

Динамика поступления углерода с атмосферными выпадениями и выноса почвенными водами в хвойных лесах на основе данных многолетнего мониторинга

Л.Г. Исаева

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное
подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный
центр Российской академии наук» (ИППЭС КНЦ РАН)*

Апатиты, Мурманская область, l.isaeva@ksc.ru

- Научно-исследовательская тема направлена на решение фундаментальной экологической проблемы оценки пулов и потоков углерода в репрезентативных наземных экосистемах Мурманской области.
- Лесные экосистемы играют ключевую роль в регулировании циклов углерода. Получение данных по запасам углерода отдельных регионов и уточнение существующих данных, касающихся всей территории России, в настоящее время особенно актуальны. На территории Мурманской области представлены различные сукцессионные стадии лесов, обусловленные комбинированным действием естественных и антропогенных факторов.
- С 1990-х гг. , когда Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН стал участником международной программы ICP Forests, под руководством профессора В.В. Никонова начались работы по биогеохимическому мониторингу, формируется уникальная база данных по динамике потоков углерода в северотаежных лесах. Мониторинг ведется непрерывно с периодичностью 1 раз в месяц.
- Включение мониторинговых площадей/станций института в единую сеть на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня позволит продолжать эти работы.

Цель исследований: Оценка динамики поступления соединений углерода с атмосферными выпадениями и выноса с почвенными водами в хвойных лесах на северном пределе распространения на основе данных многолетнего мониторинга (1992-2022 гг.)

Задачи:

- 1) Сравнительная оценка динамики поступления соединений углерода с атмосферными выпадениями и выноса с почвенными водами в хвойных лесах на северном пределе распространения на основе данных многолетнего мониторинга;*
- 2) Анализ инфраструктуры пробных площадей, на которых проводятся оценки пулов углерода в регионе.*

Схема расположения площадок постоянного наблюдения (ППН) на территории Мурманской области



RUS 1
S 05

RUS 0

M1K7
1-85
6-92 M1K5
8-93
M1K4
12-94

25-02 23-98
24-98

Image Landsat / Copernicus
Image IBCAO

Google Earth

Методика отбора атмосферных выпадений – в форме снега



Отбор снегового керна проводится цилиндром из плексигласа последовательно сверху вниз частями до поверхности почвы ежегодно весной перед началом снеготаяния. Отбор проб осуществляется ежегодно с 1998 г. по настоящее время в подкروновых, межкروновых и открытых пространствах в трехкратной повторности.

Осадкоприемники для сбора атмосферных выпадений – в форме дождя



Осадкоприемники для сбора дождевых вод представляют собой пластиковые трубы. Внутри трубы помещается полиэтиленовый пакет вместимостью до 3 литров, закрепляемый специальным колпаком. Для предотвращения попадания растительного опада, насекомых, прочих частиц поверхность трубы перед закреплением колпаком покрывается съемной мелкоячеистой сеткой из синтетического материала. На большинстве мониторинговых площадок осадкоприемники смонтированы стационарно под кронами деревьев, в межкروновых пространствах и на открытой территории.

Методика отбора атмосферных выпадений в форме дождя



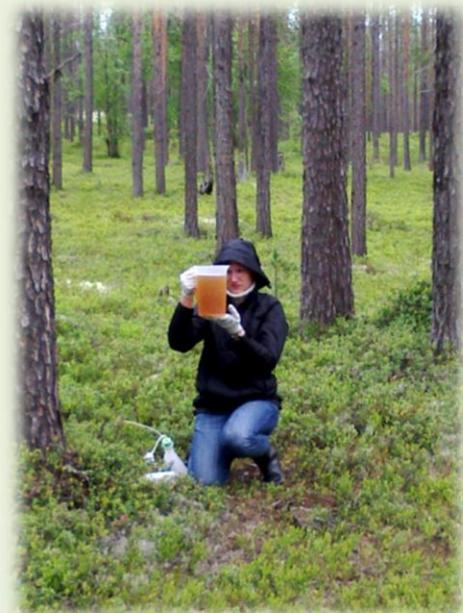
В полевых условиях с помощью пластиковой мерной посуды замеряется объем дождевых вод, скопившихся в осадкоприемнике за месячный период. Для анализа отбирается аликвотная часть пробы (не менее 250–300 мл) в подкروновых, межкروновых и открытых пространствах . Отбор проб дождевых вод осуществляли ежегодно с 1999 г. по настоящее время.

Установка почвенных лизиметров



Лизиметры установлены в подкروновых и межкروновых пространствах. Отбор почвенных вод осуществляется из почвенных лизиметров гравитационного типа. Данный тип лизиметра представляет собой конструкцию из воронки и колбы-приемника. В воронку вставляется пластиковая фильтрационная сетка и отводная трубка, затем воронка засыпается дренажем из полиэтиленовой крошки. Для исследования внутрипрофильной миграции лизиметры устанавливали на глубине 5, 20 и 30 (40) см, что в целом соответствует трем почвенным горизонтам (органогенному, элювиальному и иллювиальному). На каждой площадке монтаж оборудования проводится в межкروновых и подкروновых пространствах с учетом парцеллярной структуры биогеоценоза. Перед установкой лизиметра специальным буром извлекается неповрежденный почвенный монолит с необходимой глубины, затем буром меньшего диаметра делается углубление для приемной бутылки.

