



**ритм**  
УГЛЕРОДА

Карельский научный центр  
Российской академии наук

# Оценка пулов и потоков углерода в природных экосистемах Республики Карелия

*Бахмет Ольга Николаевна*

*член-корреспондент РАН, генеральный директор Карельского научного центра РАН*

## Глобальное изменение климата

- Исследователи во всём мире пришли к выводу, что глобальное климатическое потепление является свершившимся фактом
- Антропогенные выбросы климатически активных газов являются если не единственной, то значимой причиной изменений климата
- Количество антропогенных выбросов влияет на скорость повышения температуры; разработаны разные прогнозные сценарии на период до 2100 года

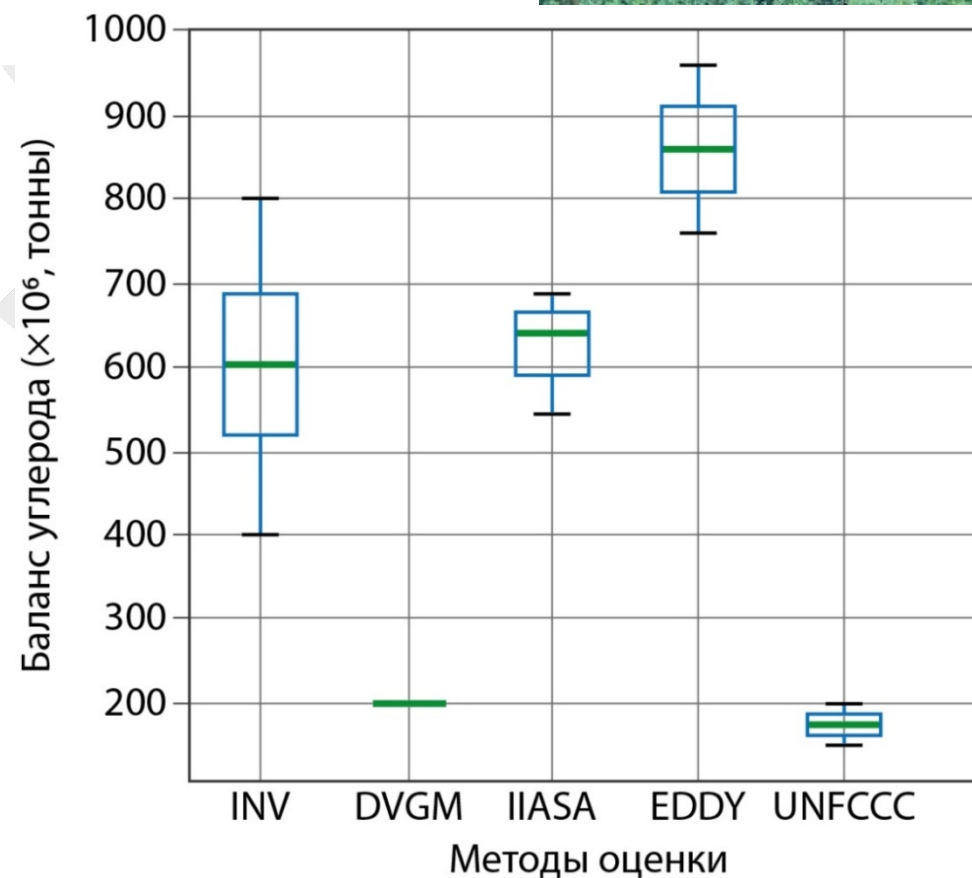


- В зависимости от сценария роста концентрации парниковых газов потери мировой экономики в XXI столетии от потепления могут составить от 5 до 20% ВВП
- Риски потерь можно уменьшить за счёт интенсификации поглощения углерода из атмосферы техническими методами, растительной биомассой или органическим веществом почв



## Неопределенность оценок бюджета углерода лесов

- ✓ **INV** - Оценки на основе ГИЛ (Filipchuk et al. 2017)
- ✓ **DVGM** - Динамические модели растительности (Cramer et al. 1999; Dolman et al. 2012; Sitch et al. 2015)
- ✓ **IIASA** - Оценки Международного Института прикладного системного анализа (Shvidenko, Schepaschenko 2014; Shvidenko et al. 2019)
- ✓ **EDDY** - Оценки на основе сочетания данных ГИЛ, измерений на климатических вышках и инверсионных моделей (Dolman et al. 2012)
- ✓ **UNFCCC** - Согласно отчетам Рамочной конвенции ООН по изменению климата



## Вызовы глобального изменения климата



### Финансовые последствия

- ✓ Парижское соглашение (2015 г.), ратифицированное 189 странами мира, подразумевает **критическое снижение выбросов парниковых газов к 2050 году**; в 2021 году в Глазго Российская Федерация взяла на себя обязательство выйти на углеродную нейтральность к 2060 году
- ✓ «Зелёная сделка» Евросоюза предполагает **инвестиции в низкоуглеродные технологии** в размере 1 трл. евро на ближайшие 10 лет
- ✓ Цена углеродного следа уже используется на внутреннем рынке ЕС, на 2021 год 41 евро за 1 т CO<sub>2</sub>
- ✓ Также ЕС предполагает ввести **трансграничный углеродный сбор** на энергоносители и карбоноёмкой продукции

- Само по себе повышение температуры **не представляет собой катастрофы**
- Проблема отчасти заключается **в скорости** изменений, которая не позволяет человеку полноценно адаптироваться к ним
- Скорость изменений также **угрожает биологическому разнообразию**, поскольку вымирание видов происходит быстрее, чем видообразование
- Особого внимания заслуживают экосистемы, которые испытывают наибольшее воздействие потепления: жаркие аридные области, береговые экосистемы и т.д.



