

Предварительная оценка составляющих  
углеродного бюджета  
лесоболотных комплексов средней тайги  
Западной Сибири

Сабреков Александр Фаритович, Ильясов Д.В., Каверин А. А.,  
Куприянова Ю.В., Заров Е.А., Дюкарев Е.А., Филиппов И.В.,  
Лапшина Е.Д.

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

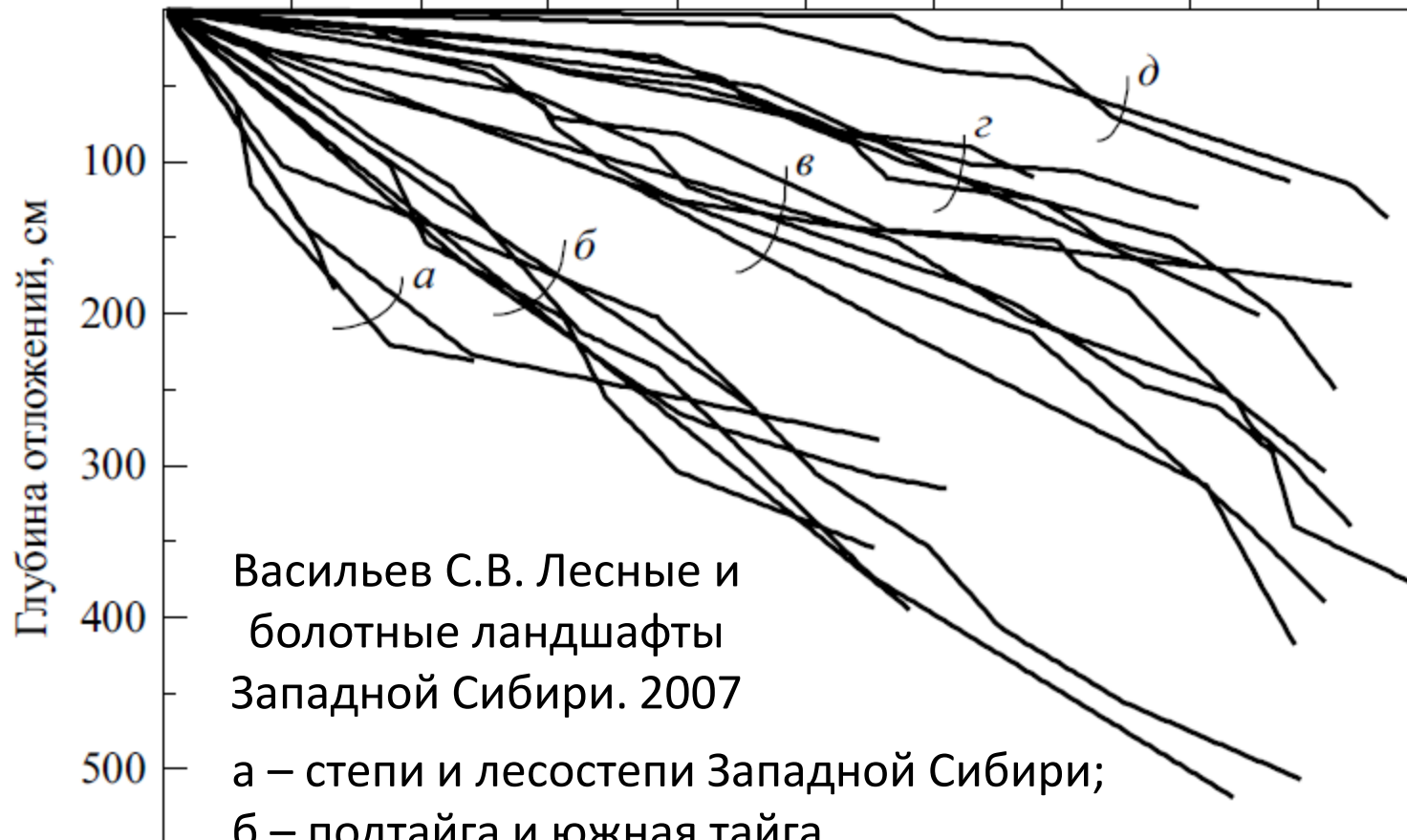
## Таёжная зона Западной Сибири как резервуар углерода

- *Болота таёжной зоны Западной Сибири* непрерывно накапливают углерод в течение голоцена со средней скоростью 5-50 гС м<sup>-2</sup> год<sup>-1</sup> и отвечают за треть эмиссии метана с территории России;
- *Мерзлые комплексные болота* на севере региона – фронт деградации поверхностной мерзлоты, кардинально меняющей цикл углерода в этих экосистемах;
- *Сосняки-беломошники* – хрупкие лесные экосистемы, занимающие 10% площади таёжной зоны Западной Сибири (16% площади ХМАО), с низкой скоростью восстановления после нарушений; являются значимым стоком CH<sub>4</sub>.

# Накопление углерода в голоцене не прекращается

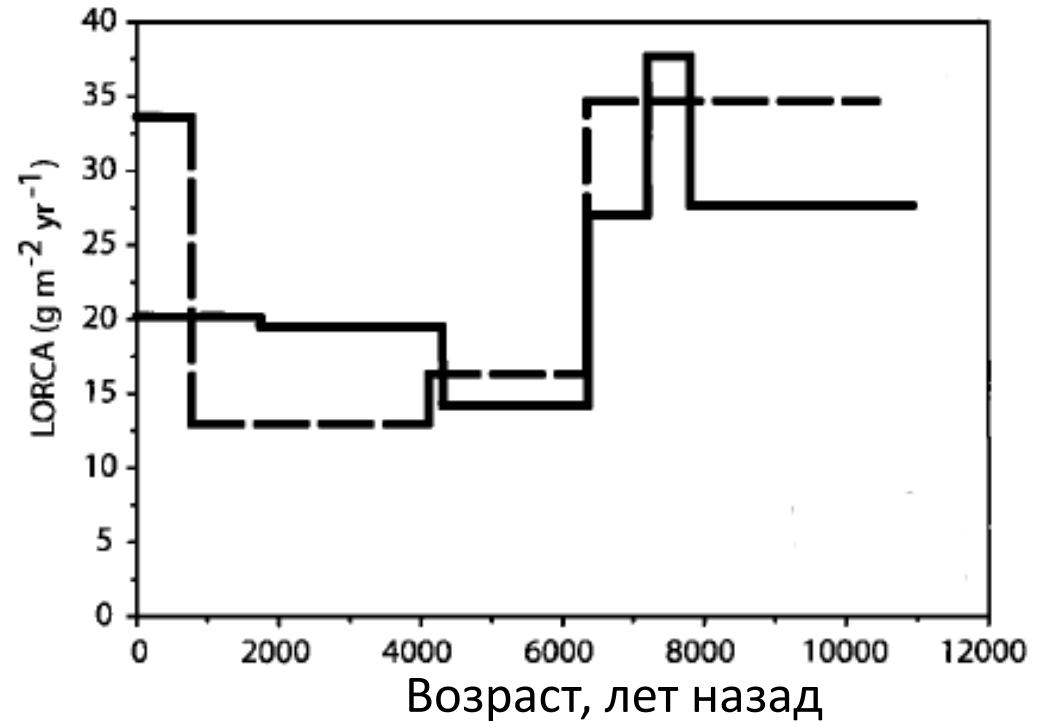
Возраст отложений, тыс.лет

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

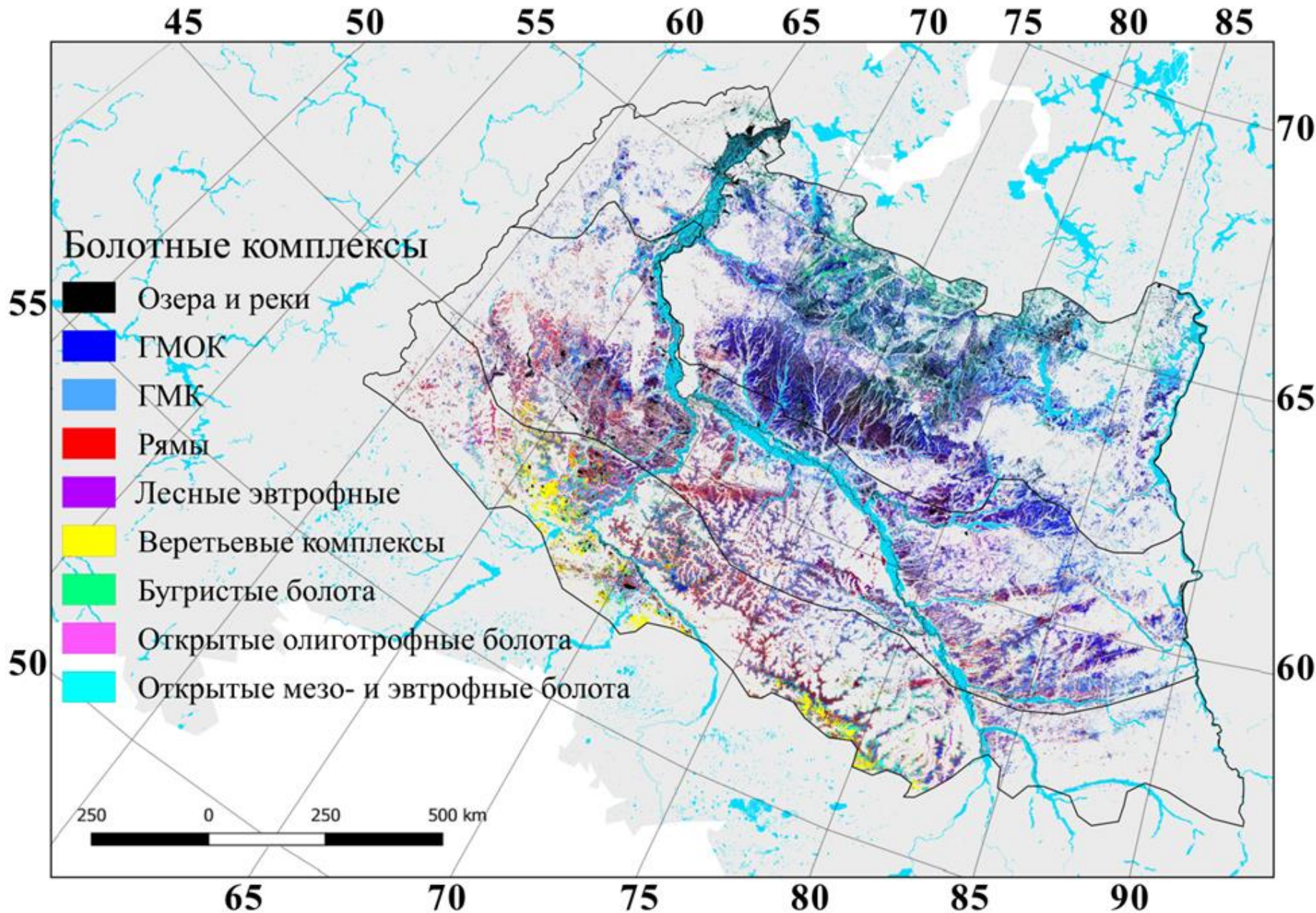


Васильев С.В. Лесные и болотные ландшафты Западной Сибири. 2007  
а – степи и лесостепи Западной Сибири;  
б – подтайга и южная тайга  
в – средняя тайга  
г – северная тайга и лесотундра  
д – лесотундра (Красноярский край)