Методика отбора почвенных вод

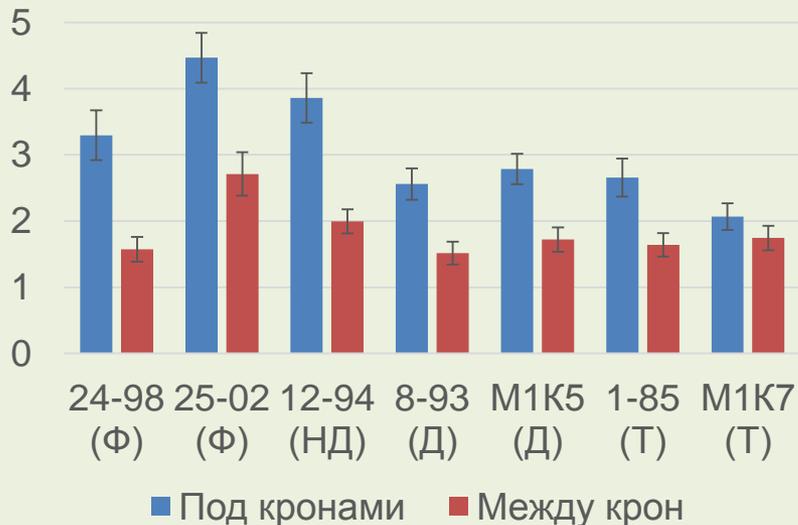


В полевых условиях с помощью пластиковой мерной посуды проводится измерение объема лизиметрических вод, скопившихся в приемнике лизиметра за месячный период. Для анализа отбирается аликвотная часть пробы (не менее 250–300 мл).

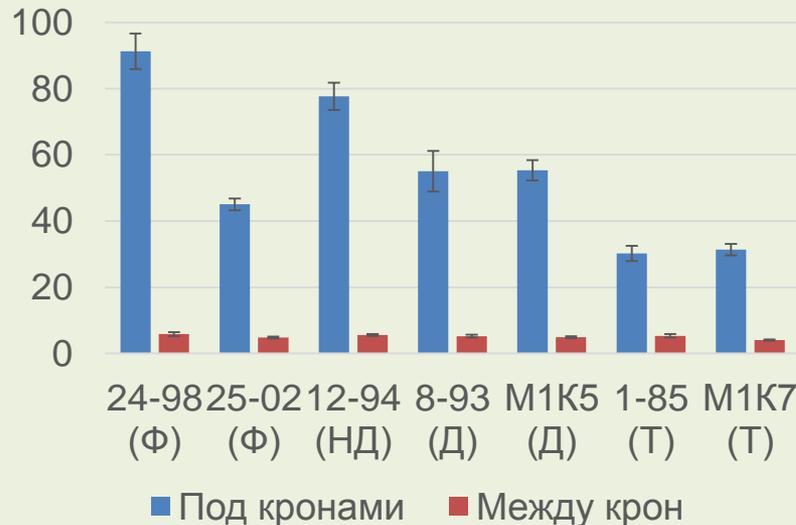
Отбор проб дождевых вод осуществляли ежегодно с 1995 г. по настоящее время.

Концентрация углерода в атмосферных и почвенных водах (мг/л), за период с 1995 по 2022 гг.