## Роль Парижского соглашения для мира и России

Статья 5 1. Стороны должны предпринимать действия по охране и повышению качества, в соответствующих случаях, поглотителей и накопителей парниковых газов, как это упомянуто в статье 4, пункт 1 d), Конвенции, включая леса

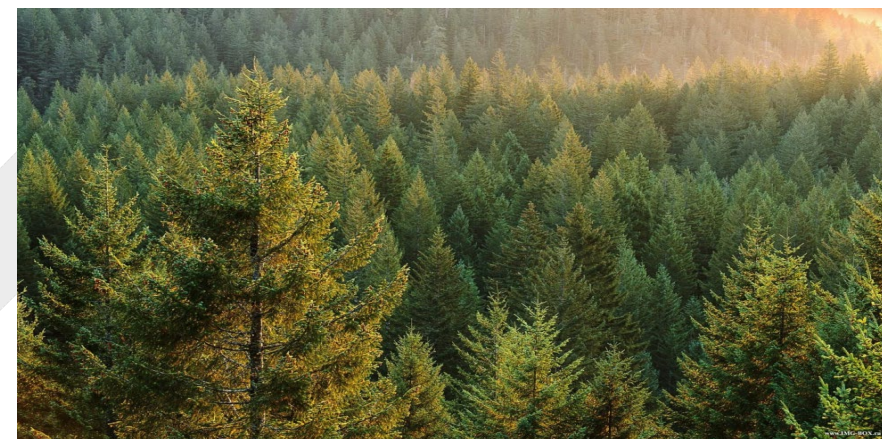
### Национально-определяемый вклад Российской Федерации

Долгосрочной целью ограничения антропогенных парниковых выбросов парниковых газов в Российской Федерации может быть показатель 70-75% выбросов 1990 года к 2030 году при условии максимально возможного учета поглощающей способности лесов.

**Леса около 50 %**

**Болота и заболоченные земли около 20 %**

**Заброшенные сельхозземли ? %**



## Исследования потоков климатически активных газов

Карбоновые полигоны позволяют проводить ряд важнейших исследований потоков климатически активных газов.

Например:

- Оценить интегральные потоки парниковых газов из экосистем и дифференцированно из почвы, растительности и водно-болотных объектов;
- Разработать технологии дистанционного учета (со спутников и беспилотников) запасов углерода в растениях и в почве и потоков парниковых газов;
- Разработать и верифицировать математические модели углеродного баланса экосистем на эталонных участках;
- Отработать подходы и методы долговременного связывания углерода в биомассе и в гумусе.

Один или несколько участков земной поверхности с репрезентативными для данной территории рельефом, структурой растительного и почвенного покрова, на котором реализуется комплекс мероприятий, направленных на развитие научного, кадрового и инфраструктурного потенциалов в области разработки и испытаний технологий контроля баланса климатически активных газов природных экосистем.

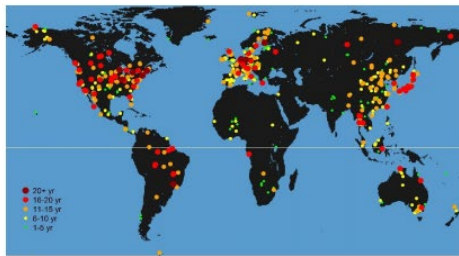
- ✓ Наземная система прецизионных наблюдений за потоками климатически активных газов с помощью современных высокотехнологичных средств измерений
- ✓ Система дистанционного мониторинга на основе беспилотных платформ и приема спутниковых измерений
- ✓ Междисциплинарный образовательный компонент для подготовки квалифицированных кадров



## Исследования потоков климатически активных газов

### Мировой опыт

Площадки с измерениями потоков углерода, водяного пара и энергии в экосистемах, методом методом вихревых микропульсаций (eddy covariance).  
Открытый обмен данными. Совместная работа исследователей и модельеров.