Turunen et al. 2001. Global Biogeochemical Cycles



# Средняя заболоченность Западной Сибири около 30%

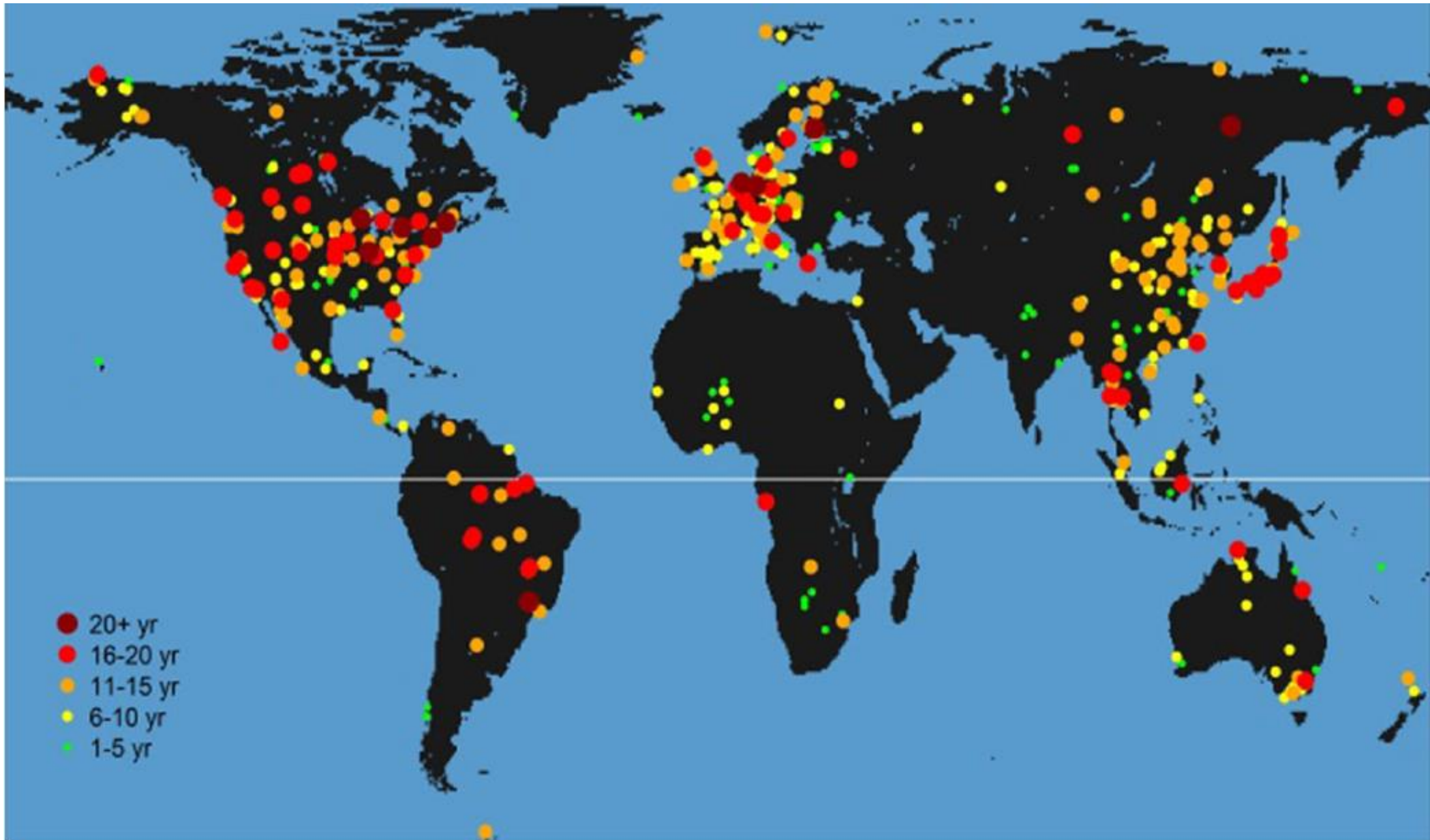


Болота таёжной зоны Западной Сибири составляют 8-16% от площади всех болот мира (55 из 350-1300 Мга)

Терентьева с соавт.,  
2020. Известия РАН.  
Серия географическая

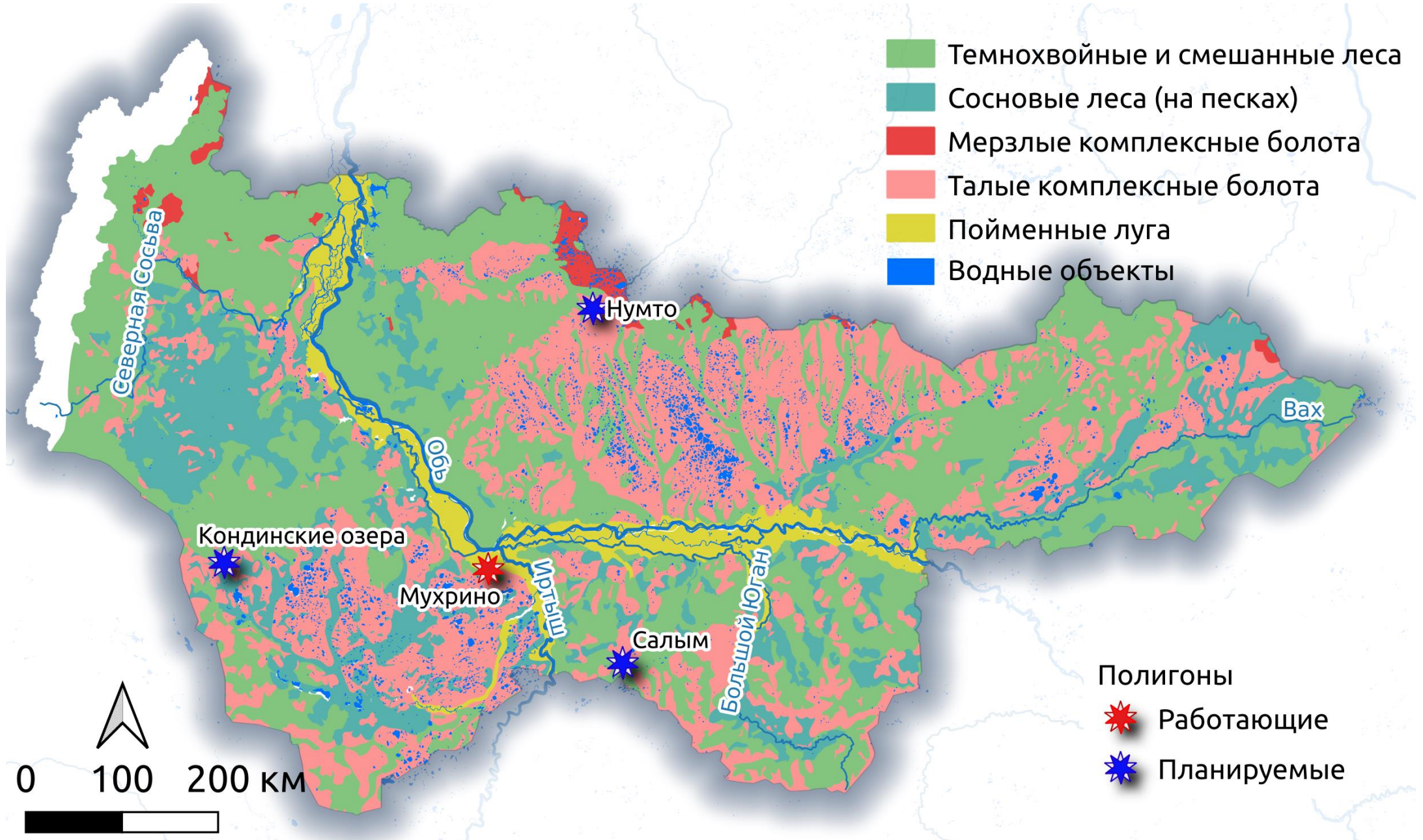


# Станции сети FLUXNET и длительность их работы



Hicks and  
Baldocchi 2020  
Boundary-  
Layer  
Meteorology

# Региональная сеть мониторинга потоков ПГ в ХМАО-Югре





# Региональная сеть мониторинга потоков ПГ в ХМАО-Югре

Стационар (природная зона)	Экосистема	Год начала работы	Газы
Мухрино (средняя тайга)	Грядово-мочажинный комплекс в верховом болоте	2018	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
	Сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото	2022	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
	Смешанный темнохвойно-осиновый лес	2023	CO <sub>2</sub>
Кондинские озёра (средняя тайга)	Сосняк-беломошник	2023-2024	CO <sub>2</sub>
	Грядово-мочажинный комплекс в верховом болоте	2023-2024	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
Нумто (северная тайга)	Плоскобугристо-мочажинный комплекс в мерзлом верховом болоте	2024-2025	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
Салым (средняя- южная тайга)	Грядово-мочажинный комплекс в верховом болоте	2024-2025	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>

# Цели и задачи

**Цель:** процесс-ориентированный мониторинг углеродного баланса лесных и болотных экосистем средней тайги Западной Сибири с изучением факторов, оказывающих на него влияние

## **Задачи:**

1. Мониторинг газообмена  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  между экосистемой и атмосферой на масштабах почвенного профиля и биогеоценоза;
2. Оценка запасов углерода в почве и растительности, а также продукции травяно-мохового яруса и скорости разложения органики в почве;
3. Оценка выноса растворённого органического углерода (РОУ) из болотных экосистем с поверхностным стоком;
4. Понимание механизмов взаимосвязей процессов цикла углерода, их связей с биоклиматическими условиями, структурой микробного сообщества и органического вещества почв;
5. Изучение пространственно-временной изменчивости биогеоценозов с помощью методов дистанционного зондирования.