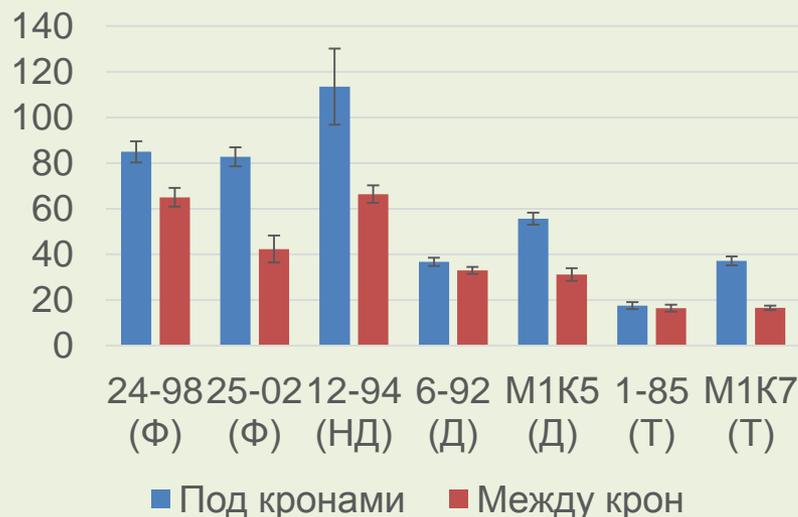
Концентрация С в снеге



Концентрация С в дожде



Концентрация С в водах из А0 горизонта почв

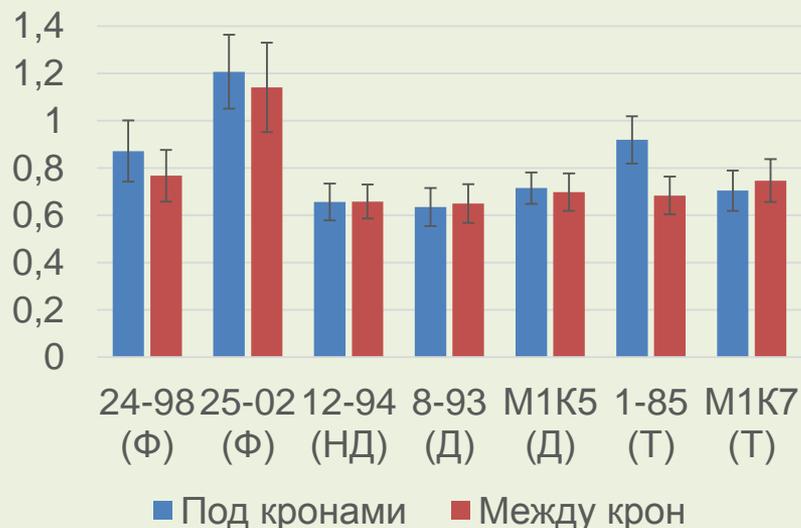


Ф – фоновая территория, 160 км
 НД – стадия начинающейся дефолиации, 60 км
 Д – Дефолирующие леса, 30 км
 Т – Техногенное редколесье, 7 км

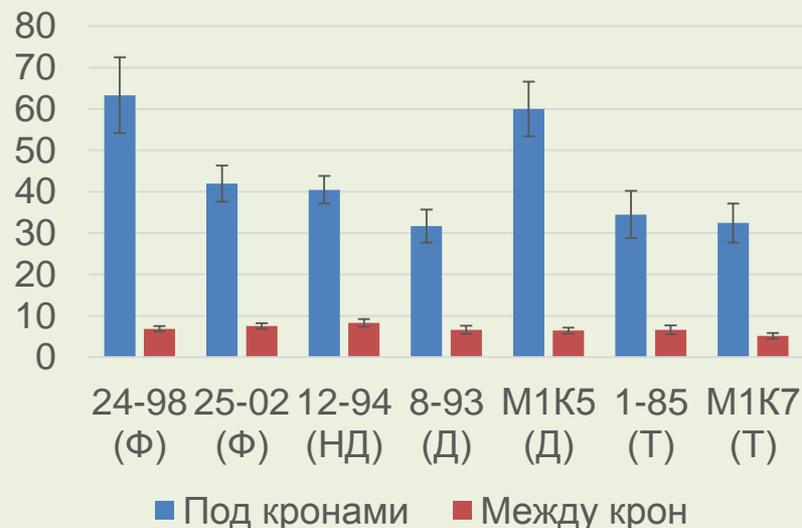
Концентрации и выпадения соединений углерода из атмосферы меньше по сравнению с концентрациями и выносом его с почвенными водами, что объясняется прохождением водных потоков сквозь полог леса и напочвенный покров.

Среднегодовые выпадения углерода из атмосферы и вынос его с почвенными водами (кг/га), за период с 1995 по 2022 гг.