FluxNet

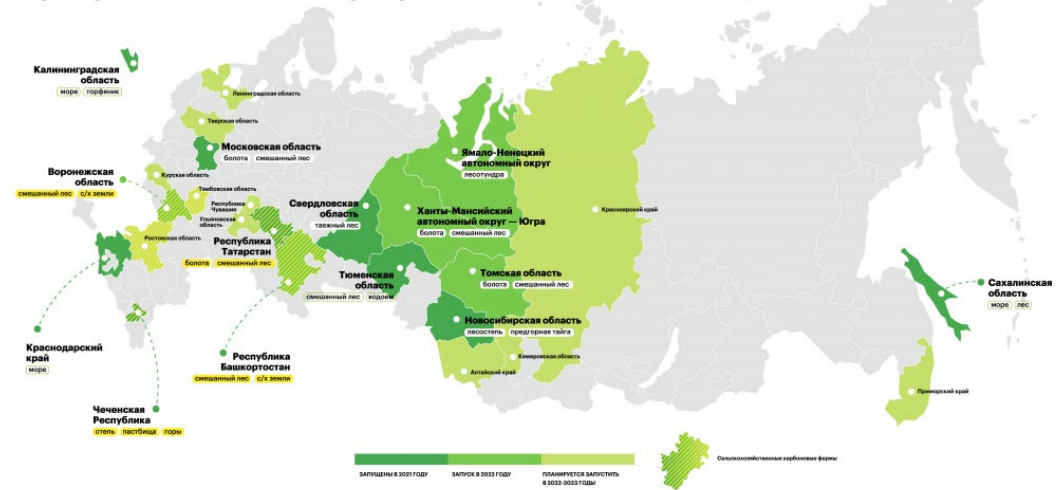


AmeriFlux

В феврале 2021 года Министерство науки и высшего образования Российской Федерации года запустило пилотный проект по созданию на территории регионов России карбоновых полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса.

**Карбоновый полигон** - территория с уникальной экосистемой, созданная для реализации мер контроля климатических активных газов с участием университетов и научных организаций.

### Планируемые в рамках пилотного проекта полигоны при организациях Минобрнауки России



О полигонах для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса

В целях реализации национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменению климата на период до 2022 года, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р, в соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, и Климатической доктриной Российской Федерации, утвержденной распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп, в связи с необходимостью повышения эффективности научно-технической деятельности в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений при к а з в а ю:

1. Реализовать пилотный проект по созданию полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса как специально оборудованных участков местности, используемых для разработки и испытаний технологий дистанционного и наземного контроля эмиссии парниковых газов и других значимых для изменения климата параметров и проведения исследований источников и пологотельной парниковых газов (далее – пилотный проект).

# Определение пулов и потоков углерода в экосистемах Республики Карелия

Площадь земель лесного фонда Республики Карелия – 14,5 млн га, болота и заболоченные леса занимают 3,6 млн га и 1,8 млн га.

**Республика Карелия является территорией со значительным преобладанием депонирования парниковых газов на их эмиссиями.**

**Кроме того, в РК создается карбоновый полигон для мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, а также разрабатываются технологии по «связыванию» углерода атмосферы.**





## ФНТП в области экологического развития РФ и климатических изменений на 2021 - 2030 годы (Постановление Правительства РФ от 08.02.2022 № 133)



В качестве задач программы определено создание **научоемких технологических решений**, направленных на:

- ✓ обеспечение экологической безопасности, улучшение состояния окружающей среды;
- ✓ изучение климата, механизмов адаптации к климатическим изменениям и их последствиям;
- ✓ обеспечение устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов путем проведения исследований источников эмиссии и поглотителей парниковых газов и принятия мер по уменьшению негативного воздействия таких газов на окружающую среду.

Реализация программы будет осуществляться по следующим направлениям: **мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и климата; смягчение антропогенного воздействия на окружающую среду и климат; адаптация экологических систем, населения и отраслей экономики к климатическим изменениям.**

