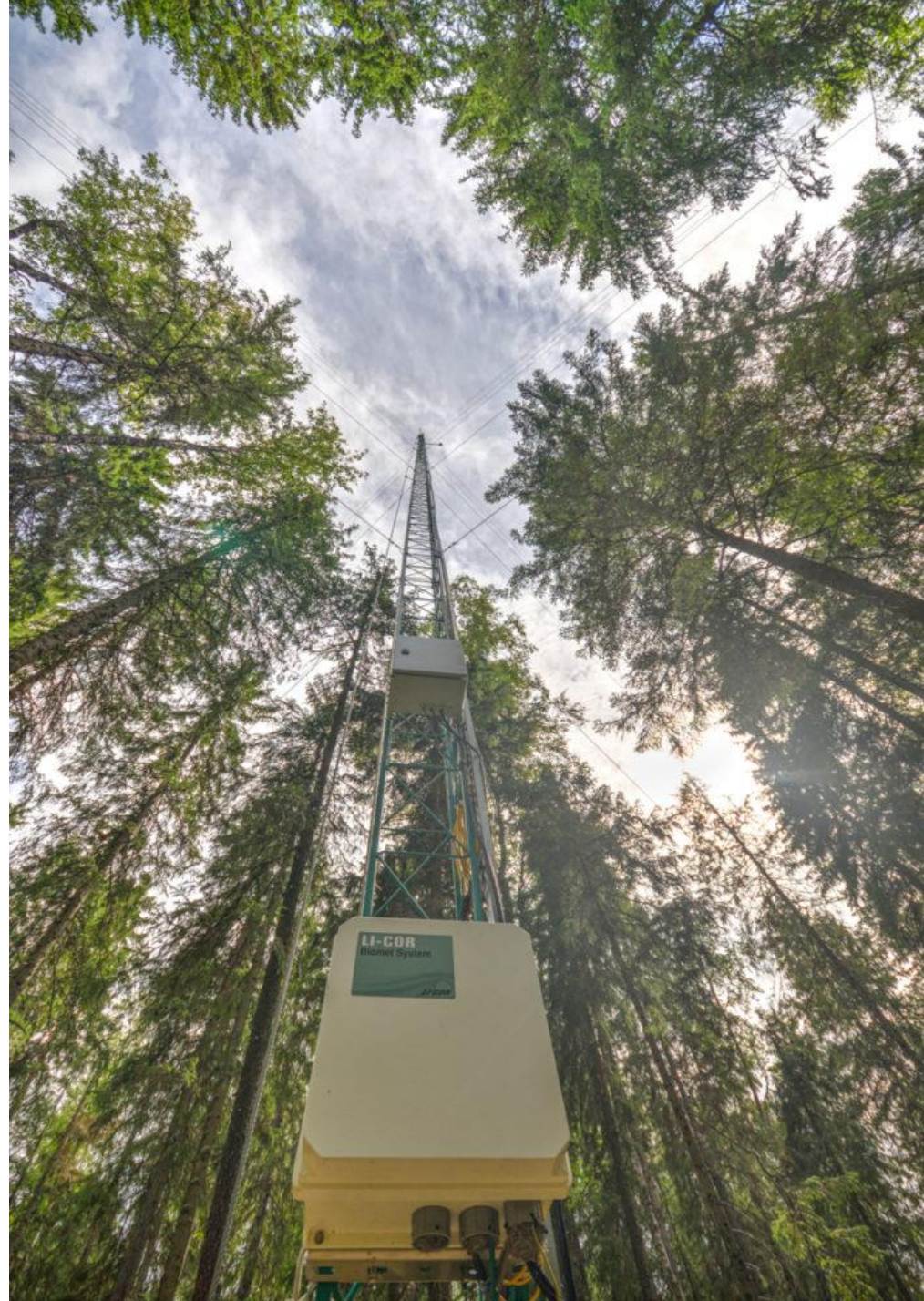
Зона охвата (footprint) – это область, которую «видит» прибор на вышке. Иначе говоря, это область с наветренной стороны от вышки, потоки с которой регистрируются приборами, стоящими на вышке. Другой часто используемый термин – дальность зоны охвата (fetch). Обычно под ним понимают расстояние от вышки до границы зоны охвата.