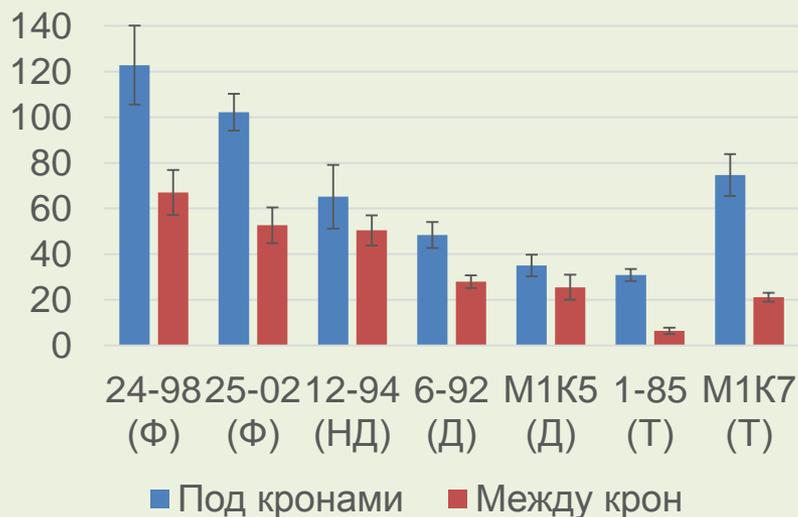
Выпадения С со снегом



Выпадения С с дождем



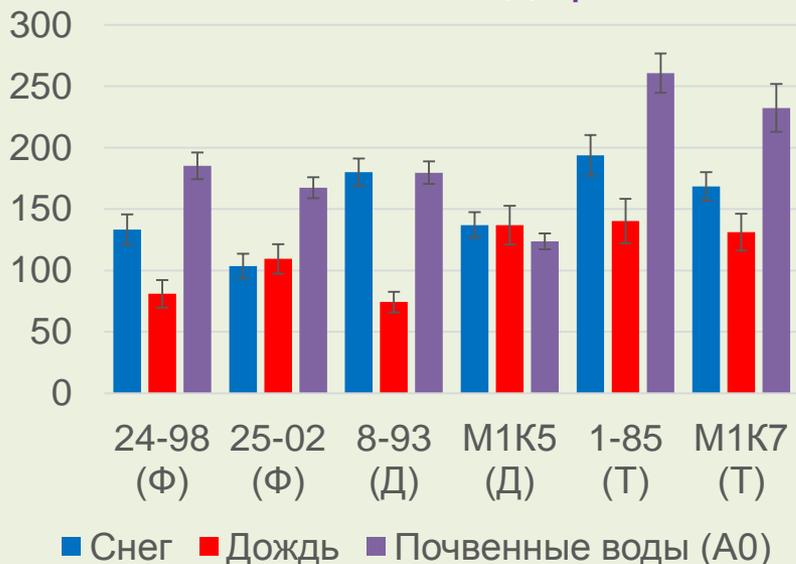
Вынос С с водами из А0 горизонта почв



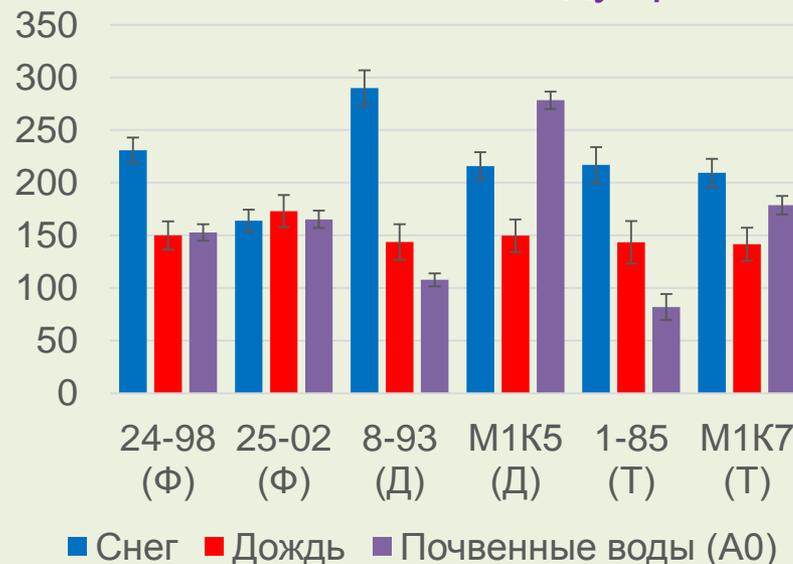
- В снеге наблюдаются наименьшие концентрации и выпадения соединений углерода, так как зимние атмосферные выпадения приурочены к периоду биологического покоя.
- На всех стадиях дигрессии концентрации большинства элементов в атмосферных и почвенных водах, так же как их выпадения из атмосферы и вынос с почвенными водами, как правило, выше в подкروновых пространствах еловых и сосновых лесов, чем в межкروновых. Это связано со смывом и выщелачиванием соединений элементов из крон деревьев, опада и почв.
- В дефолирующих лесах и техногенных редколесьях по сравнению с фоном обнаружено снижение концентраций углерода в атмосферных выпадениях и почвенных водах, что объясняется снижением количества опада из-за ухудшения состояния и гибели деревьев.

Среднегодовое количество (мм) и среднемесячный объем (V) атмосферных выпадений и почвенных вод с 1999 по 2022 г.