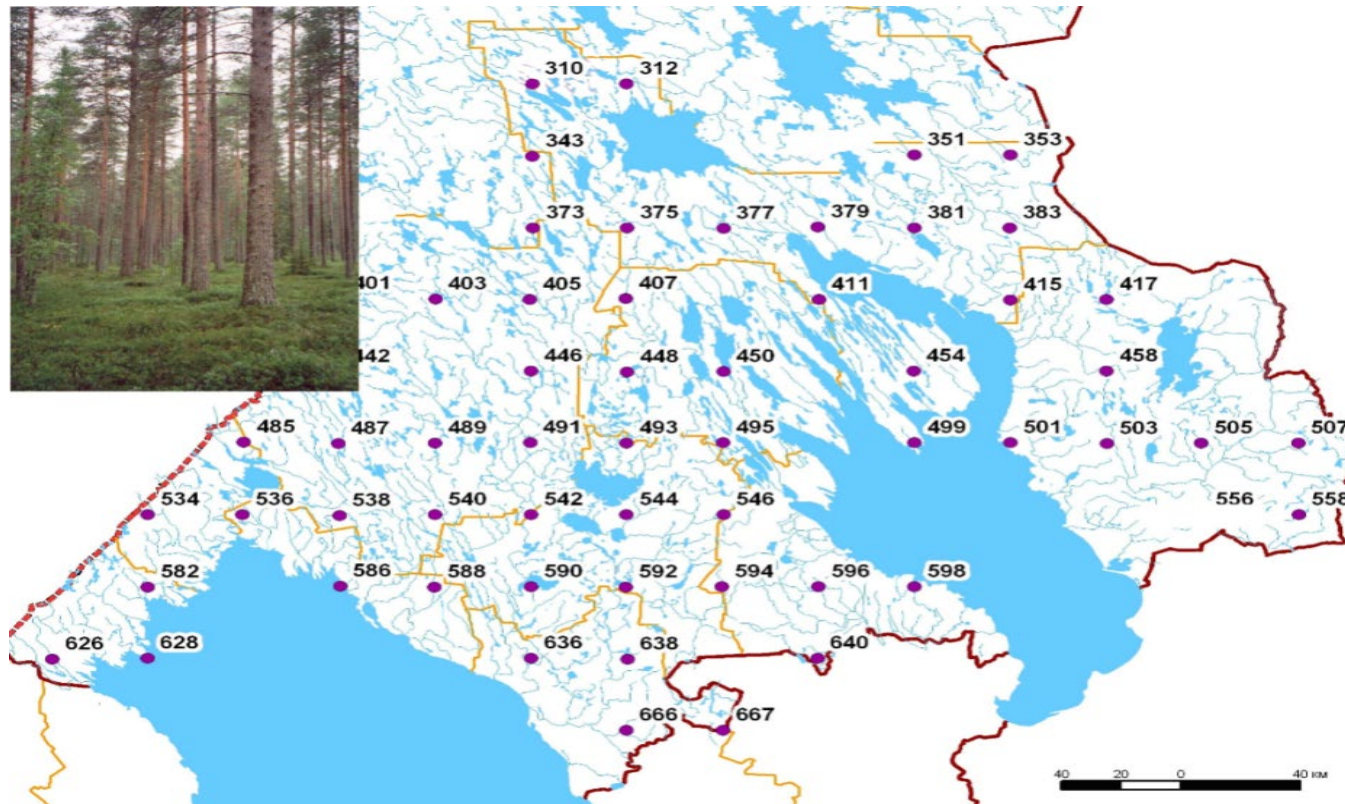
Среди ожидаемых результатов программы обозначены, в частности, **разработка системы климатического мониторинга гидросферы суши, ледников, многолетней мерзлоты, наземного покрова и почв**, а также системы моделирования для управления погодно-климатическими и экологическими рисками для социальной сферы и экономики.



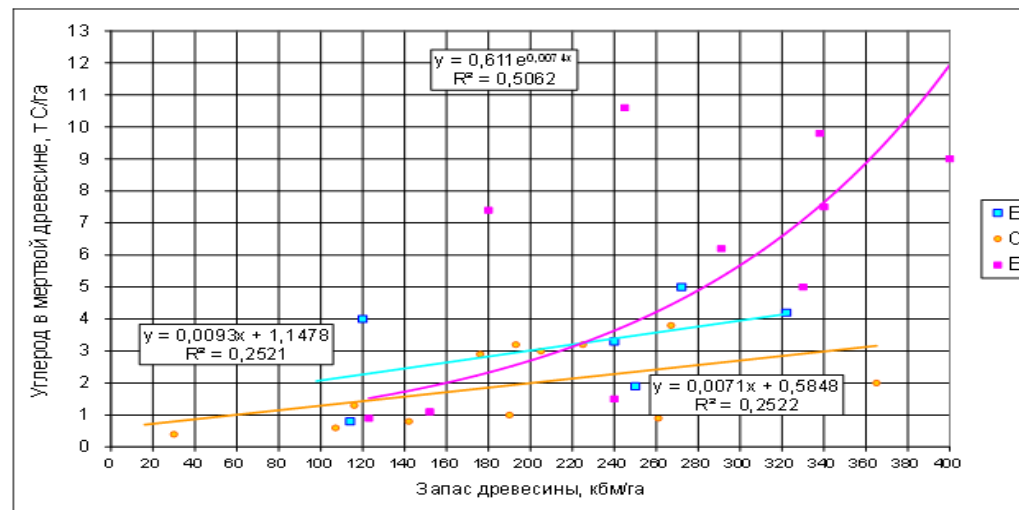
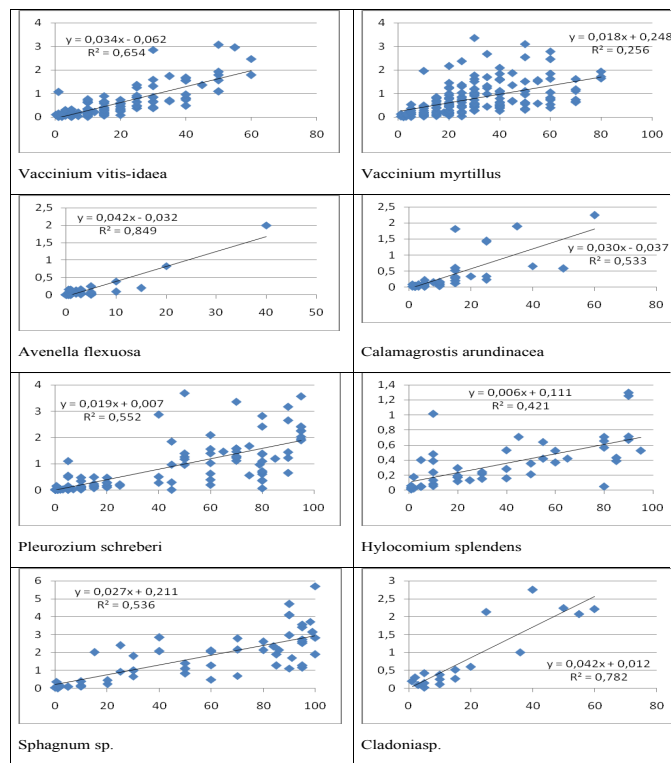
# Оценка пулов и потоков углерода в Республике Карелия

## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА НА РЕГУЛЯРНОЙ СЕТИ МОНИТОРИНГА, ЗАЛОЖЕННОЙ ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТАМ – 2022 г.

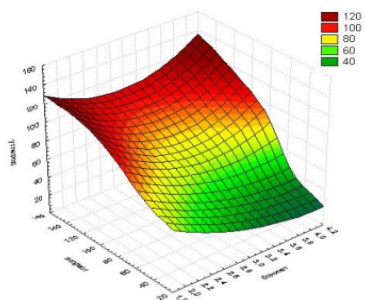
- сведения и анализ данных по пулам углерода в почвах и растительности в среднетаежных лесах на регулярной сети мониторинга,
- оценка динамики пула углерода в почвах и растительности среднетаежной подзоны,
- анализ имеющихся сведений по потокам углерода в среднетаежной подзоне,
- разработка методологической основы для содержательной интерпретации данных, полученных с помощью методов ДЗЗ по природным экосистемам региона,
- подбор репрезентативных стационарных пробных площадей для определения пулов и измерения потоков углерода в среднетаежной подзоне Карелии.



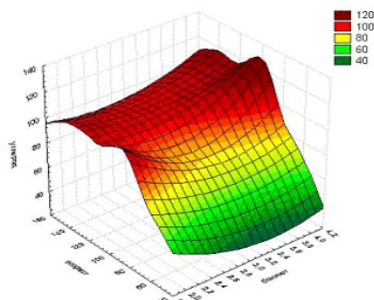
# Оценка пулов и потоков углерода в Республике Карелия



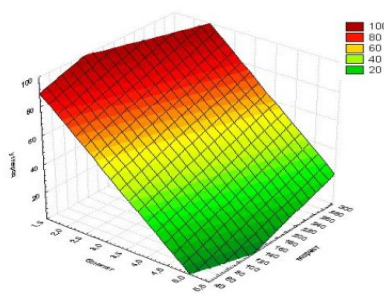
В ходе математико-статистической обработки полученных данных был выявлен ряд зависимостей, позволивших оценить запасы углерода в древостоях, живом напочвенном покрове и почвах по состоянию на время закладки сети пунктов постоянного наблюдения, а также получить представления о различиях в динамике пулов углерода в древостоях основных преобладающих пород.



березняки и осиники



ельники



сосняки

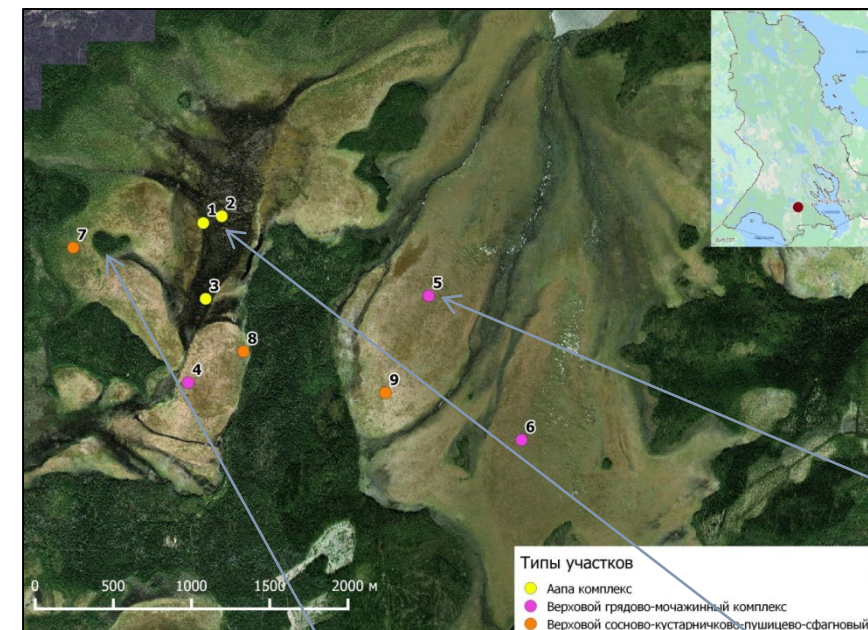
# Оценка пулов углерода в болотных экосистемах Республики Карелия

Лесоболотный научный стационар КарНЦ РАН «Киндасово».

