# ОЦЕНКА ВЫНОСА УГЛЕРОДА С ПОЧВЕННЫМИ ВОДАМИ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОВ БРЯНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Кузнецова А. И., Лукина Н. В., Горнов А. В., Тебенькова Д. Н.

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук

Москва 2021

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-34-90137

# Актуальность

Дана оценка поступления углерода с атмосферными выпадениями и выноса с почвенными водами, его связь с запасами углерода в разных типах леса хвойно-широколиственной зоны. Эта проблема актуальна в связи с изменением климата и вкладом лесов в сток углерода.

# Объекты: доминирующие типы лесов заповедника Брянский лес

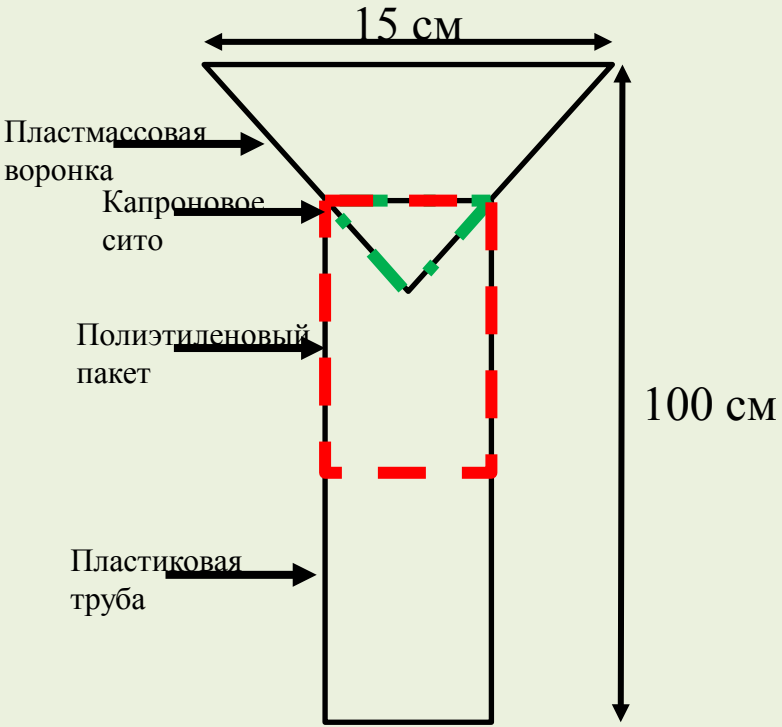
сосняк кустарничково-зеленомошный

дубо-липняк (с елью) зеленчуково-волосистоосоковый

сосняк сложный волосистоосоково-разнотравный

- Для оценки объема и состава атмосферных и почвенных вод в каждом типе леса установлено по 6 осадкопримников, 6 снегоприемников и по 3 гравитационных лизиметра конструкции Дж. Дерома в соответствии с генетическими горизонтами дерново-подзолов (под горизонтом FH, под горизонтом AY, под горизонтом BHF).