**“top-down”** дистанционные наблюдения состава атмосферы и моделирование явлений крупномасштабного атмосферного переноса

**Измерения на мачтах (вышках)** заполняют пробел между глобальными интеграционными исследованиями и локальными наземными наблюдениями

**“bottom-up”** наземные изучения структуры и запасов углерода и газообмена в отдельных экосистемах



# Цель и задачи ИПЭЭ РАН в 2022 г.

- (1) Оценка существующей инфраструктуры мониторинга экосистемных потоков парниковых газов в наземных экосистемах Российской Федерации.
- (2) Оценки эмиссии и поглощения диоксида углерода на основе результатов многолетних исследований потоков парниковых газов лесными и болотными экосистемами южно-таежной подзоны Европейской части Российской Федерации.
- (3) Создание инфраструктуры (электроснабжение, технические боксы, модульные лаборатории и пр.) для обеспечения многолетнего мониторинга потоков парниковых газов в наземных экосистемах южно-таежной подзоны Европейской части Российской Федерации.

Публикации в журналах  
Q1  
более 60 за 10 лет

- Agricultural and Forest Meteorology
- Dendrochronologia
- Ecology and Evolution
- Tellus B: Chemical and Physical Meteorology
- Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences
- Nature Climate Change
- Environmental Research Letters
- Remote Sensing
- Global Change Biology
- Scientific Data
- Remote Sensing of Environment
- Biogeosciences....

## Релевантные научные проекты

### РНФ:

- Поддерживающие и регулирующие экосистемные услуги лесных ландшафтов Европейской равнины по данным дистанционного зондирования
- Углеродный обмен между лесными экосистемами и атмосферой в условиях глобальных изменений на примере еловых лесов европейской территории РФ
- Влияние обезлесивания на нетто-СО<sub>2</sub> обмен и испарение лесов бассейна Верхней Волги

### РФФИ:

- Исследование динамики потоков тепла, влаги и диоксида углерода в лесных экосистемах южной европейской тайги
- Оценка динамики и устойчивости составляющих биогеохимического и гидрологического циклов лесных экосистем южной Европейской тайги

РФФИ-РГО: Климаторегулирующие функции экосистем бореальных и тропических лесов

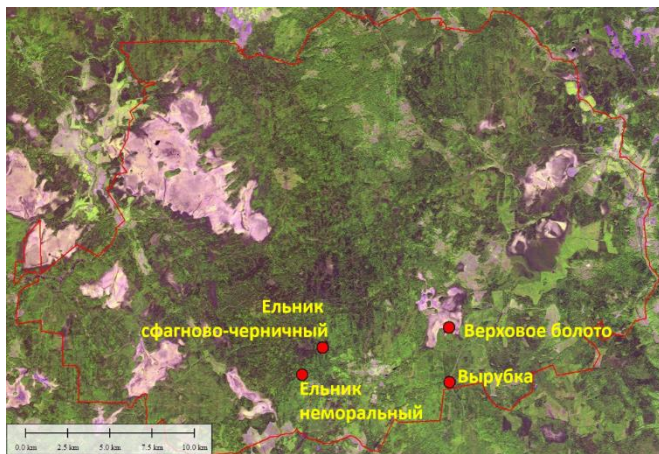
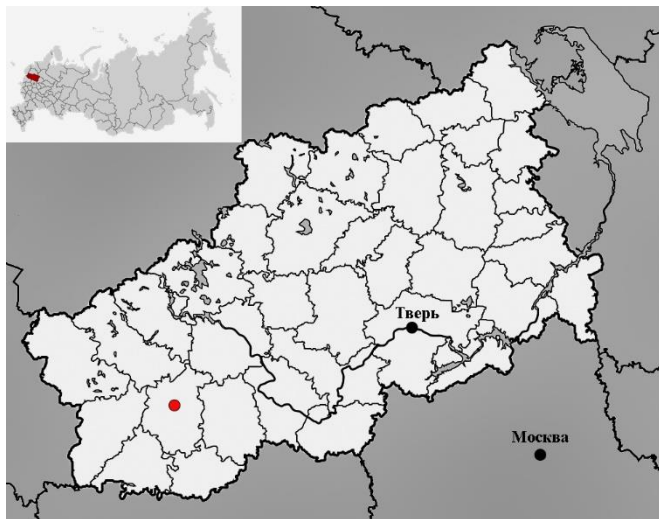
## Международное сотрудничество