**Болотная система Койвуламбисуо площадью 1875 га**, включает участки растительности наиболее характерных типов болот средней тайги Карелии. Охраняется в ранге регионального болотного заказника.

На болотах стационара с 70-х годов ведутся обширные исследования.

В 2023 г заложено 9 пробных площадей (ПП)  
по 3 в каждом из основных типов болотных участков.



Верховые сосново-кустарничково-пушицево-сфагновые (СКПС)

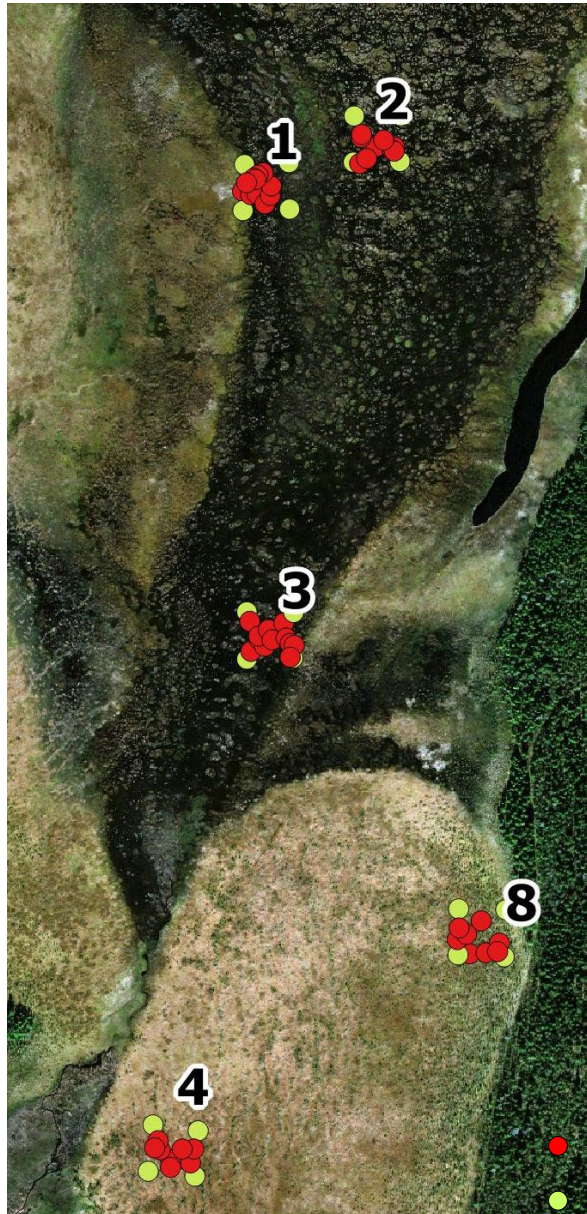


Аапа



Верховые грядово-мочажинные сфагновые (ГМК)

# Оценка пулов углерода в болотных экосистемах Республики Карелия



## Отбор фитомассы

На каждой ПП заложено 8-12 точек отбора фитомассы (ТО) надземной (40x40 см) и подземной (10x10 см), минимум по 5 на повышениях и 3 на понижениях микрорельефа.

точки отбора углы ПП

Кочки, гряды

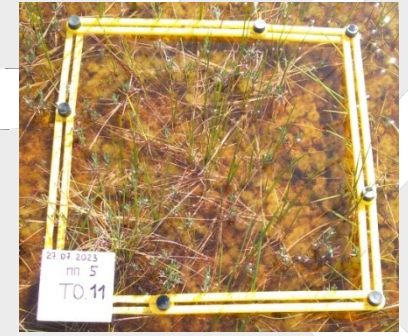
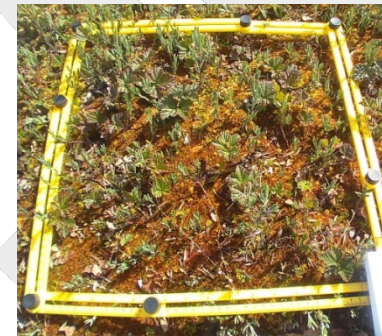


Мочажины, понижения



Аапа

Верховой  
грядово-  
мочажинный  
комплекс



Сосново-  
кустарничково-  
пушицево-  
сфагновый



# Оценка пулов углерода в агроландшафтах Республики Карелия

Лугово-пастбищные и зарастающие в разной степени агроландшафты.

18 пробных площадей (ПП), расположенных на мелиорированных землях.