# Устройство осадкоприемника

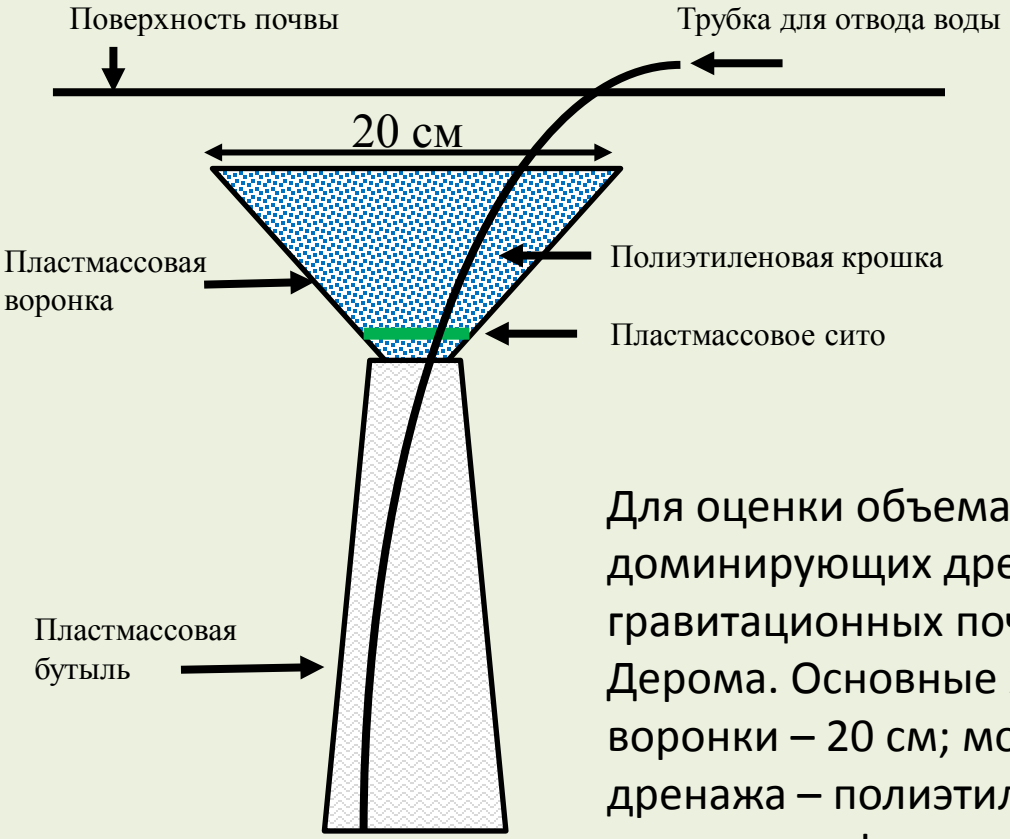


Для оценки количества осадков, проникающих под древесный полог в летний сезон, заложено 18 осадкоприемников. Основные характристики осадкоприемников: диаметр воронки: 15 см; высота пластиковой трубы – 100 см; приемники атмосферных вод – полиэтиленовые пакеты вместимостью до 3 литров.

# Устройство снегоприемника

Для оценки количества осадков, проникающих под древесный полог в зимний сезон, заложено 18 снегоприемников. Основные характеристики снегоприемников: диаметр пластикового кольца: 30 см; высота конструкции – 150 см; приемники атмосферных выпадений: полиэтиленовый пакет вместимостью до 50 л. Снегоприемники улавливают все осадки в зимний период с конца октября по апрель-начало мая.

# Устройство гравитационного лизиметра



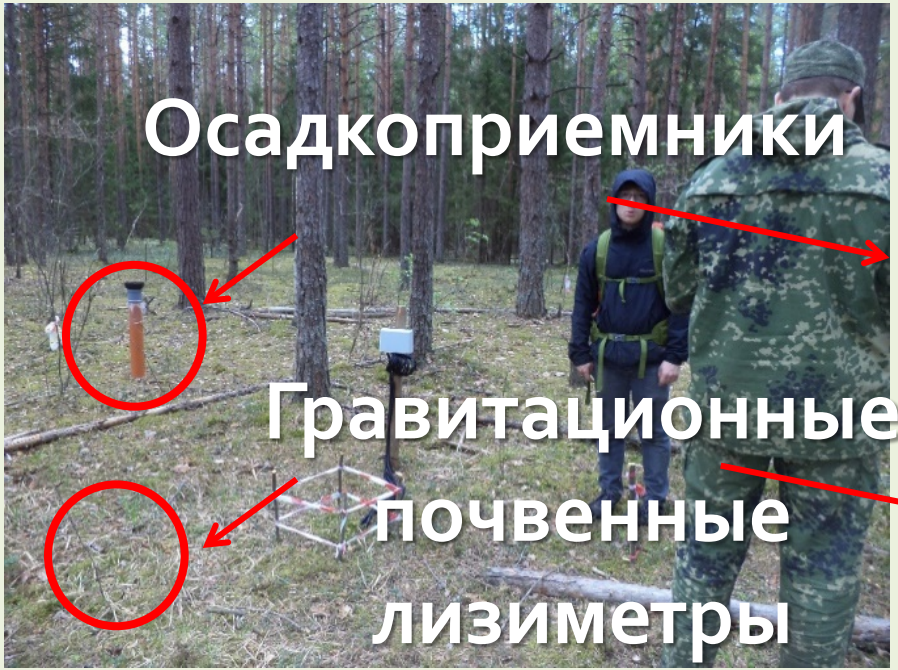
Для оценки объема почвенных вод под кронами доминирующих древесных растений и в окнах, заложено 27 гравитационных почвенных лизиметра конструкции Джона Дерома. Основные характеристики лизиметров: диаметр воронки – 20 см; мощность дренажного слоя – 15 см; состав дренажа – полиэтиленовая крошка диаметром 3-5 мм; приемники фильтрата – полиэтиленовые бутылки, объемом 2,0 л.