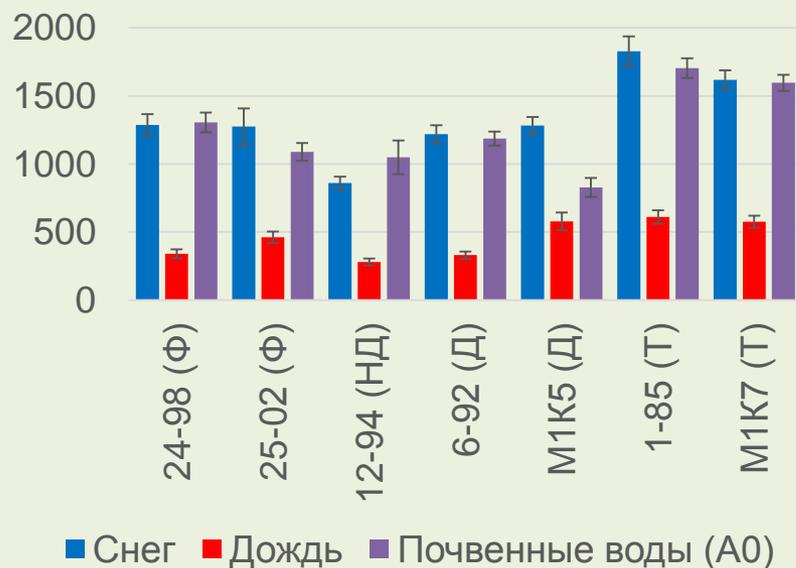
Количество мм., под кронами



Количество мм., между крон

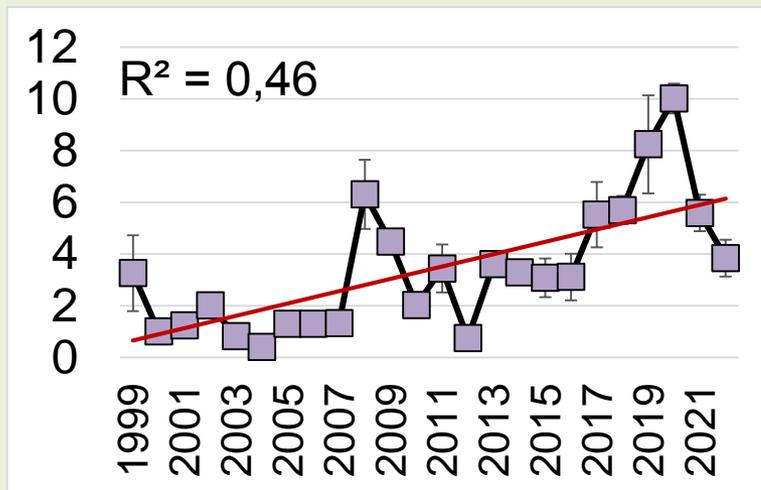


Объем (мл) под кронами

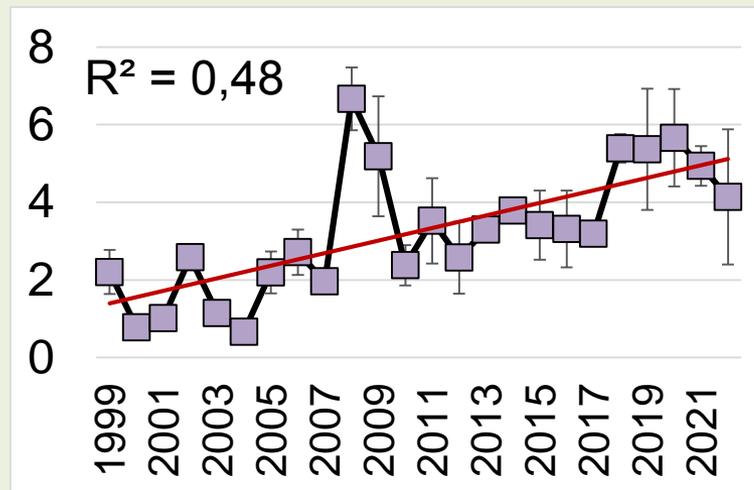


Многолетняя динамика концентраций **углерода (мг/л)** в снеге на фоновой территории в хвойных лесах Мурманской области