# Методы исследования

Мониторинг потоков парниковых газов на масштабе:

Биогеоценоза

Почвенного профиля





# «Снимок» потоков $\text{CO}_2$ и $\text{CH}_4$ ручными камерами

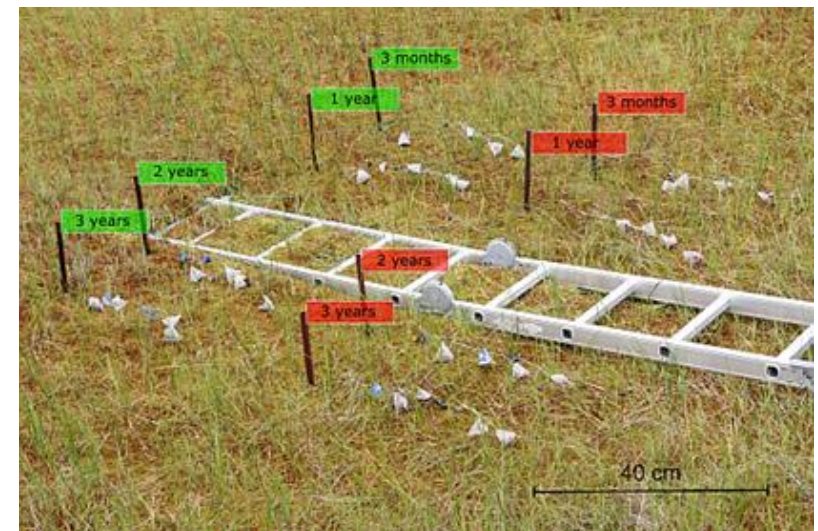




# Методы исследования: элементы цикла углерода

## Запасы и продукция

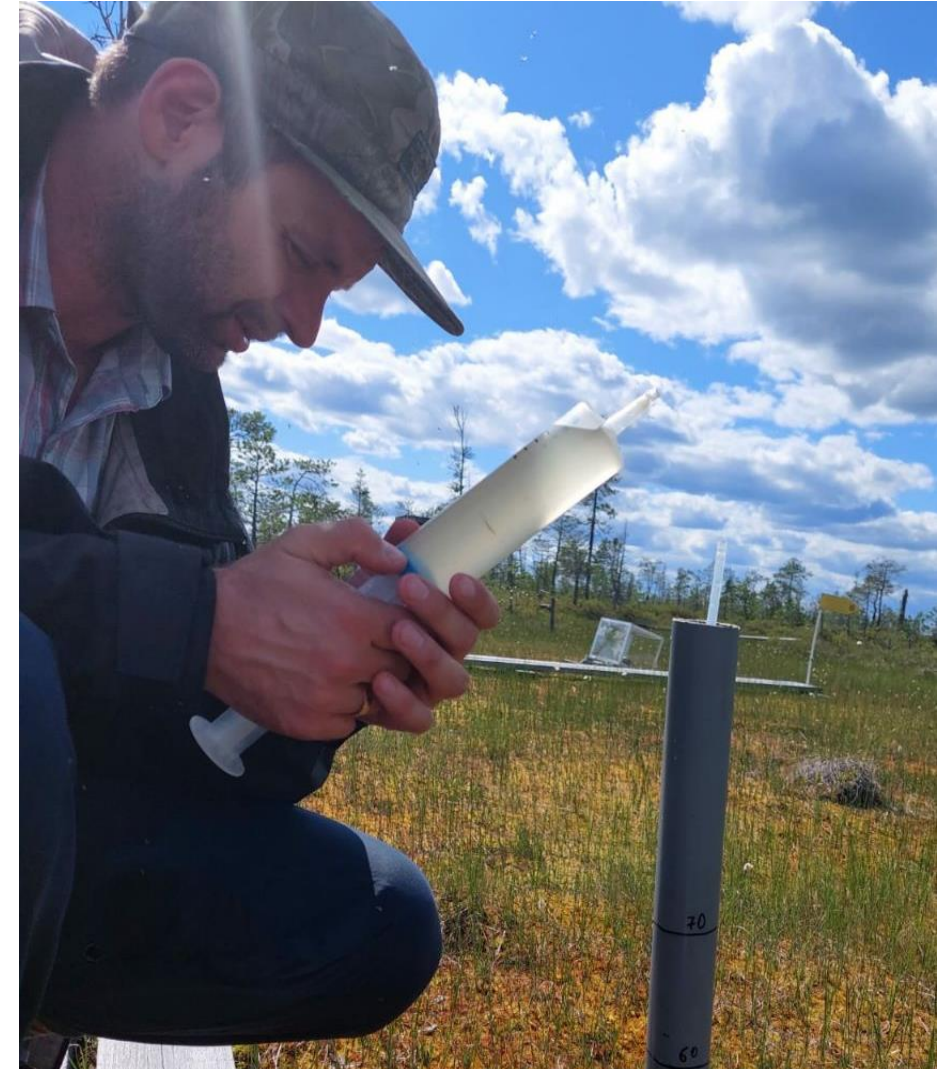
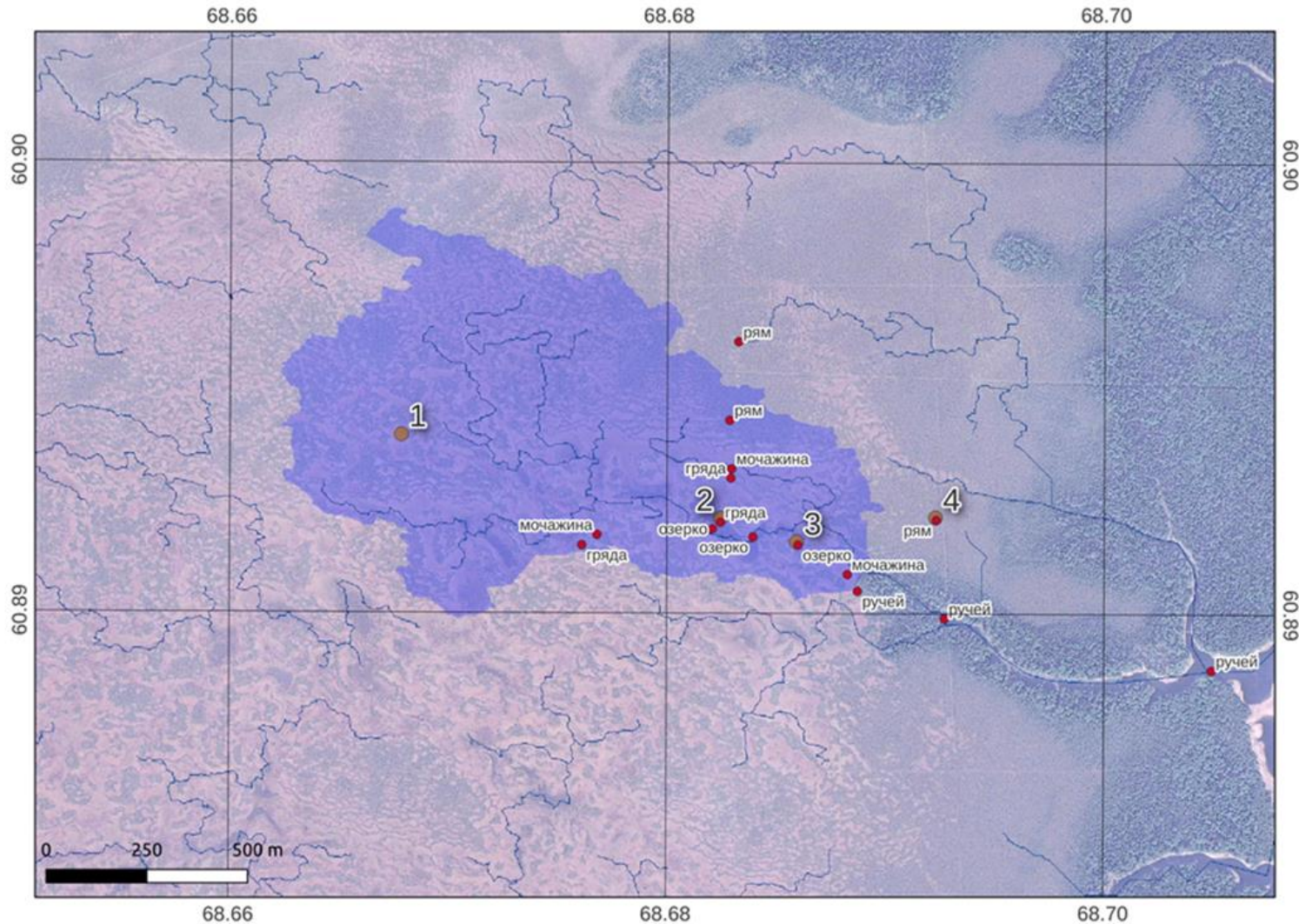
## Разложение





# Методы исследования

Вынос  $C$  поверхностными водами = сток  $\times$  концентрация РОУ



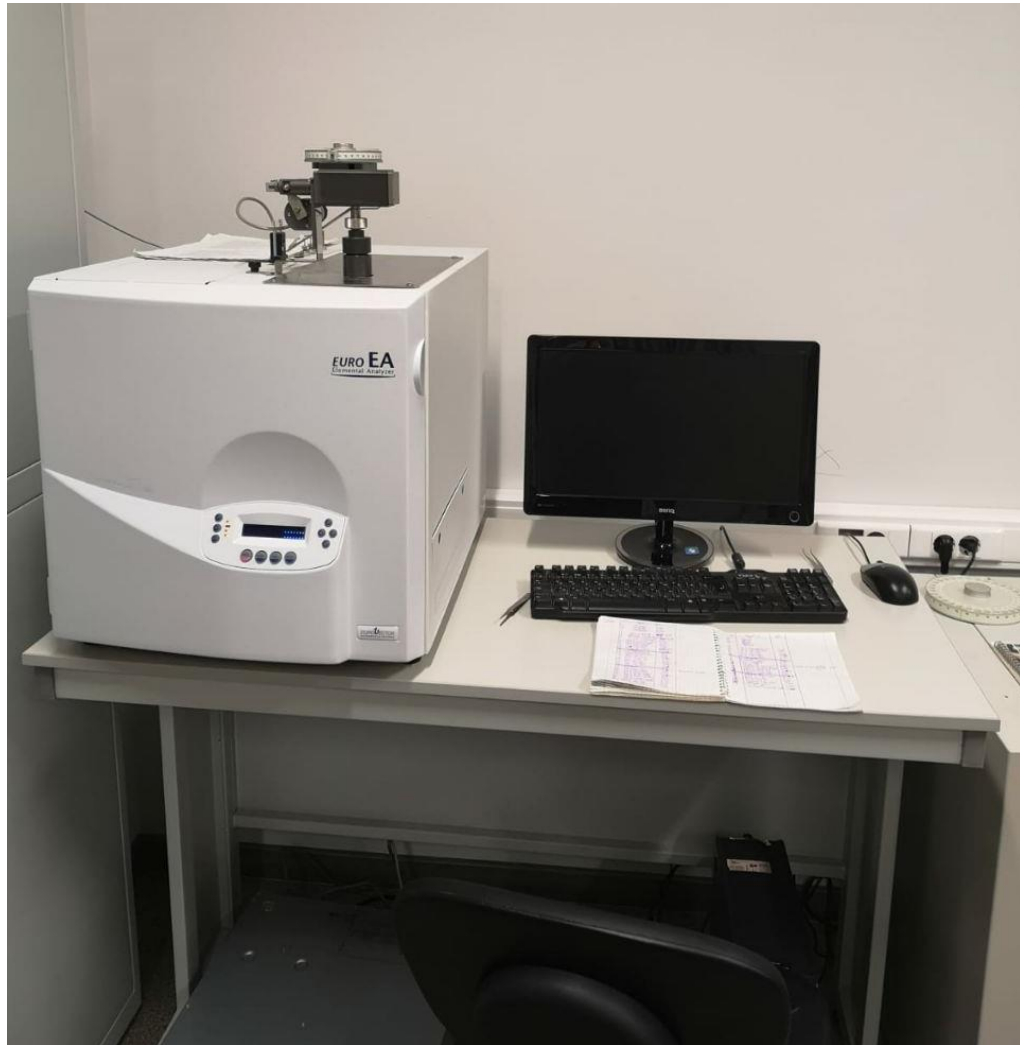
Водосбор в грядово-мочажинном комплексе верховых болот, Мухрино

