

Запасы углерода в типичных болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири: методика и первые результаты

Сабреков А.Ф., Куприянова Ю.В., Батршина В.Р., Дюкарев Е.А., Заров Е.А.,
Ильясов Д.В., Каверин А.А., Клименко В.С., Коваль А.А., Кулик А.А.,
Литвинов Л.В., Ниязова А.В., Рахова С.Е., Филиппов И.В., Шанёва В.С.,
Лапшина Е.Д.

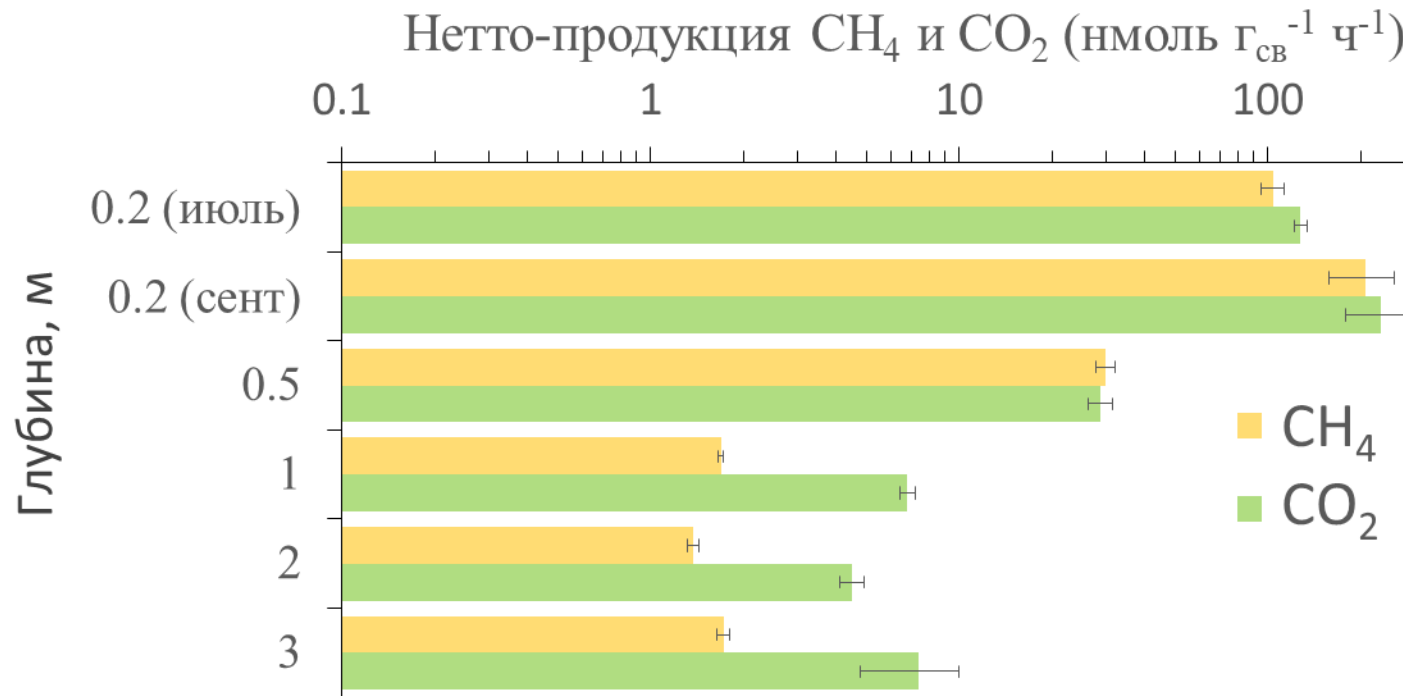
Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