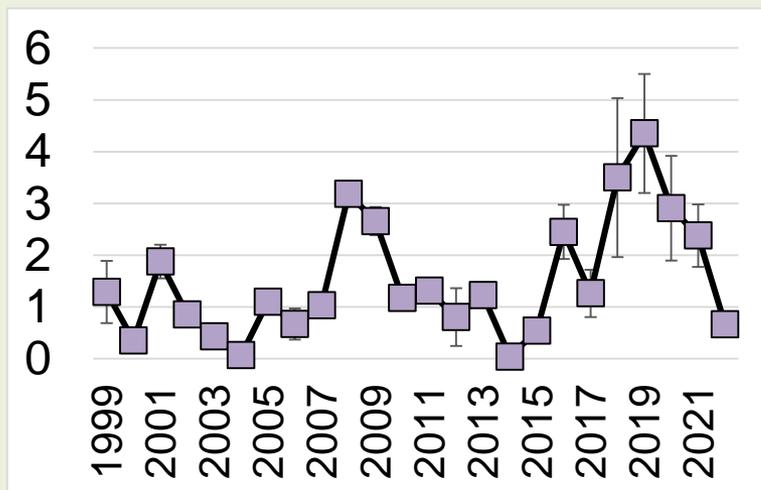
Еловые леса, ПК



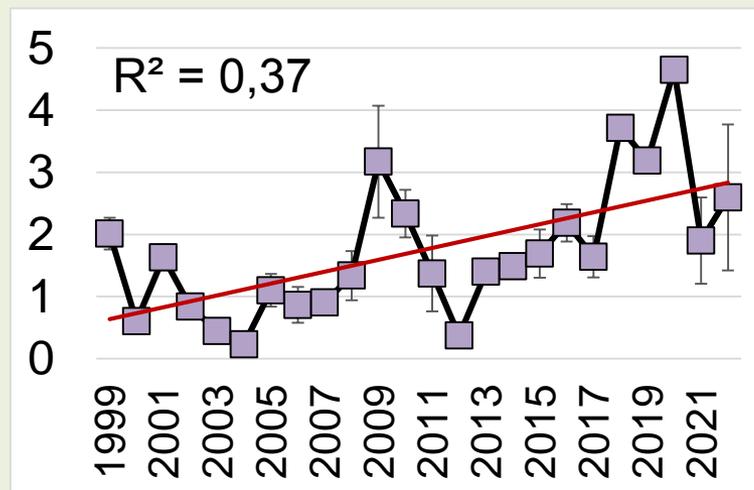
Сосновые леса, ПК



Еловые леса, МК



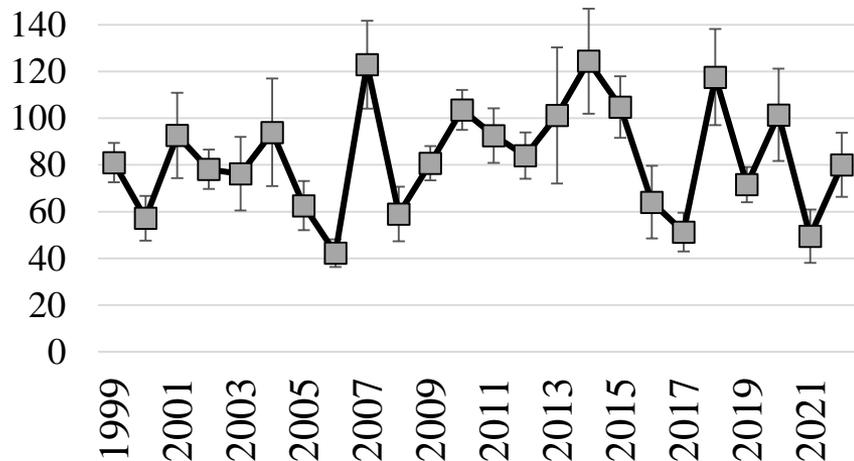
Сосновые леса, МК



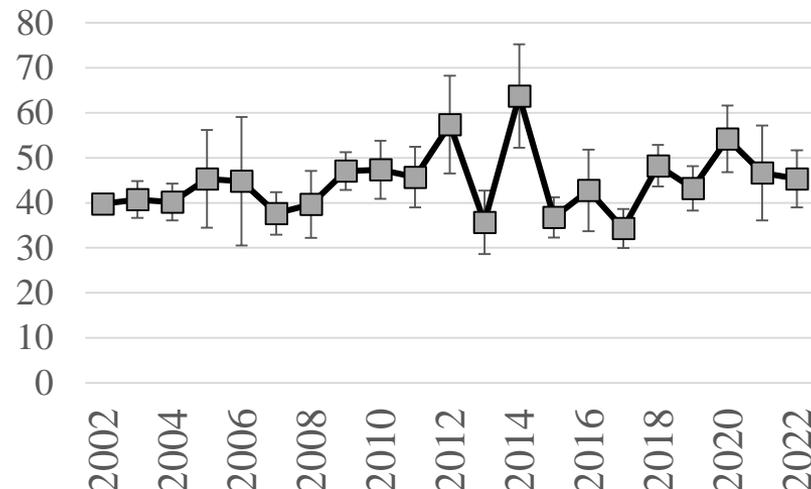
ПК – под кронами, МК – между крон деревьев

Многолетняя динамика концентраций углерода в дожде (мг/л) на фоновой территории в еловых лесах