Типы почв:

✓ Органогенные

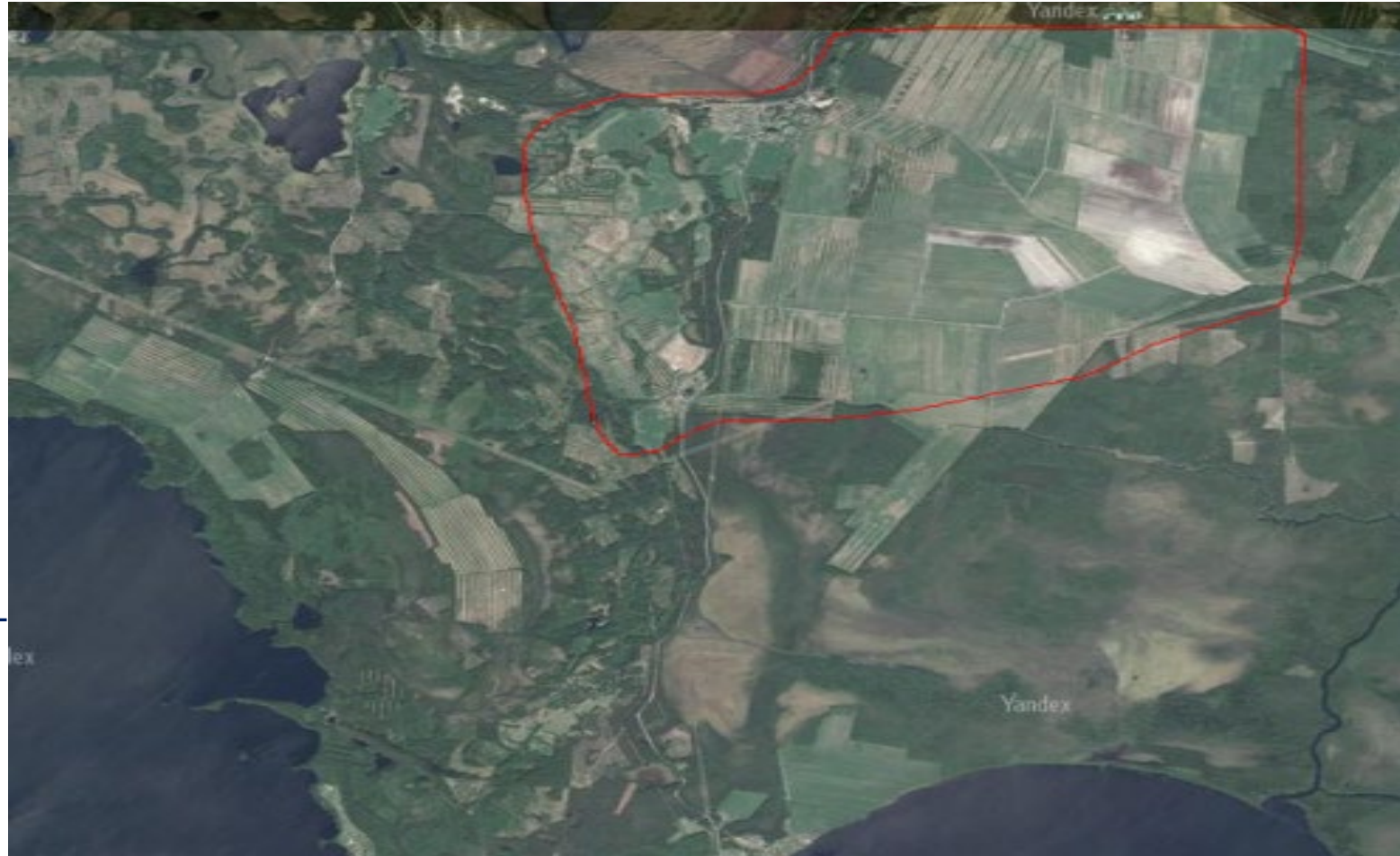
(торфяные низинно-болотные) – 9 шт.

✓ Минеральные

(дерново-среднеподзолистые) – 9 шт.

ПП на органогенных почвах представлены тремя типами участков: используемые для сенокоса, а также заброшенные кормовые угодья, которые в ходе сукцессии зарастают травянистой и древесно-кустарниковой растительностью.