План доклада: задачи 2023 года

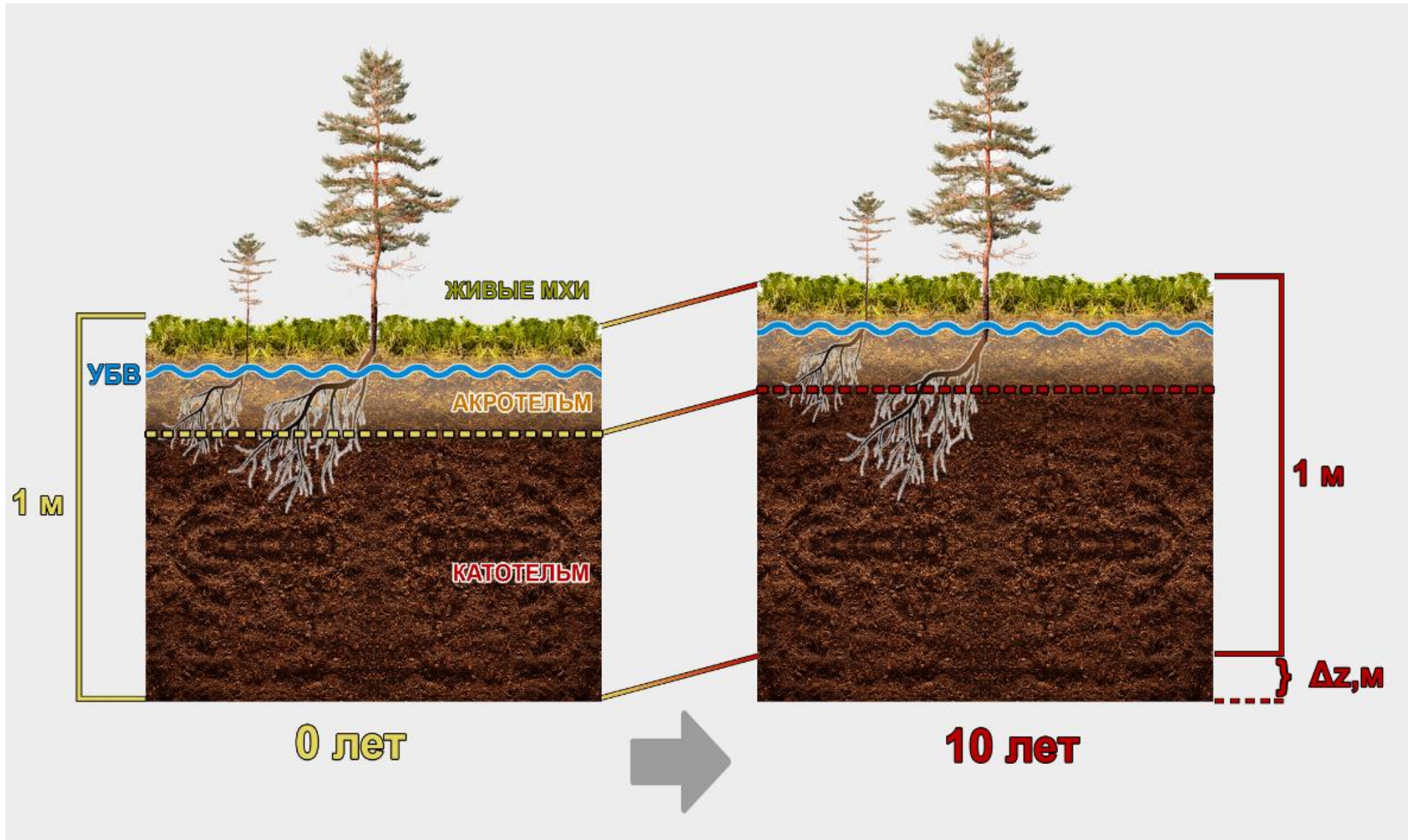
1. Разработка методических подходов к оценке углеродных пулов и потоков в болотных экосистемах России;
2. Проведение высокодетальной съёмки полигона с БПЛА для оценки площадей, занимаемых типичными болотными экосистемами;
3. Измерение запасов углерода в типичных болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири с разделением по компонентам;
4. Мониторинг газообмена углекислого газа смешанного леса с атмосферой на полигоне Мухрино методом турбулентных пульсаций;
5. Организация полигонов интенсивного мониторинга 2 типа в сосняке лишайниковом и верховом болоте на полигоне Кондинские озёра.

Особенности определения запасов углерода в болотах

1. Учитывается всё органическое вещество в метровой толще (то есть слое, в котором активность биогеохимических процессов выше всего)
2. Учитываются потоки метана (как газа с намного большим потенциалом глобального потепления по сравнению с CO_2)
3. Учитывается изменение высоты поверхности болота