# Лизиметрические исследования (Брянское полесье)

## До 06.2019 г.

| Тип леса | Количество осадкопр. | Количество лизиметров | | |
|---|---|---|---|---|
| | | LFH | AY (20 см) | E/BF (40 см) |
| Сосняки кустарничково-зеленомошные | 6 | 3 | 3 | 3 |
| Сосняки сложные | 6 | 3 | 3 | 3 |
| Полидоминантные широколиственные леса с елью | 6 | 3 | 3 | 3 |
| «Окно» | 2 | 1 | 1 | 1 |
| **Всего:** | **20** | **10** | **10** | **10** |

# Лизиметрические исследования (Брянское полесье):




*Сосняк кустарничково-зеленомошный*

*«Окно» полидоминантного широколиственного леса с елью*

# Методы

- При отборе и хранении образцов использовали критерии, предложенные в Руководстве UNECE-CLRTAP ICP по лесам, Часть XIV (Руководство ICP по лесам, 2010 г.). Анализировали данные за двухлетний период с ноября 2016 по ноябрь 2018
- Для проведения физико-химических анализов отбирается проба воды объемом не менее 500 мл, которая замораживается и транспортируется в лабораторию
- Для предотвращения возникновения очень высоких концентраций в ситуациях с малым количеством воды или, наоборот, эффектов разбавления, которые являются обычными для очень интенсивных дождей, концентрации выражаются в средневзвешенных значениях объема

# Методы

- Все пробы после размораживания фильтруются через мембранный фильтр M-Millipore с диаметром пор 0.45 мкм.
- Содержание РОУ определялось методом термокаталитического окисления с бездисперсионной ИК-регистрацией на анализаторе общего углерода/азота TOC-$V_{CPN.}$
- Для характеристики общих пулов и потоков углерода в лесных экосистемах Брянского полесья пользовались литературными данными (запасы углерода почв, запасы древесины, поступление с опадом). Оценка дыхания почвы проводилась на основании TP-модели (по модели T&P, Raich et al., 2002). В качестве данных по суммарным осадкам за месяц использовали полученные данные с осадкоприемников, данные по температуре в каждом типе леса получили  с использованием данных с термохрона Thermochron iButton, которые измеряли температуру воздуха на высоте 1 м.

# Результаты: концентрации РОУ атмосферных выпадений

Сосняк куст.-зел.

**От 11.6 до 30.7 мг/г**

Сосняк сложный

**От 10.6 до 35 мг/г**

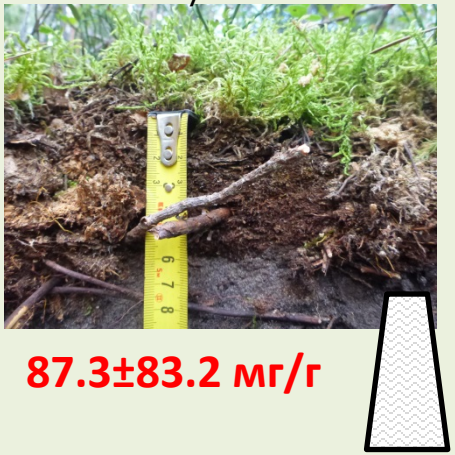
Полидоминантный лес

**От 9.4 до 50.7 мг/г**

- В полидоминантных лесах отмечена самая высокая вариабельность концентраций РОУ, что по всей видимости связано с более высоким структурным разнообразием сообщества

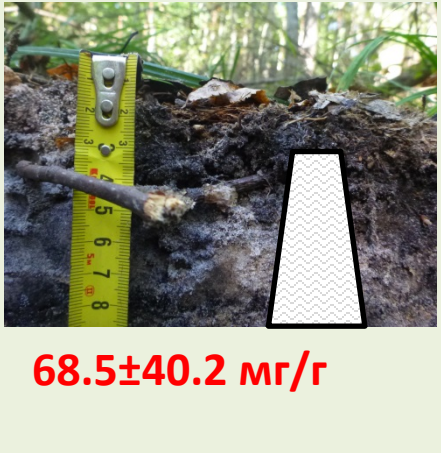
# Результаты: концентрации РОУ лесной подстилки

Сосняк куст.-зел.



**87.3±83.2 мг/г**

Сосняк сложный



**68.5±40.2 мг/г**

Полидоминантный лес

**57.4±26.6 мг/г**

- Несмотря на значительную вариабельность концентраций РОУ в подстилочных водах можно отметить тенденцию к более высокой концентрации РОУ в почвенных водах сосновых лесов. Источником для РОУ в сосновых лесах является мощная, развитая подстилка, отличающаяся низким качеством опада. Запасы подстилки в сосняках кустарничково-зеленомошных лесах составляют 8,6 т/га, в сосняках сложных – 4,8 т/га, в то время как в полидоминантных широколиственных – 3.4 т/га (Kuznetsova et al., 2021).