- SAPFLUXNET Project
- Global Energy and Water Exchanges Project
- Pan-Eurasian Experiment
- Исследования в рамках НИР Совместного Российско-Вьетнамского научно-исследовательского и технологического центра



# МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ПУЛОВ И ПОТОКОВ УГЛЕРОДА

Экосистемы южно-таежной подзоны европейской части России. Центрально-Лесной заповедник.



Общая площадь Заповедника 24 415 га



Ельник заболоченный,

13 га



Ельник неморальный, 110 га



Зарастающая вырубка, 4.5 га



Верховое болото, 617 га



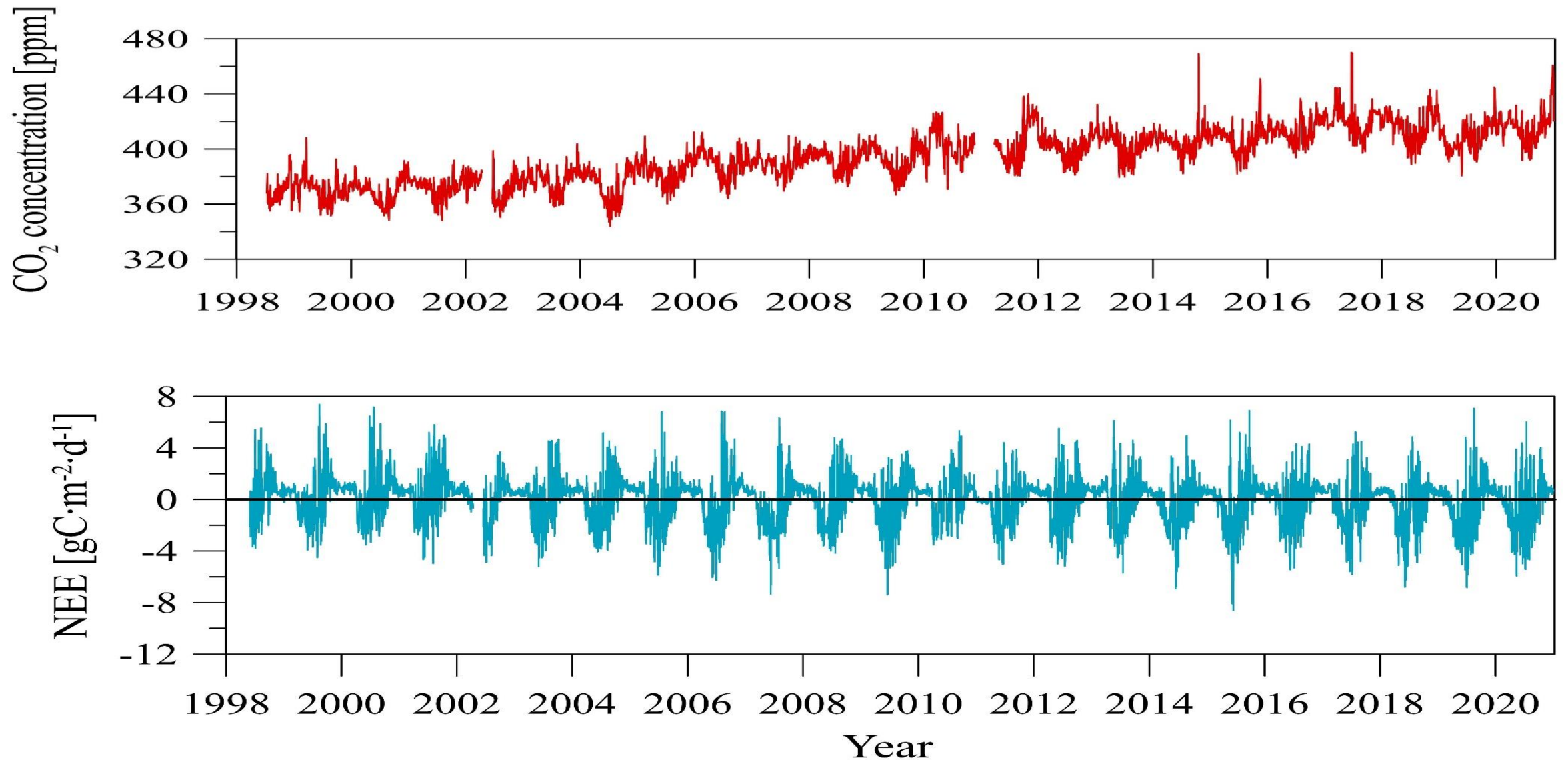
Южно-Валдайская экологическая обсерватория ИПЭЭ РАН: наблюдения за потоками парниковых газов с 1998 г.