Отбор проб воды, Мухрино

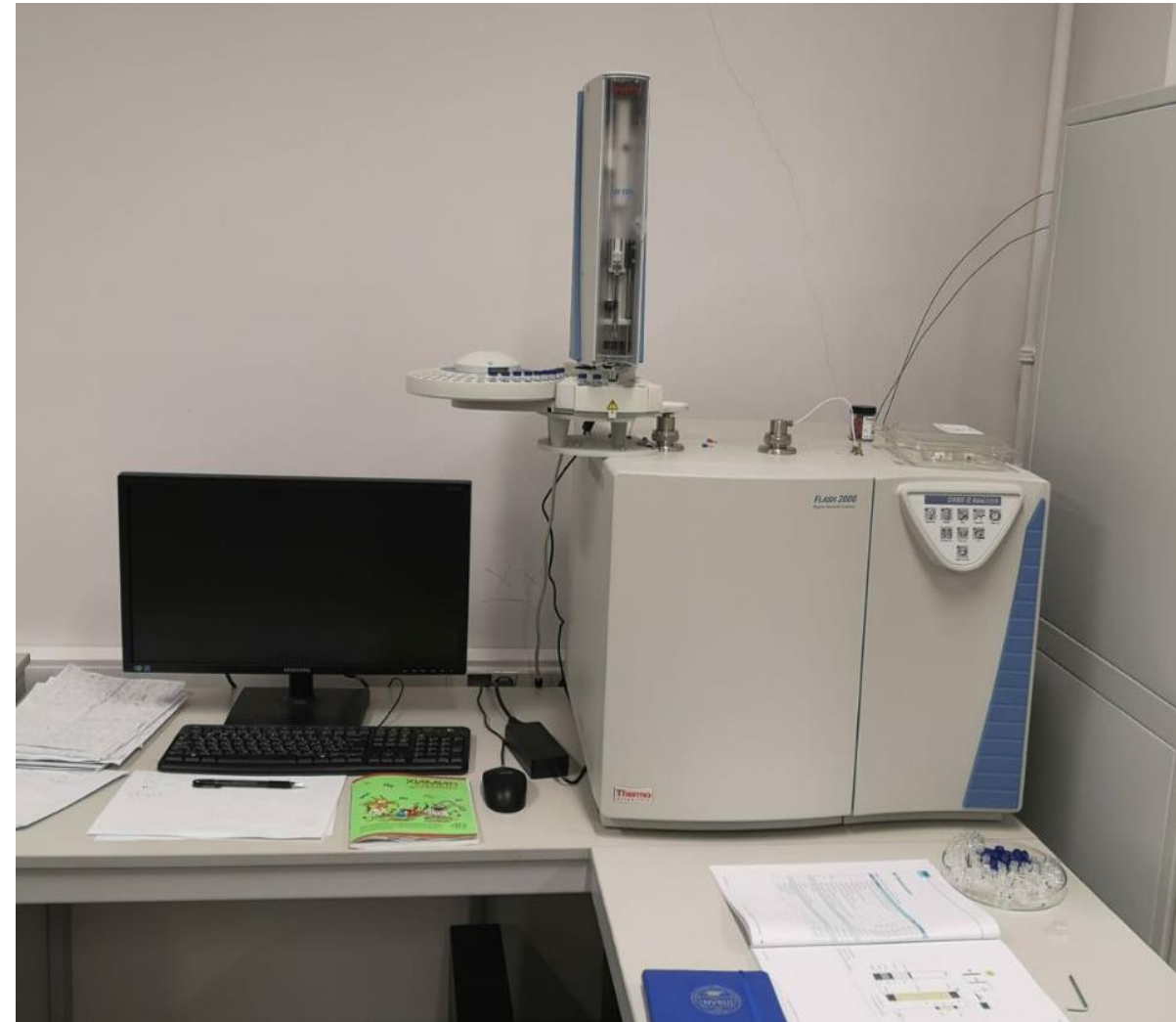


# Методы исследования: определение элементного состава

Элементный анализатор **для твёрдых проб**    Элементный анализатор **для жидких проб (РОУ)**

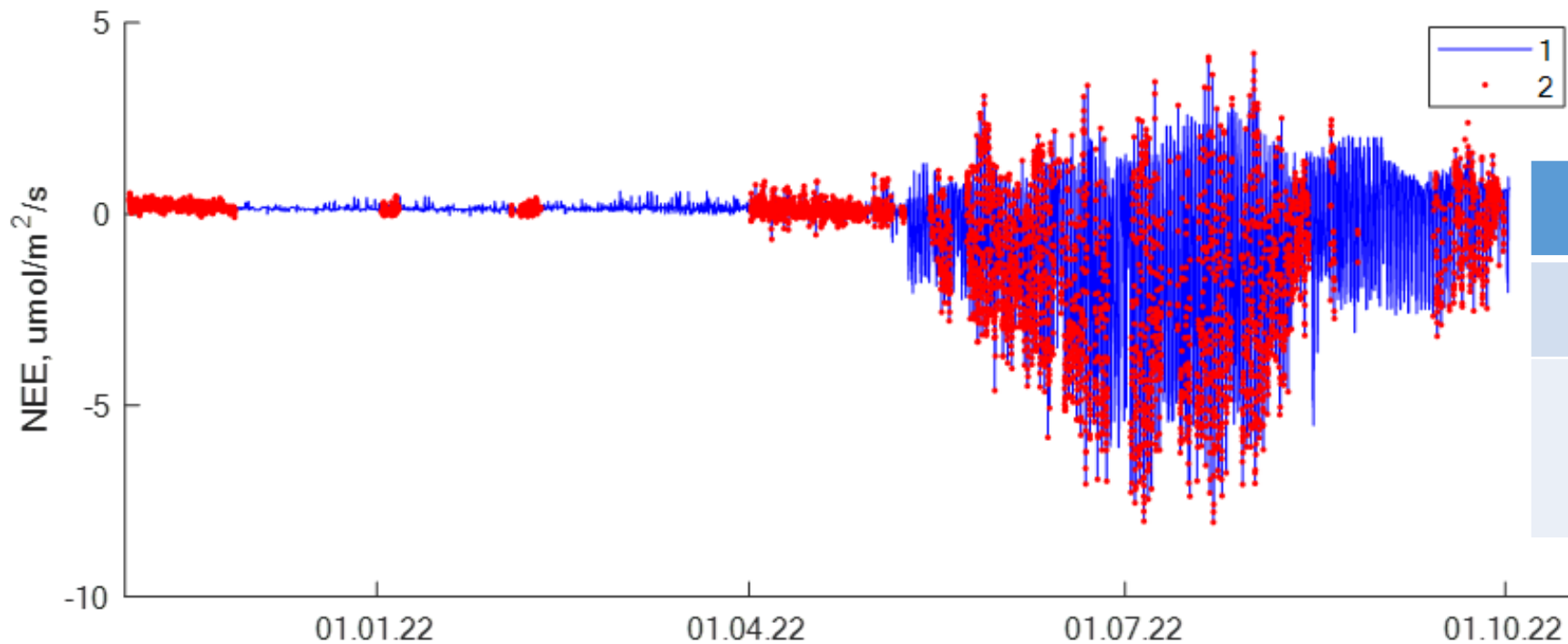


EA-3000 (Eurovector, Италия)

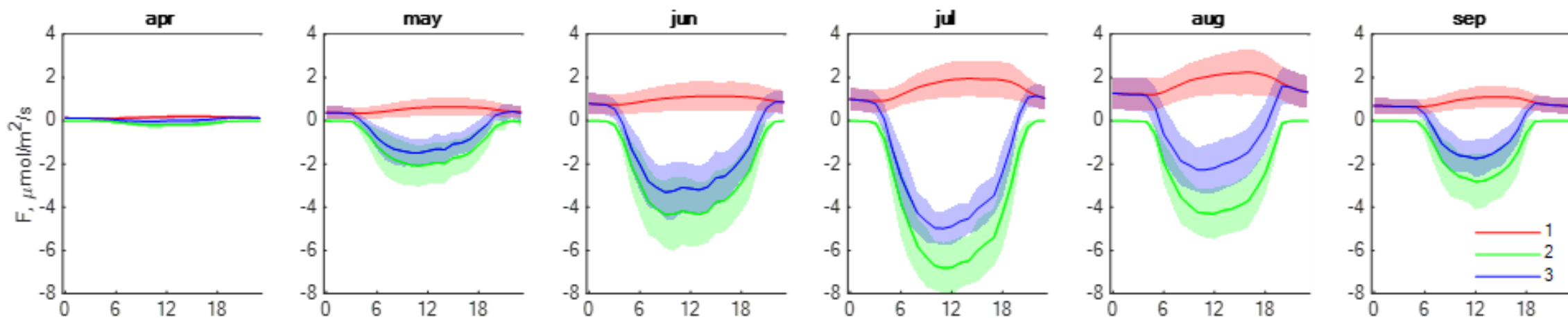


Flash 2000 с автосэмплером AS 1310  
(Thermo Fisher Scientific, США)

# Результаты: нетто-газообмен $\text{CO}_2$ в грядово-мочажинном комплексе



Параметр	2015	2022
NEE, $\text{гС м}^{-2}$	$\approx -150$	-83
Осадки летом, мм	412	179