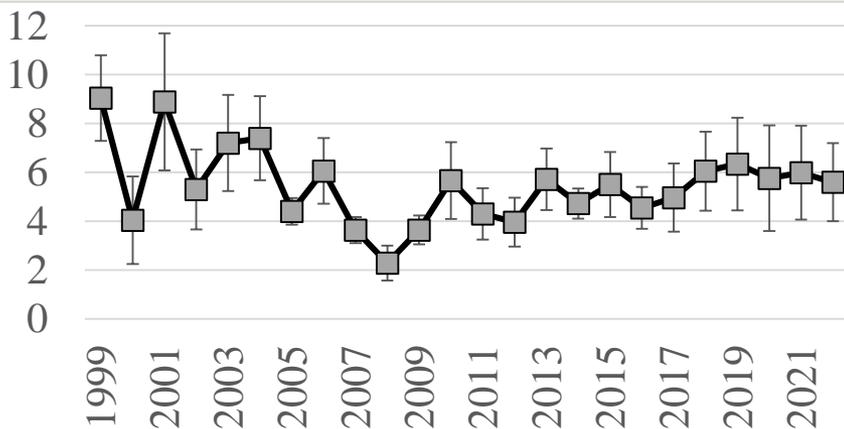
Еловые леса, ПК



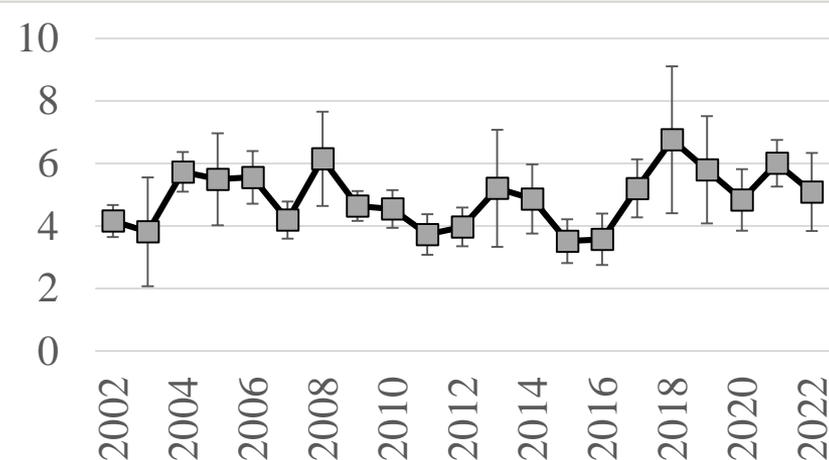
Сосновые леса, ПК



Еловые леса, МК



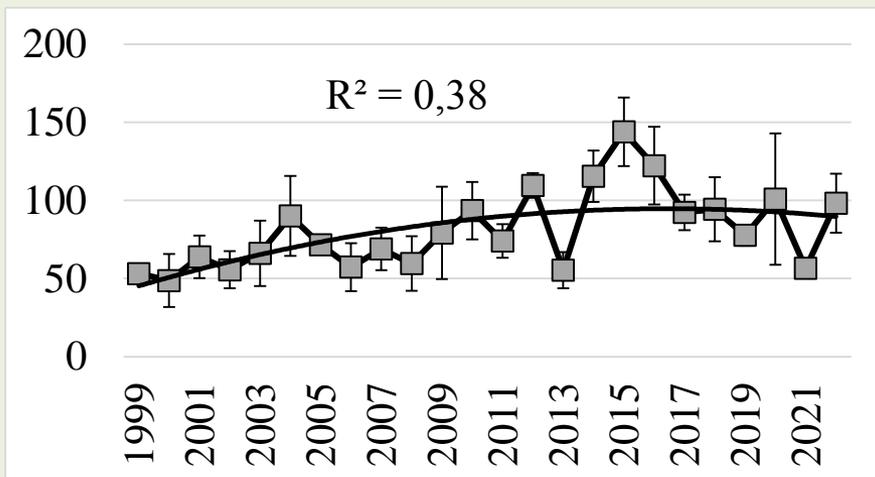
Сосновые леса, МК



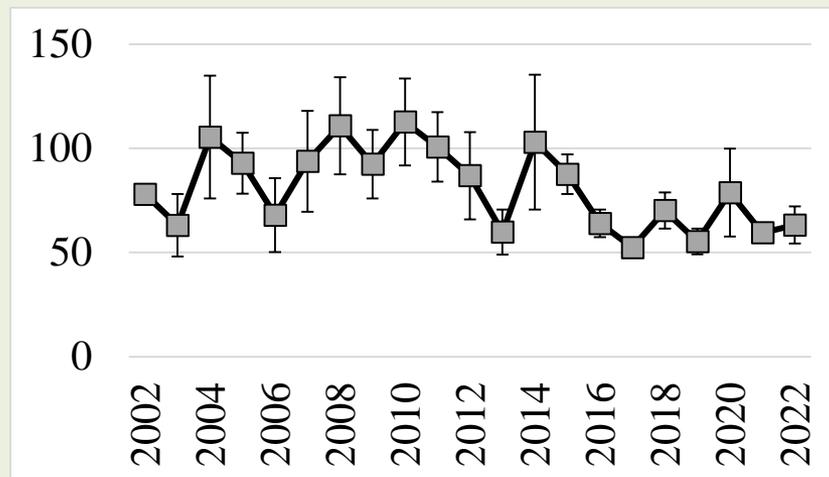
ПК – под кронами, МК – между крон деревьев

Многолетняя динамика концентраций углерода в водах из А0 горизонтов почв (мг/л) на фоновой территории