Все площадки оборудованы эколого-климатическими станциями для автоматических высокочастотных непрерывных наблюдений за экосистемными потоками парниковых газов на основе методики турбулентных пульсаций и метеорологическими величинами.

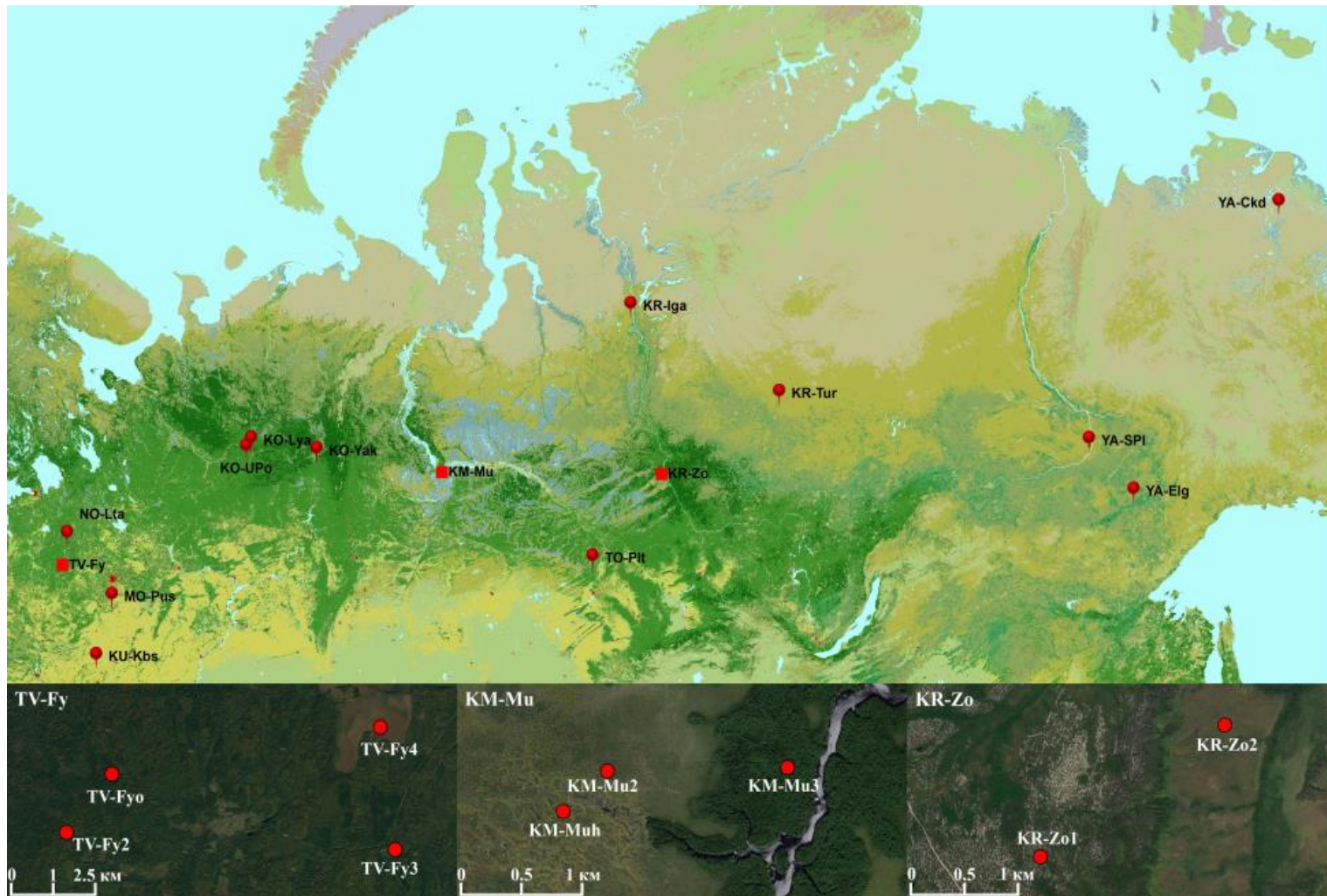






Многолетняя динамика концентрации CO<sub>2</sub> и чистого экосистемного обмена в ельнике сфагново-черничном на территории Центрально-Лесного биосферного заповедника (Тверская обл.).