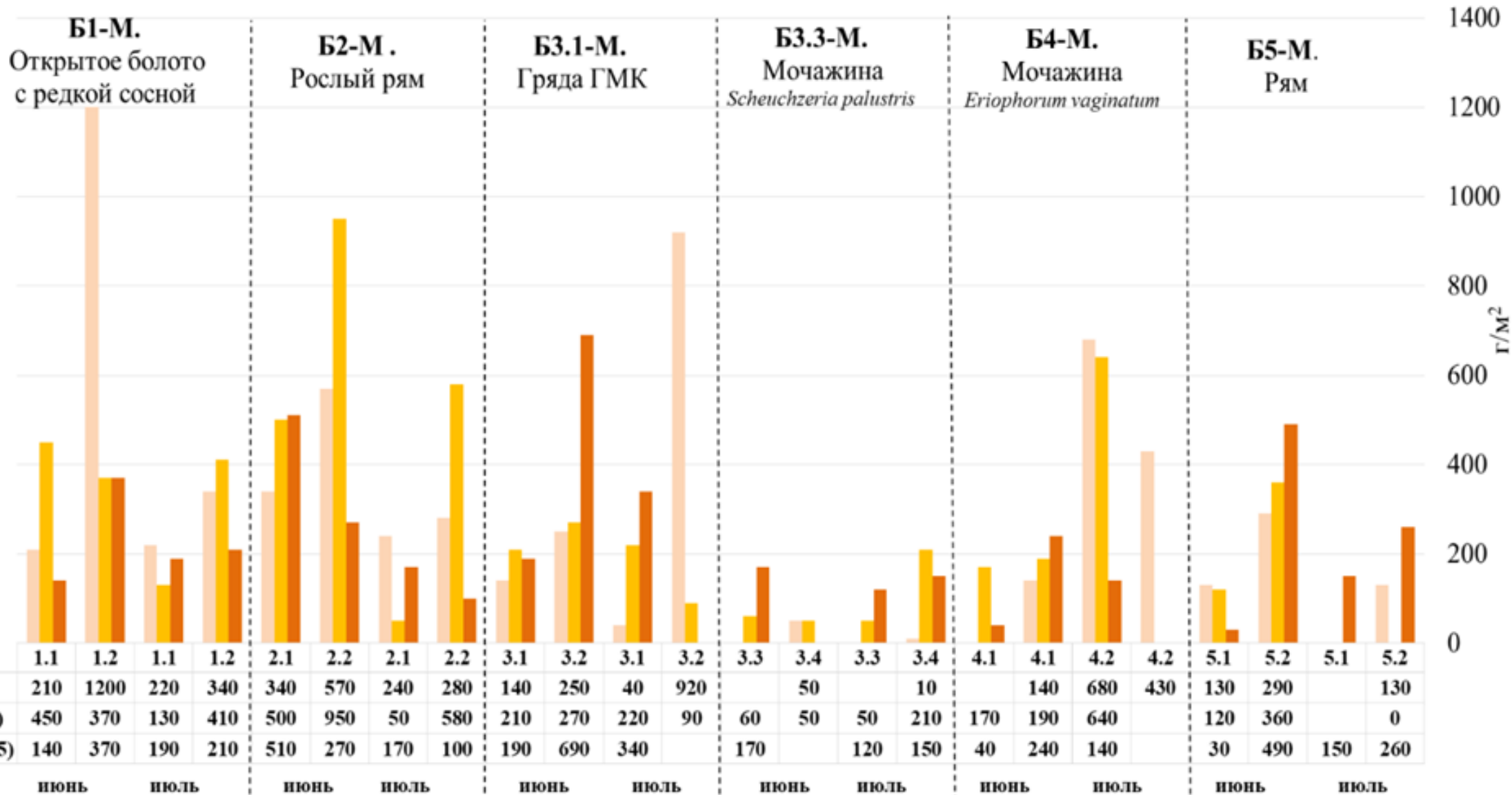




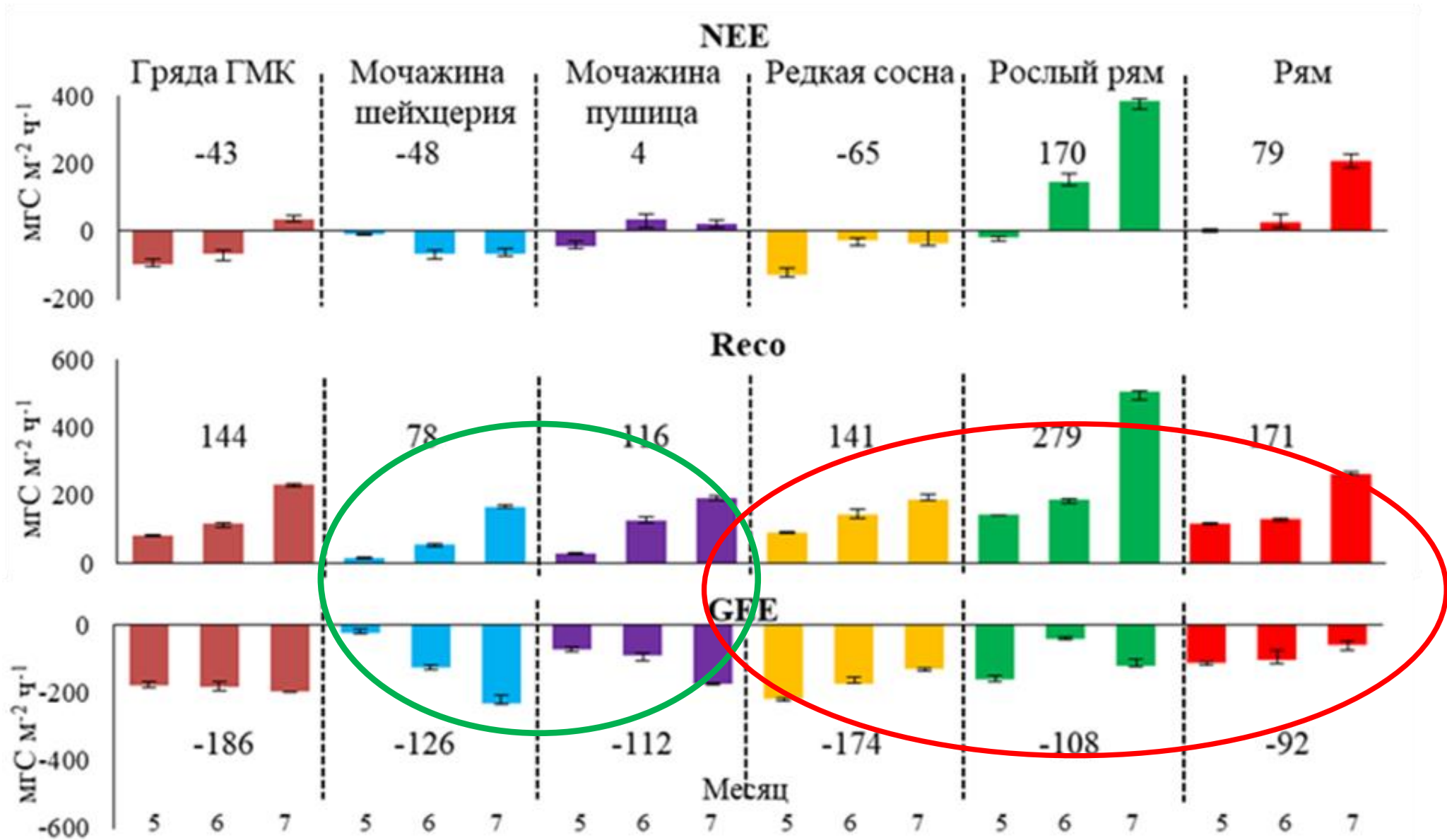


# Подземная фитомасса в болотных микроландшафтах

Подземная фитомассы (живые корни)

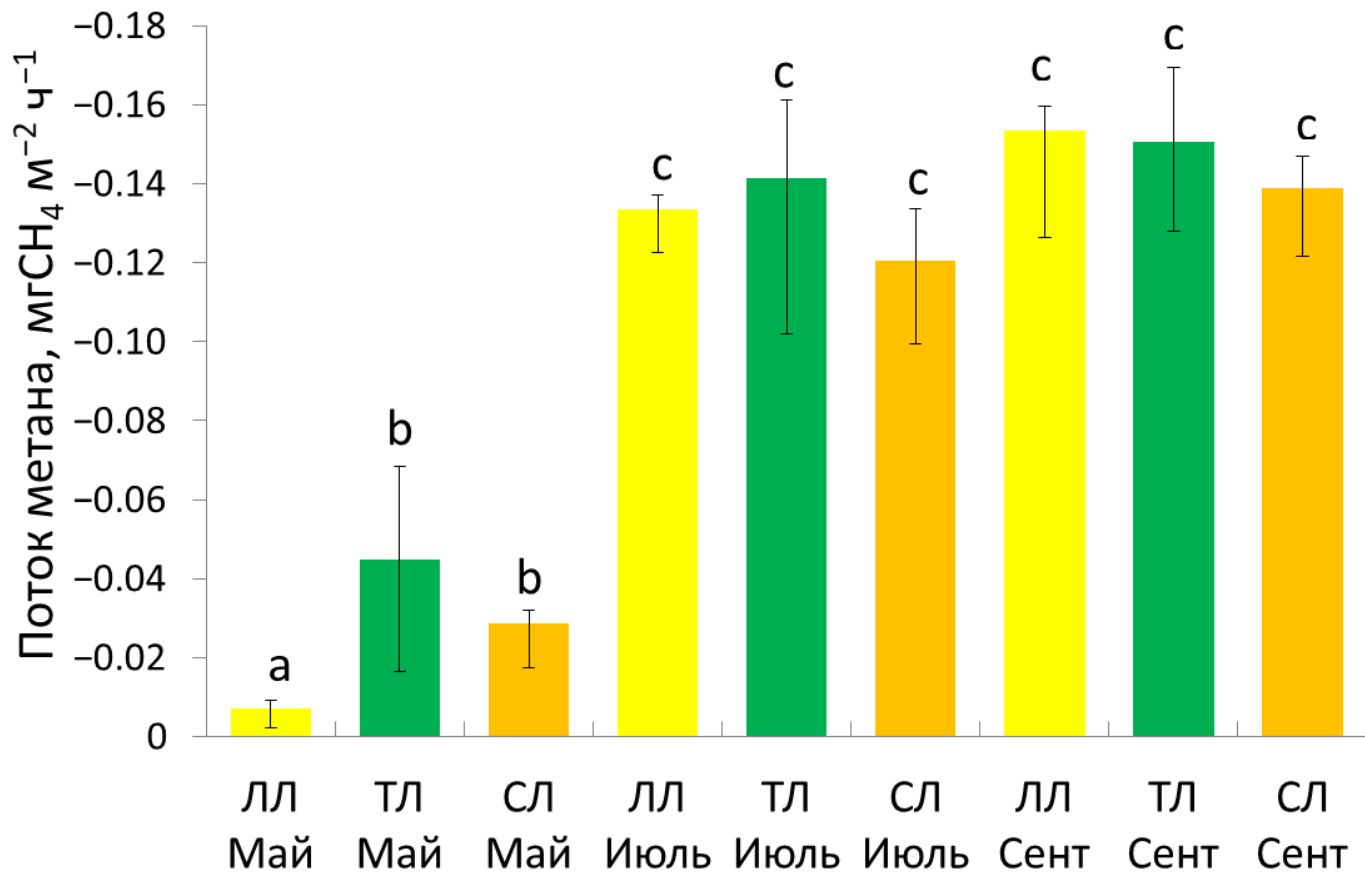
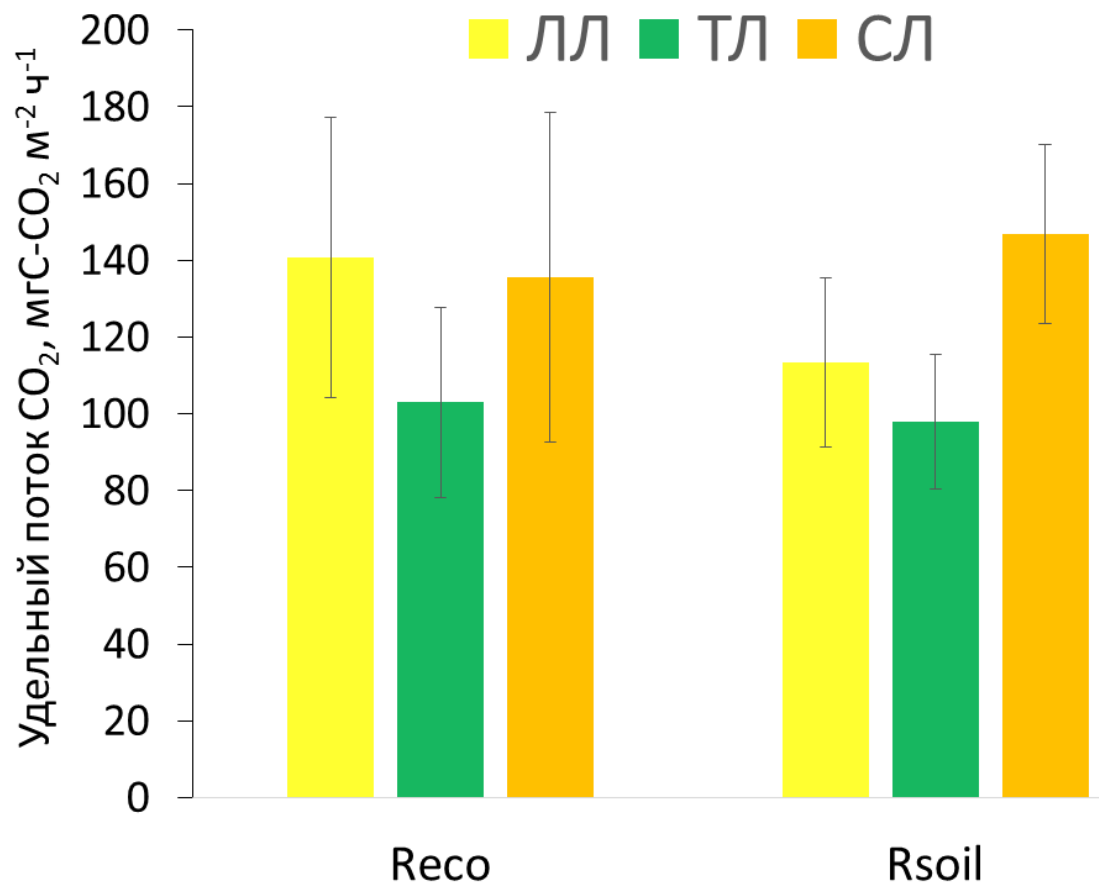