# Результаты: концентрации РОУ почвенных вод (AY-горизонт)

Сосняк куст.-зел.

**68.9±13.8 мг/г**

Сосняк сложный

**42.2±5.8 мг/г**

Полидоминантный лес

**48.8 мг/г**

- Концентрации РОУ в почвенных водах, прошедших гумусовый горизонт, в целом повторяют закономерности, выявленные при анализе распределения подстилочных вод в разных типах леса. Концентрации РОУ в этих водах во всех типах леса превышают 35 мг С / л, что может свидетельствовать о высоком потенциале закрепления углерода в нижних минеральных горизонтах, то есть его сорбции горизонтом BF (DOI: 10.31857/S0032180X20090075). Однако стоить отметить, что эта величина была получена для еловых лесов европейской части России в ряде лабораторных экспериментах.

# Результаты: концентрации РОУ почвенных вод (BF-горизонт)

Сосняк куст.-зел.

**75.0±26.8 мг/г**

Сосняк сложный

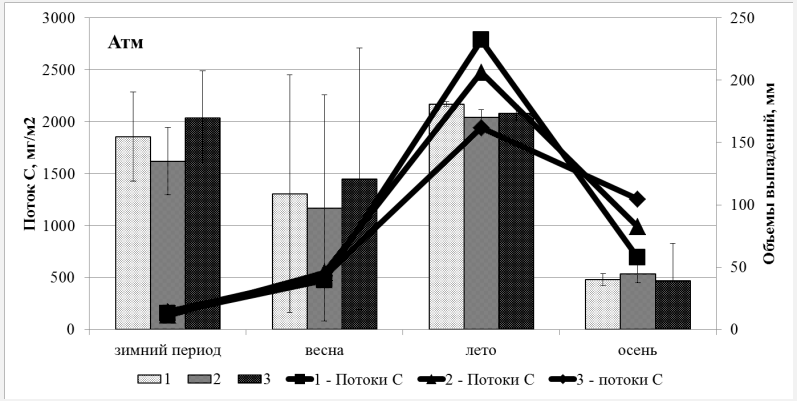
**18.0 мг/г**

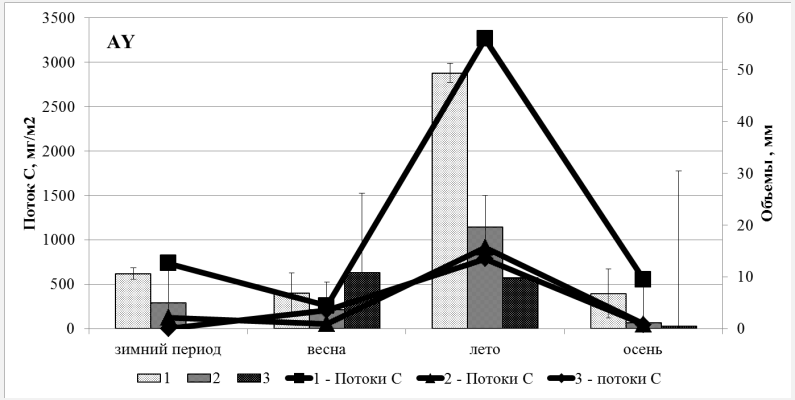
Полидоминантный лес

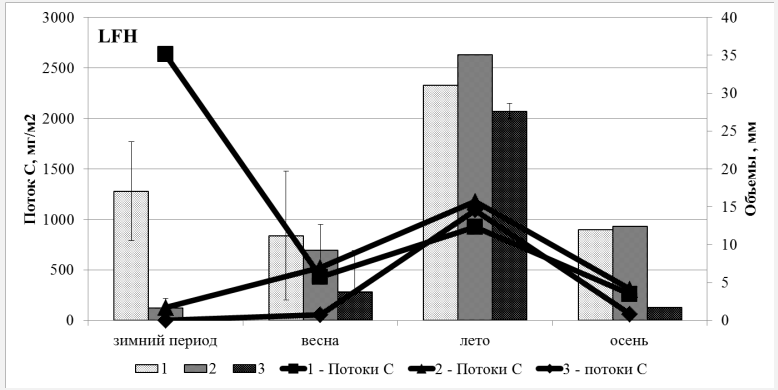
**48.7 мг/г**

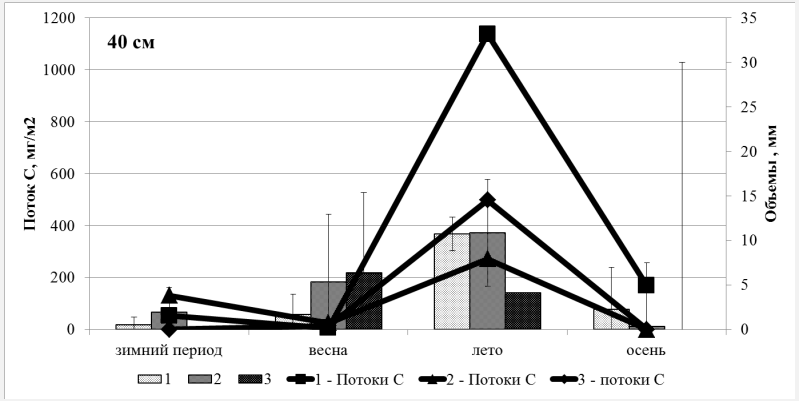
- В сосняках кустарничково-зеленомошных концентрация РОУ повышается (2018 г.) или незначительно снижается (2017 г.). В других типах леса вынос углерода за пределы почвенного профиля или не отмечается (2017 г.) или отмечен единично (2018 г.). В полидоминантных лесах РОУ не меняются. В сосняках сложных концентрация РОУ становится значительно меньше, что может свидетельствовать о закреплении части углерода в минеральной части профиля. Это подтверждают данные о самых высоких запасах углерода в слое 0-50 в лесах этого типа – 57 т/га, в то время как в полидоминантных широколиственных – 41 т/га, а сосняках кустарничково-зеленомошных – 48 г/га (Kuznetsova et al., 2021).

# Результаты: оценка потоков углерода в атмосферных выпадениях и почвенных водах



# Результаты: характеристика общих пулов и потоков углерода в лесных экосистемах Брянского полесья

| | Пулы (т га$^{-1}$) | | | | Потоки (т С га$^{-1}$ год) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Запас древесины | Запас подстилки | Запас почв (0-50 см) | Поступление с опадом (Шаблий 1990) | Поступление с атмосферными водами | Дыхание почвы (по модели T&P, Raich et al., 2002) | Вынос с почвенными водами |
| **1** | 120.1 | 8.6 | 47.4 | | 0.041 | 4.1 | 0.014 |