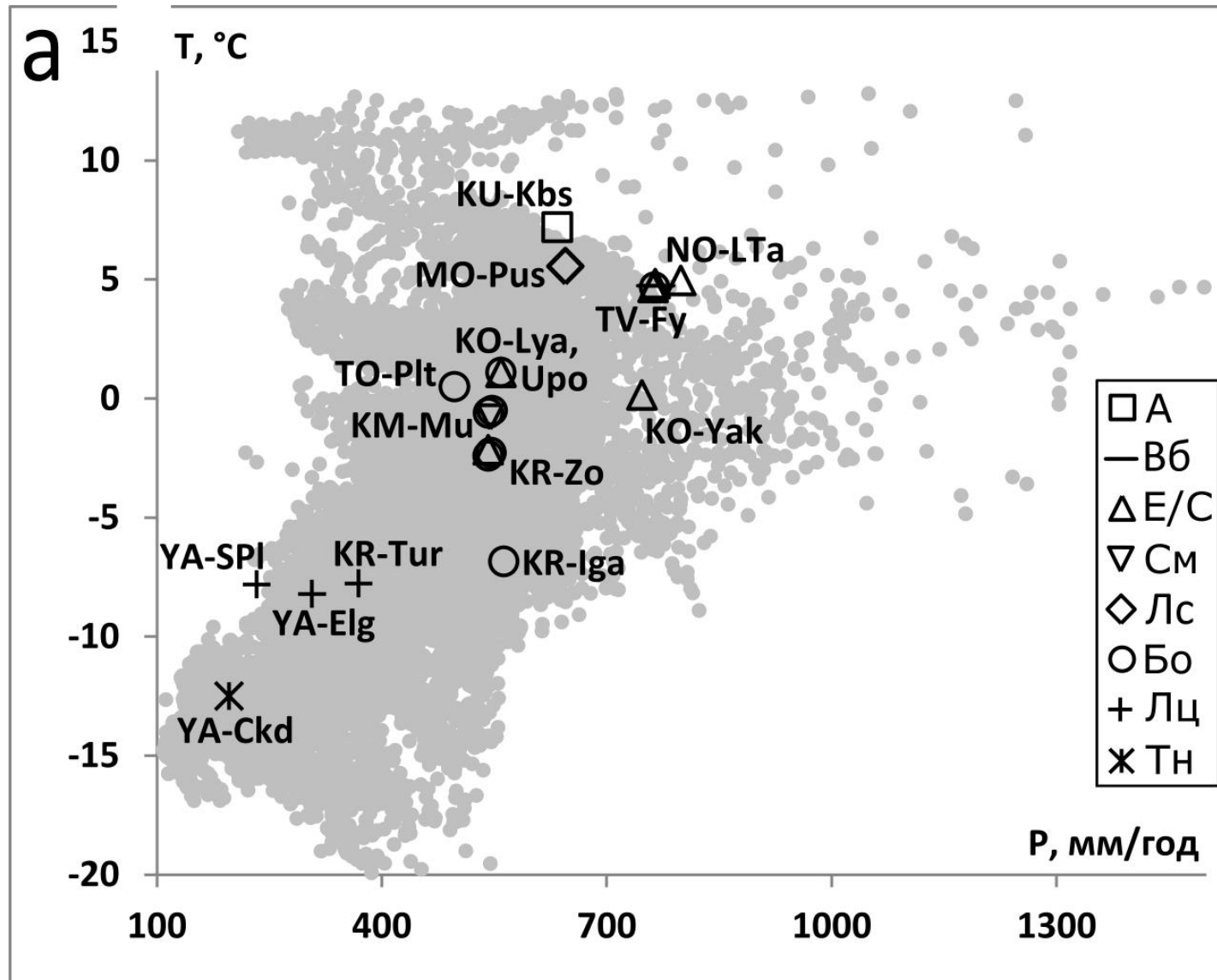


## Легенда

- Вечнозеленые хвойные леса
- Листопадные хвойные леса
- Листопадные лиственные леса
- Смешанные леса
- Сомкнутый кустарниковый покров
- Редкий кустарниковый покров
- Редколесья, сомкнутость 30-60%
- Редколесья, сомкнутость 10-30%
- Травянистые сообщества
- Непересыхающие болота
- Агрэкосистемы
- Антропогенные ландшафты
- Мозаика природных ландшафтов
- Постоянные снега и льды
- Местность, лишенная растительности
- Водные поверхности