# Газообмен CO<sub>2</sub> в разных болотных микроландшафтах: разница скорее в дыхании, чем в фотосинтезе





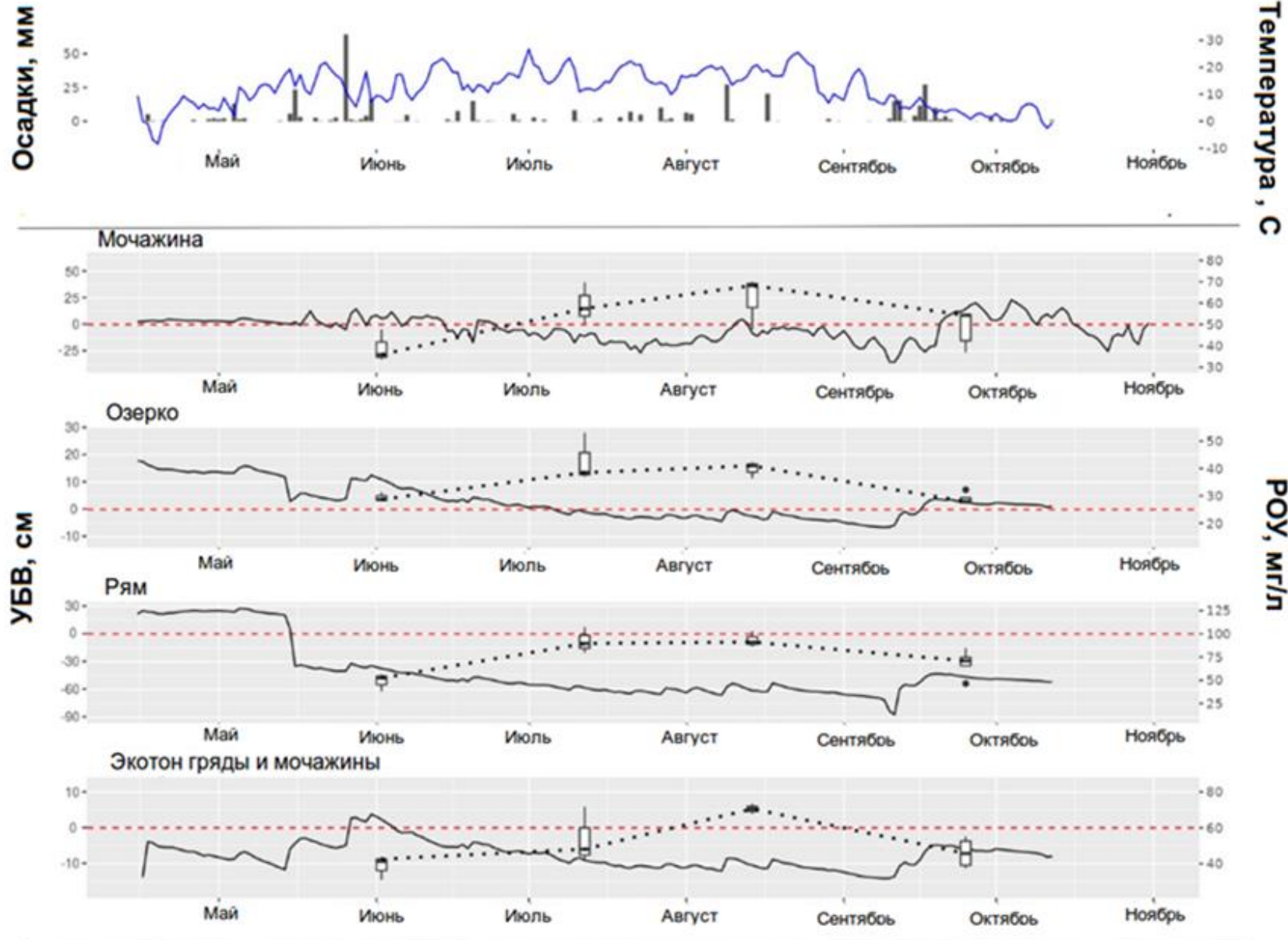
# Почвы лесов сходны по дыханию и потреблению метана



ЛЛ – лиственный лес  
ТЛ – темнохвойный лес  
СЛ – смешанный лес

За сезон  $-0.36 \text{ г СН}_4 \text{ м}^{-2}$ , то есть  $-29 \text{ гСО}_{2\text{ЭКВ}} \text{ м}^{-2}$   
или  $-7.9 \text{ гС-CO}_{2\text{ЭКВ}} \text{ м}^{-2}$

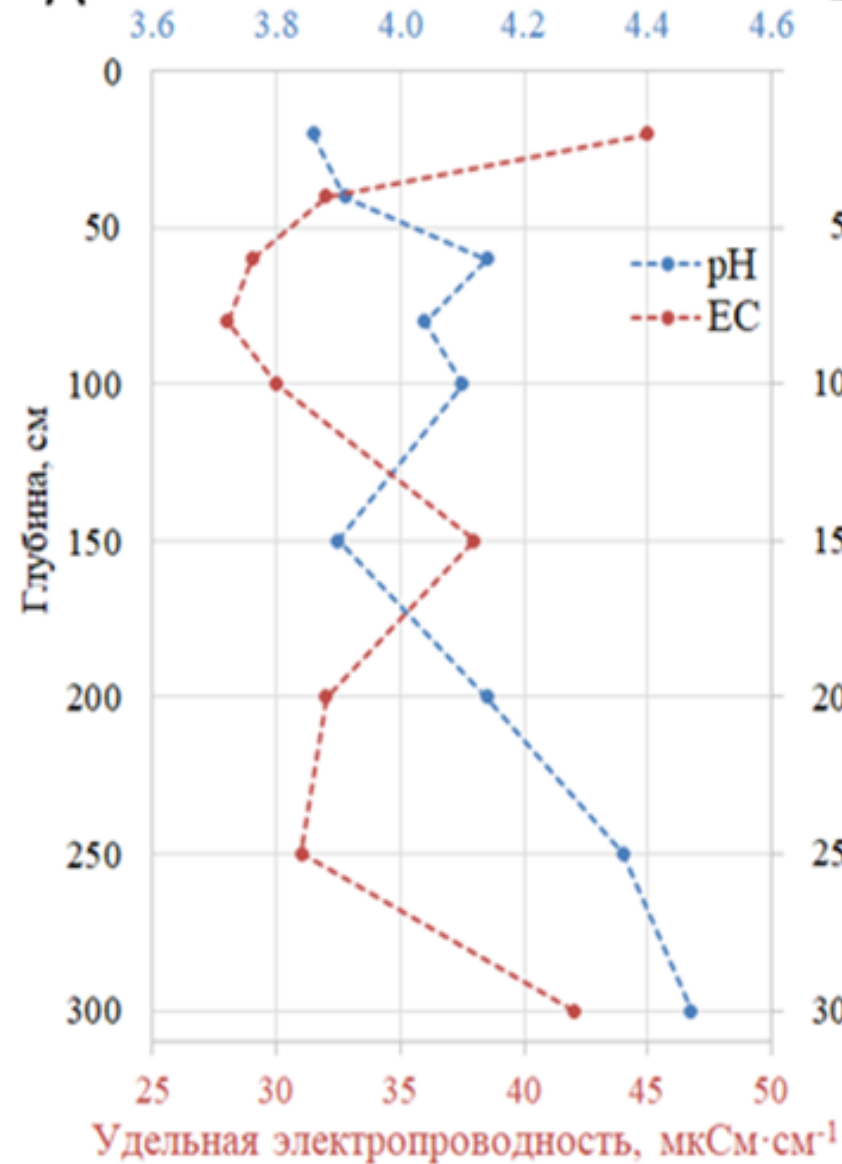
# Динамика концентрации РОУ в болотных микроландшафтах