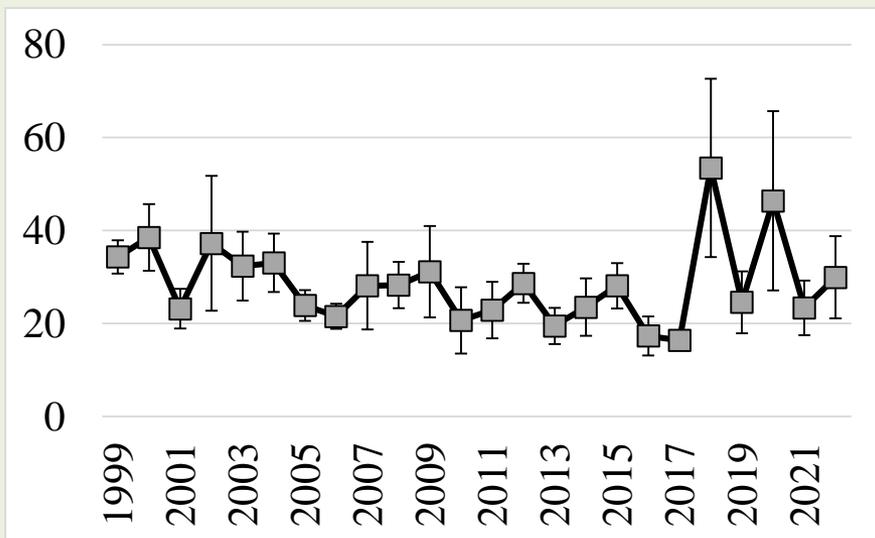
Еловые леса, ПК



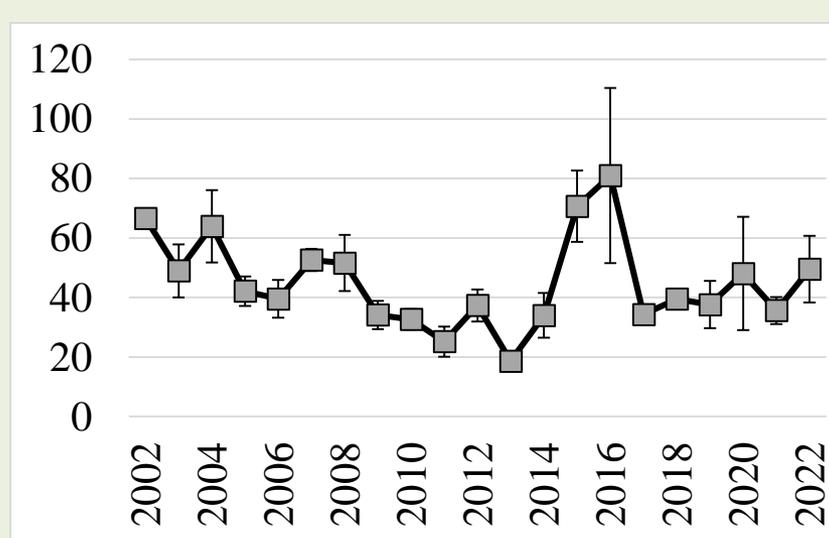
Сосновые леса, ПК



Еловые леса, МК



Сосновые леса, МК



Фоновые условия

- **Многолетняя динамика концентраций углерода** в атмосферных выпадениях и почвенных водах с 1997 по 2022 гг. демонстрирует значительную вариабельность. В снеговых водах установлен тренд увеличения концентраций углерода на всех стадиях дигрессии, что возможно, связано с увеличением числа дней с оттепелями в регионе. В почвенных водах наблюдается тренд снижения концентраций углерода в техногенных еловых и сосновых редколесьях, что можно объяснить ухудшением состояния древостоев из-за негативного влияния воздушного промышленного загрязнения.
- Среднегодовое поступление углерода с атмосферными выпадениями (сумма снега и дождя) **в еловых лесах** под кронами деревьев составляет 64 кг/га, **в сосновых лесах** от 34 до 43 кг/га. **В межкروновых пространствах** существенно меньше, для ельника – 7.6 кг/га, для сосняка – от 5.4 до 8.7 кг/га; на открытой территории – 10.2 кг/га.
- Среднегодовой вынос углерода **в еловых лесах** под кроной с водами из органических горизонтов составляет 123 кг/га, а из нижних минеральных горизонтов – от 2.69 до 3.48 кг/га, **в межкроновом пространстве** в водах из органических горизонтов – до 67 кг/га, из минеральных горизонтов – до 2.77 кг/га.
- **В сосновых лесах** среднегодовой вынос углерода с водами из органических горизонтов под кроной варьирует от 102 до 234 кг/га, между крон – от 5.54 до 52.64 кг/га, в водах из минеральных горизонтов подкроновых пространств вынос углерода составляет от 2.5 до 57 кг/га, в межкроновых пространствах – от 1.2 до 9.7 кг/га.

Зарегистрирована База данных «Содержание углерода в различных компонентах северотаежных лесов Мурманской области» (авторы: Ершов В.В., Сухарева Т.А., Иванова Е.А., Исаева Л.Г.). Свидетельство госрегистрации № 2022623712 от 27.12.2022 г.



Опубликована статья

Ershov V., Sukhareva T., Isaeva L., Ivanova E. and Urbanavichus G. Pollution-induced changes in the composition of atmospheric deposition and soil waters in coniferous forests at the northern tree line // Sustainability. 2022. Vol. 14(23). 15580.

<https://doi.org/10.3390/su142315580> - (This article belongs to the Special Issue Sustainable Resource Utilization and Environmental Protection in Mining Industry)

Направление 1. Создание сети мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня

Выполнена сравнительная оценка динамики поступления соединений углерода с атмосферными выпадениями и выноса с почвенными водами в сосновых и еловых лесах на основе данных многолетнего мониторинга Мурманской области (1995-2022 гг.). Показана особая значимость действующей сети пробных площадок комплексного биогеохимического мониторинга (действует с 1990-х гг.), которая охватывает репрезентативные экосистемы региона – сосновые и еловые леса на разных стадиях техногенной трансформации.

Выполнен анализ инфраструктуры, идентифицированы **186 пробных площадей**, на которых проводятся или проводились оценки пулов и потоков углерода, расположенных в лесной, лесотундровой и тундровой природных зонах Мурманской области за период с 1985 по 2022 гг.

Сведения обо всех пробных площадях интегрированы в общую информационную систему консорциума об экосистемных пулах и потоках углерода.

Направление 3. Создание единой информационно-аналитической системы для сбора, хранения, обработки и анализа данных мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России



Проблемы поддержания действующей сети мониторинга

1. При выполнении проекта «Углерод в наземных экосистемах: мониторинг», прежде всего, возникнет необходимость в кадрах;
2. Не закуплено оборудование по определению углерода и азота в почвах и растительности.



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!