| **2** | 216.8 | 4.8 | 57.6 | 3.1 – 4.4 | 0.041 | 3.9 | 0.004 |
| **3** | 228.8 | 3.4 | 41 | | 0.039 | 4.0 | 0.005 |

- Несмотря на то, что потоки РОУ составляют незначительную часть от других потоков, оценками поступления РОУ с атмосферными выпадениями и выноса с почвенными водами не стоит пренебрегать, так как они могут составлять значительную часть от первичной нетто продуктивности экосистем (для сосновых лесов Бельгии – вынос РОУ может составлять 11% от экосистемной нетто продуктивности (Gielen et.al., 2011).

# Выводы

- В среднем за двулетний период (2017-2018 гг). наблюдений поступление углерода с дождевыми и снеговыми осадками в сосняках кустарничково-зеленомошных и сосняках сложных составляло 41 кг/га и оказалось выше, чем в хвойно-широколиственных лесах, где уровень поступления составляет 38 кг/га.
- Впервые показано, что на вариабельность концентраций РОУ в атмосферных выпадениях может влиять структурное разнообразие сообщества (большее количество элементов мозаики).
- Вынос органического углерода из органогенных горизонтов в полидоминантных широколиственных лесах в среднем в 4.8 раза ниже (14 кг/га), чем в сосняках кустарничково-зеленомошных (68 кг/га) и в 2.8 раза ниже, чем в сосняках сложных (41 кг/га). Случаи выноса органического углерода из нижних минеральных горизонтов оказались единичными: в сосняках кустарничково-зеленомошных составило 19 кг/га, в сосняках сложных - 4 кг/га, в хвойно-широколиственных лесах - 5 кг/га.
- Впервые, на примере хвойно-широколиственных лесов Брянского полесья, показана взаимосвязь между потоками РОУ и запасами углерода твердой фазы почв. Отмечена тенденция к более высокой концентрации РОУ в почвенных водах сосновых лесов, что может быть обусловлено мощной подстилкой, отличающаяся низким качеством опада. Внутрипрофильное распределение РОУ свидетельствует о закреплении части углерода в минеральной части профиля в сосняках сложных.
- Дана оценка вклада РОУ в потоки углерода, установлено, что несмотря на то, что потоки РОУ составляют незначительную часть от других потоков, оценками поступления РОУ с атмосферными выпадениями и выноса с почвенными водами не стоит пренебрегать, так как они могут составлять значительную часть от первичной нетто продуктивности экосистем.