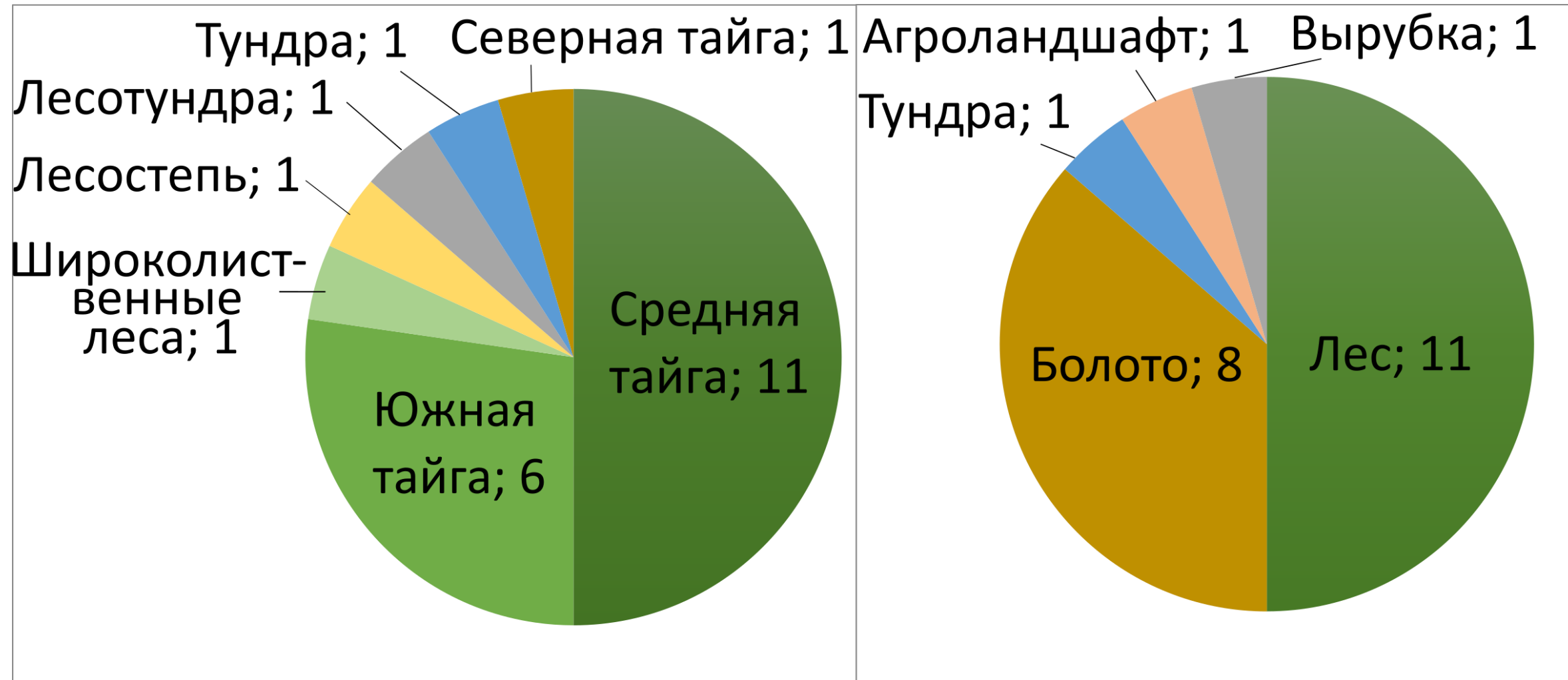
География измерительных комплексов на территории России. Типизация растительности построена по данным MODIS (Broxton et al., 2014). Во врезках карты показаны локальные сети измерений: в Тверской области (TV-Fy<sub>0</sub>, TV-Fy<sub>2</sub>, TV-Fy<sub>3</sub>, TV-Fy<sub>4</sub>), в Ханты-Мансийском автономном округе (KM-Muh, KM-Mu<sub>2</sub>, KM-Mu<sub>3</sub>), в Красноярском крае (KR-Zo<sub>1</sub>, KR-Zo<sub>2</sub>). Основа карты: Imagery ©2022 TerraMetrics, Map Data ©2022 Google.