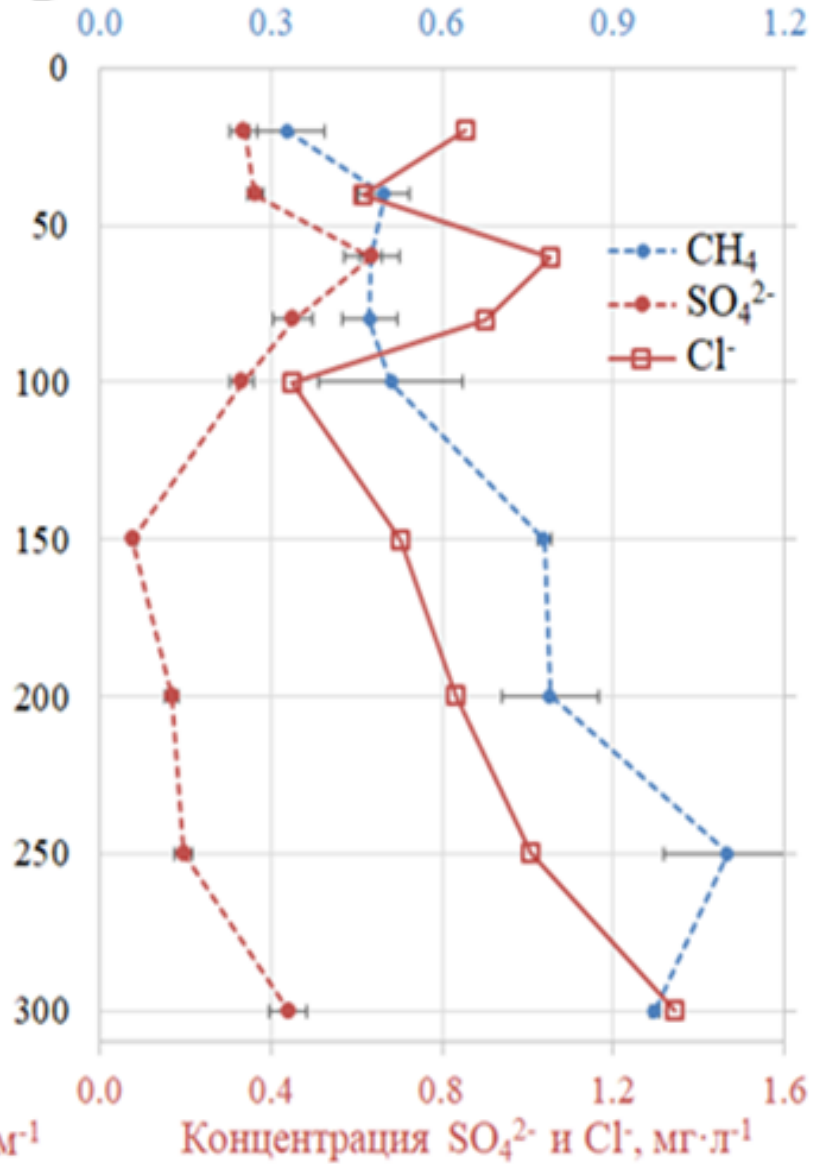
Общий вынос РОУ с площади водосбора составляет 6.2 тонн за сезон или  $7.0 \text{ гС м}^{-2} \text{ год}^{-1}$