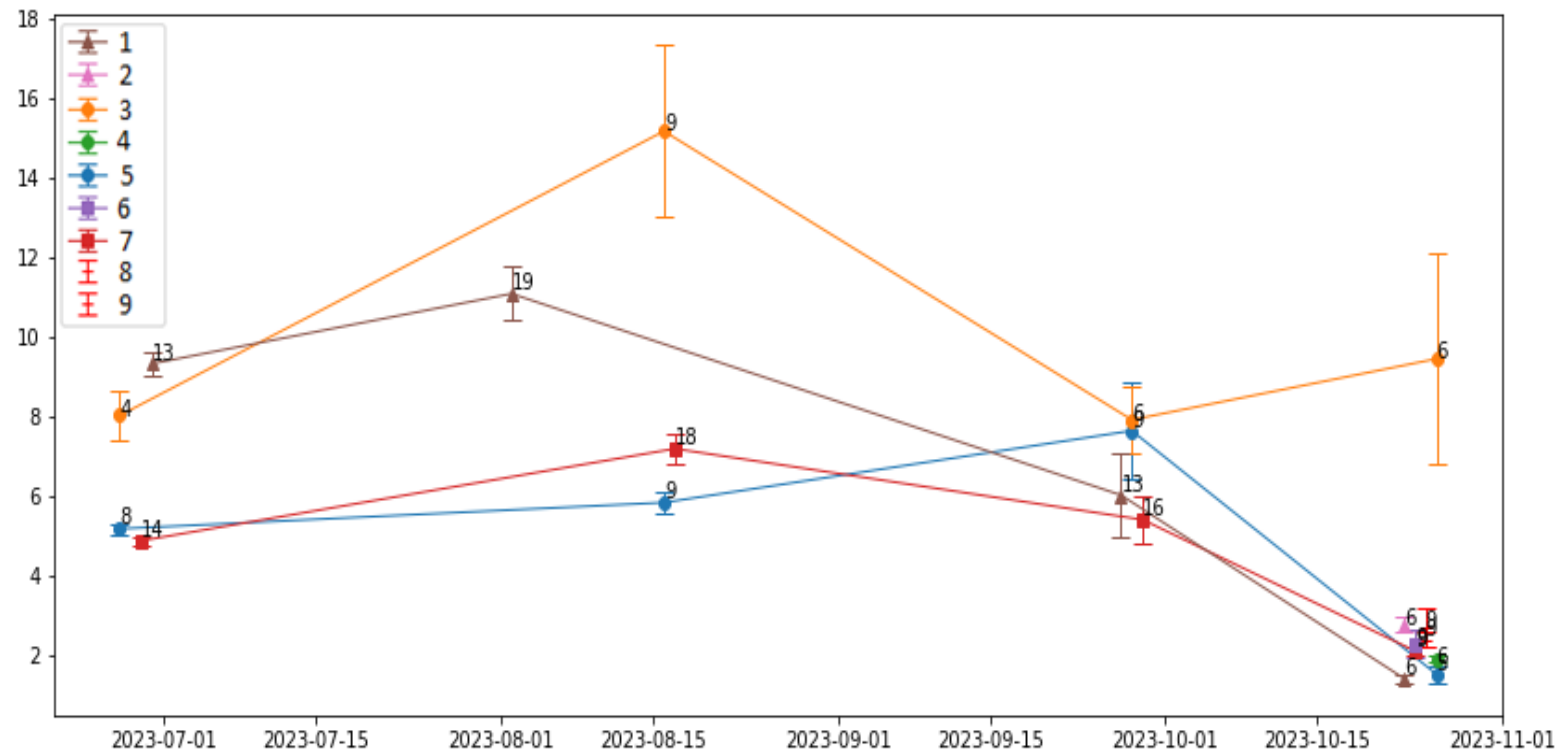
ПП на минеральных почвах расположены на используемых сенокосах, пастбищах и залежи, зарастающей хозяйственно непригодными травянистыми растениями.



# Определение почвенной эмиссии углерода на органогенных почвах

## Измерение почвенных потоков углекислого газа с поверхности, г/(кв.мхсут)

Потоки углерода из почвы зависят от её температуры ( $r=0,78$ ).



В верхнем левом углу – номера ТУ, на графиках приведены числа рядом с точками – повторность измерений и значения стандартной ошибки среднего.

Максимальный уровень эмиссии  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы приходится на середину августа, в конце сентября и октябре, когда отмирает надземная органическая масса растений и уменьшается микробиологическая активность почвы, эмиссия углерода с её поверхности минимальна.

# Федеральная научно-техническая программа

## В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ БУДУТ ПОЛУЧЕНЫ НОВЫЕ ДАННЫЕ И ИНФОРМАЦИЯ

### Новые данные

- ✓ **Объективные оценки поглощающей способности наземных экосистем России**

### Верифицированные оценки

- ✓ **Верифицированные оценки бюджета углерода в управляемых наземных экосистемах (лесные, сельскохозяйственные, болотные)**

## ПОЧЕМУ ВАЖЕН ЭТОТ РЕЗУЛЬТАТ?

- ✓ Используются для создания глобальной модели Земной системы мирового уровня
- ✓ Используются для создания новых конверсионных коэффициентов для Национального кадастра
- ✓ Основа для обоснования достоверности данных по пулам углерода и потокам парниковых газов в наземных экосистемах на международных переговорах

- ✓ **Параметры экономических моделей**
- ✓ Является основой для оценок почвенных пулов углерода и потоков парниковых газов в лесах, не предусмотренных в государственной системе мониторинга и государственной инвентаризации лесов
- ✓ Является основой для принятия решений по устойчивому управлению лесами, сельскохозяйственными и болотными экосистемами в условиях глобальных изменений климата

### ЗАИНТЕРЕСОВАННЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ

Минэкономразвития России; Минприроды России; Росгидромет; Рослесхоз; Минсельхоз России



- **оценка запасов углерода в природных экосистемах**  
(использование методик наземной оценки пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России, соответствующих международным стандартам)
- **прогноз динамики запасов углерода**  
(прогнозные оценки динамики пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России при разных сценариях землепользования и климатических изменений)
- **разработка технологий по уменьшению концентрации парниковых газов в атмосфере**





Карельский  
научный центр  
Российской  
академии  
наук



*Благодарю за внимание!*