**Наблюдения проводятся в широком диапазоне климатических условий: средняя годовая температура воздуха на объектах изменяется от -12.5 до +5°C, годовые осадки – от 196 до 799 мм**



Кружки с серой заливкой - среднегодовая  $T$  и  $P$  из архива CRU TS v4.03 (Harris et al., 2020) по регулярной сетке  $0.5^\circ$  для всей территории РФ за 1991-2020

агроландшафт  
вырубка  
ель/сосна  
смешанный лес  
лиственный лес  
болото  
лиственница  
тундра



86% станций сети RuFlux расположено в лесных и болотных экосистемах,  
77% всех станций – в средней и южной тайге



**Корректная работа  
измерительных комплексов**

**Организация тренингов, специальных курсов, поиск кадров  
Создание технологического центра (группы) для контроля работы измерительного оборудования**

**Непрерывность измерений**

**Развитие инфраструктуры (транспортная доступность, электроснабжение, обновление приборной базы измерений)**

**Обработка данных, доступность результатов измерений**

**Стандартизация процедур обработки  
Создание центра (группы) по обработке и контролю качества данных  
Формирование общей базы данных  
Разработка протоколов использования данных**

## **Заключение**

**Единая методическая основа наблюдений за экосистемными потоками углерода позволила рассматривать имеющиеся на территории России эколого-климатические станции как основу для развития национальной российской сети мониторинга потоков ПГ в рамках реализации ВИП ГЗ НОЦ “Углерод в экосистемах: мониторинг”.**

**В 2023 г. сеть мониторинга должна включать 22 (+) станции, измерения на которых позволят получать непрерывные высокочастотные оценки потоков парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) в репрезентативных наземных экосистемах различных природных зон России.**

**Для получения качественных и круглогодичных данных наблюдений на сети мониторинга потоков ПГ необходимо формирование и развитие центров технологической поддержки экспериментальных исследований и обработки результатов наблюдений.**

**Единая база наблюдений за потоками ПГ - инструмент анализа пространственной и временной изменчивости баланса углерода на территории России.**

# Спасибо за внимание!



Институт проблем  
экологии и эволюции  
им. А.Н.Северцова  
РАН

<https://sev-in.ru>

Центрально-Лесной  
государственный  
природный  
биосферный  
заповедник

<https://clgz.ru>