# Профили стабильных изотопов расскажут о процессах в болоте...

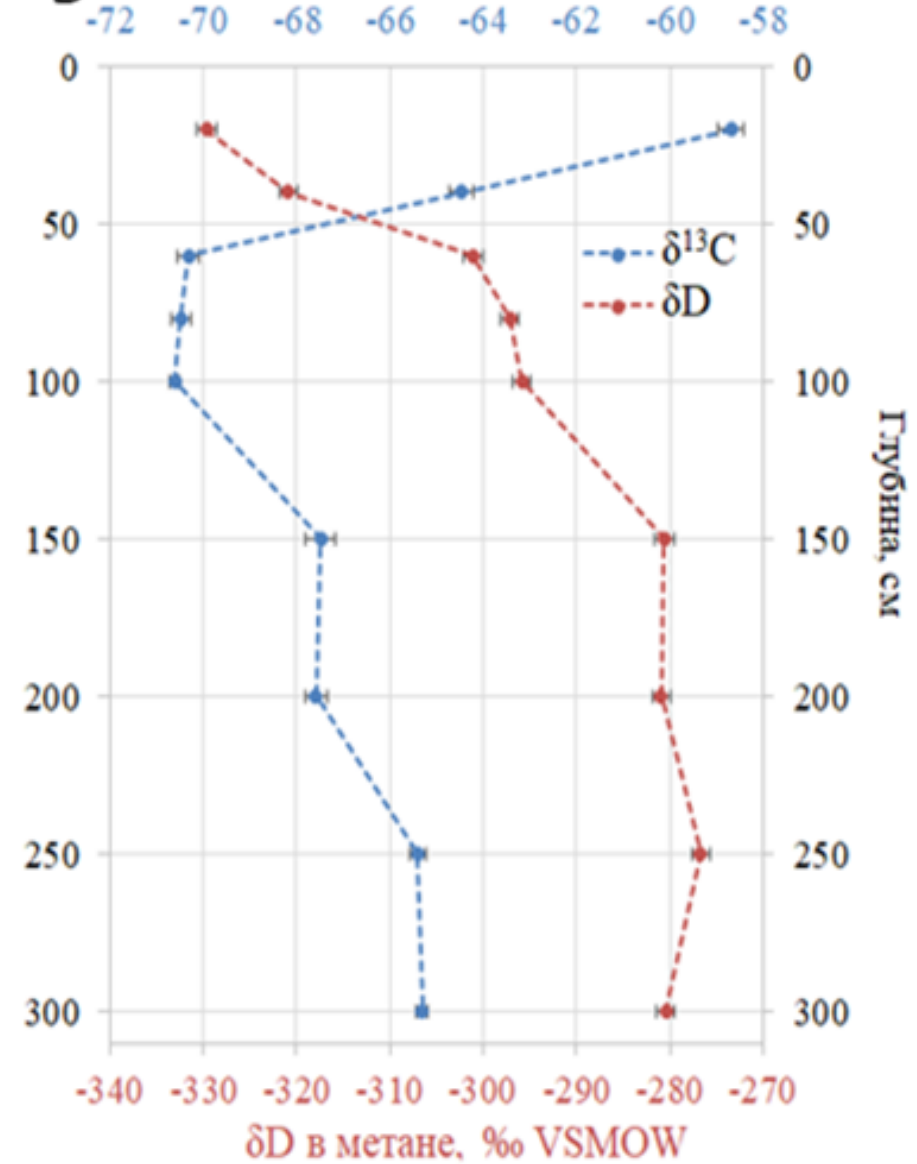
**А** pH болотной воды



**Б** Концентрация растворённого  $\text{CH}_4$ , мМ

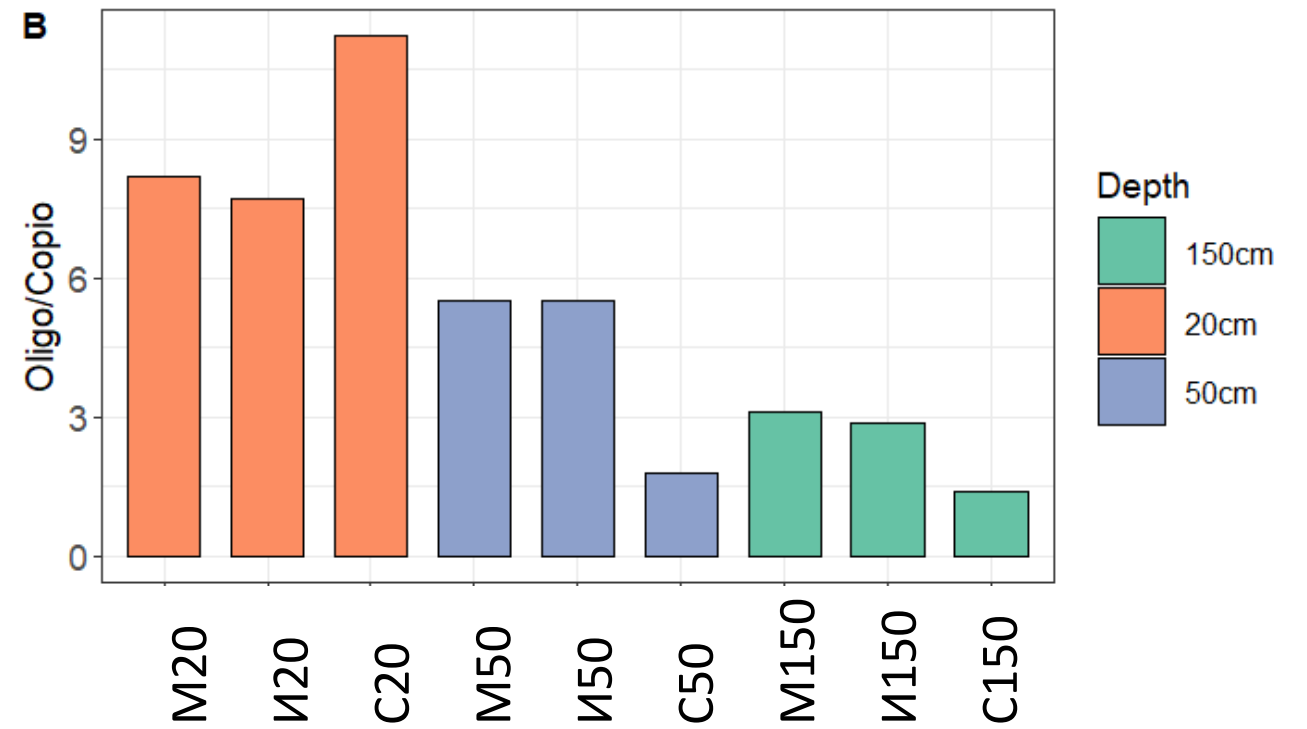
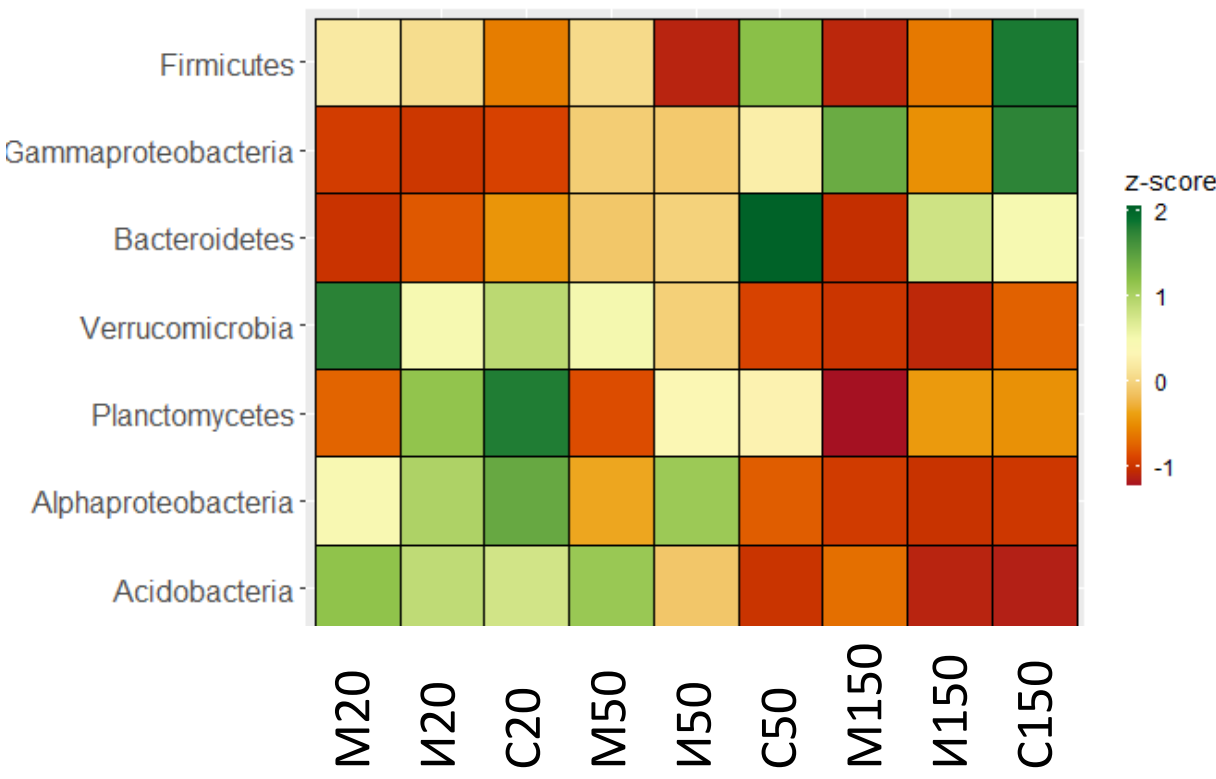
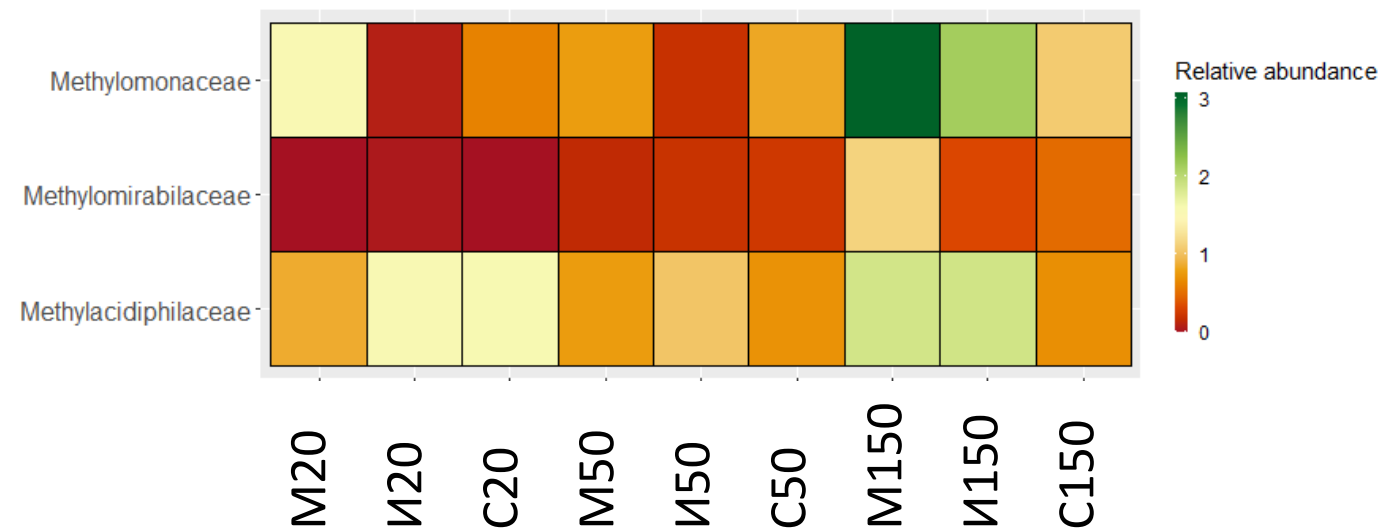
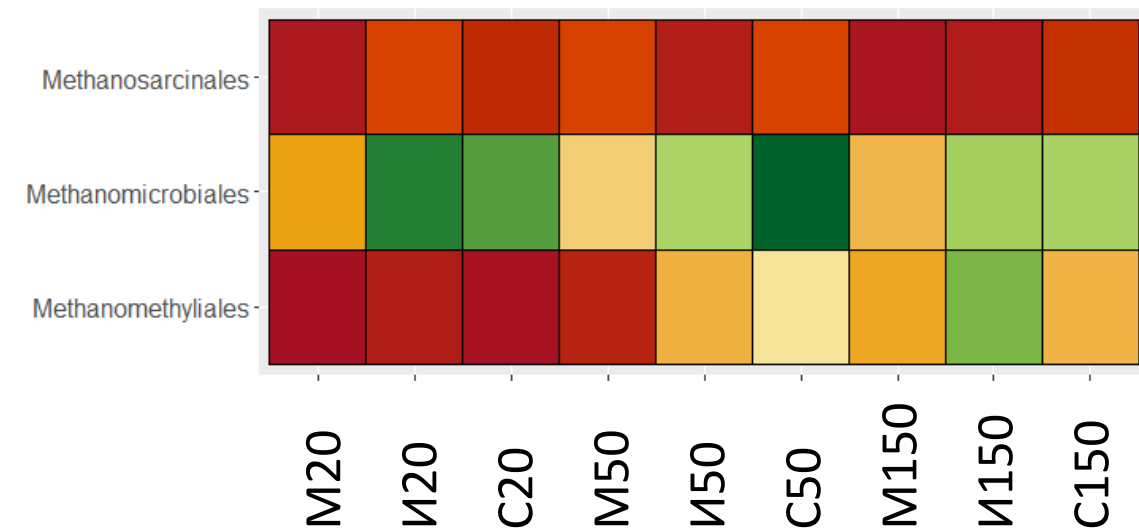


**В**  $\delta^{13}\text{C}$  в метане, ‰ VPDB





# ... особенно в дуэте со структурой микробиома



# Проблемы

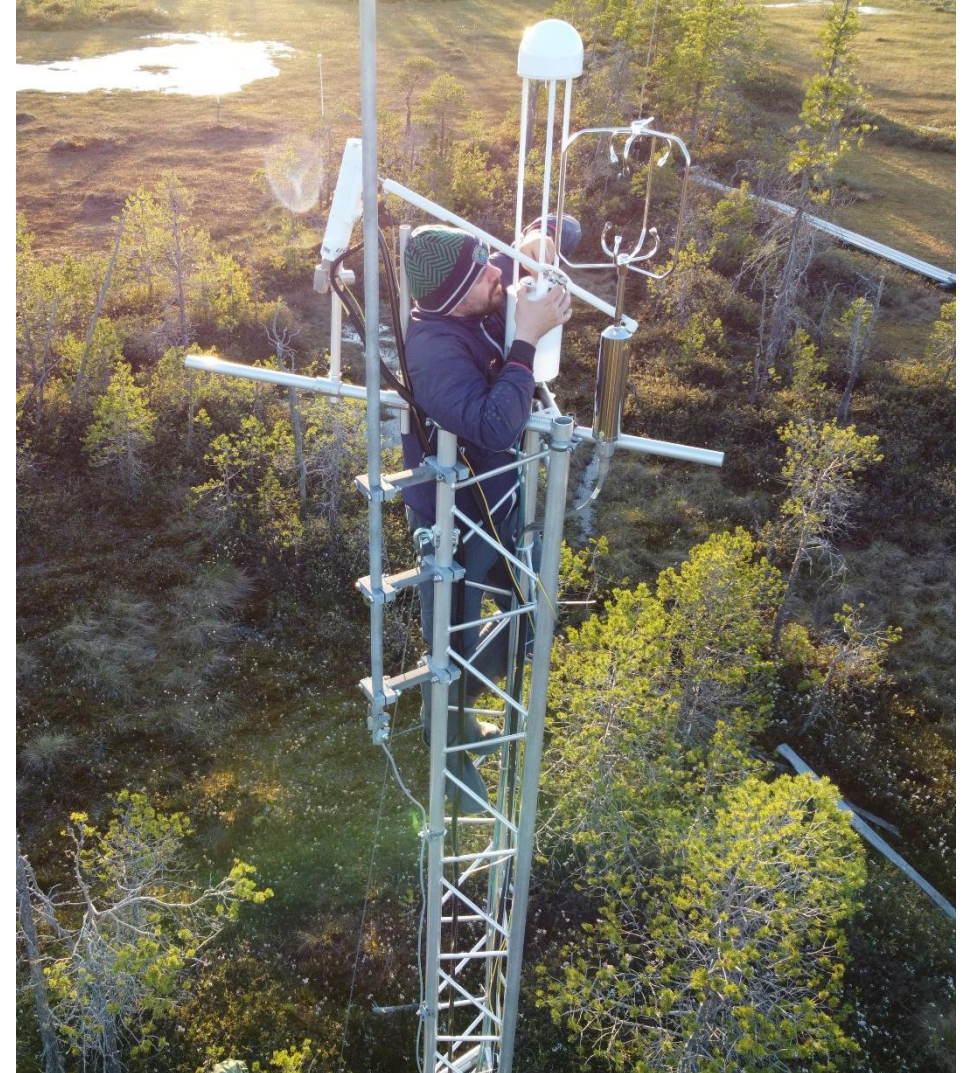
- Высокая бюрократическая нагрузка: ТЗ, сметы, отчёты и закупка оборудования (44 ФЗ как приговор);
- Многоуровневый кадровый голод: от мотивированных студентов и преподавателей, узких специалистов (учёных и инженеров) до администраторов и системных лидеров;
- Отсутствие оборудования отечественного производства, слабая связь между существующими запросами и проводимыми научными разработками (повторение ошибок), завышенные цены на западное и отечественное оборудование;
- Незрелость независимой научной экспертизы результатов.



# Труд этот, Ваня, был страшно громаден...



Вышка 40 м в смешанном лесу, Мухрино, осень 2022 года



Вышка 7 м в грядово-мочажинном комплексе верхового болота, Мухрино, лето 2022 года



Спасибо за внимание!