Изменение высоты поверхности болота



Метод корневой шейки



Установка рейки вертикально на корневую шейку



Измерение высоты поверхности мха от корневой шейки

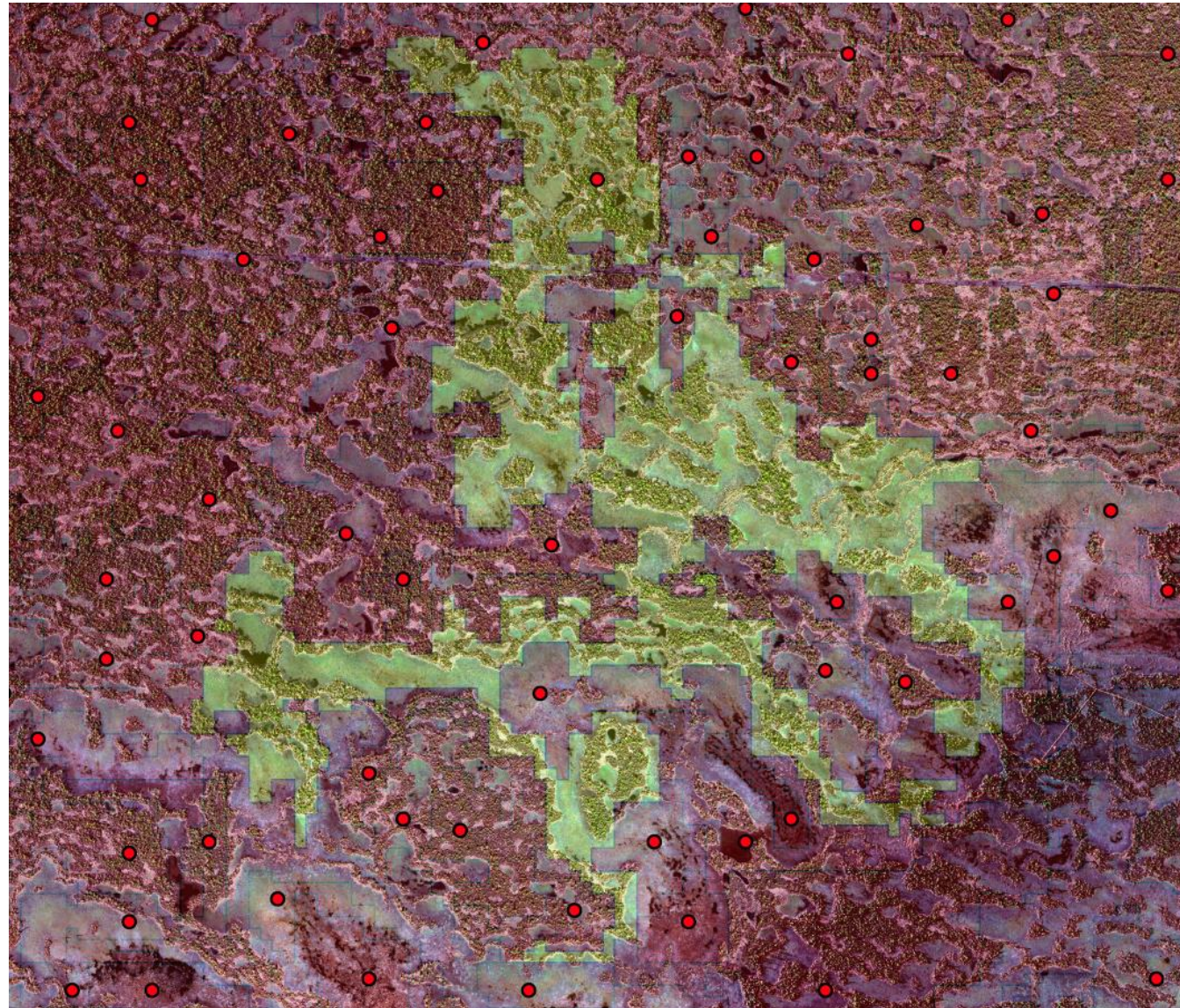


Использование лазерного уровня для близлежащих мочажин

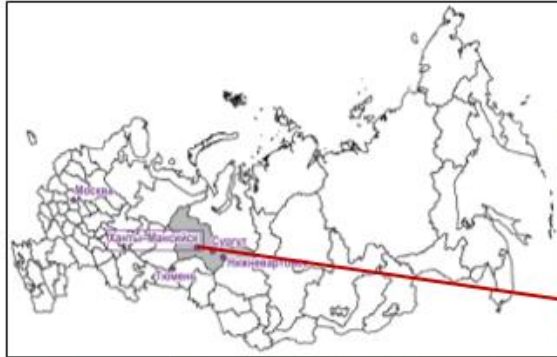
Критерии выделения типов фаций и их условность

| Фация | Гряды, % | Мочажины, % |
|--|-------------|----------------|
| Рям (сосново-кустарничково-сфагновая экосистема) | >90 | <10 |
| Рямово-мелкомочажинный комплекс (РММК) | 80-90 | 10-20 |
| Грядово-мочажинный комплекс (ГМК) | <80 | >20 |
| Открытое болото (ОБ) | Экспертно | |

Фации состоят из гряд и мочажин (кочек и межкочий) в разной пропорции, эти элементы зачастую одинаковы в разных фациях



Расположение постоянных пробных площадей



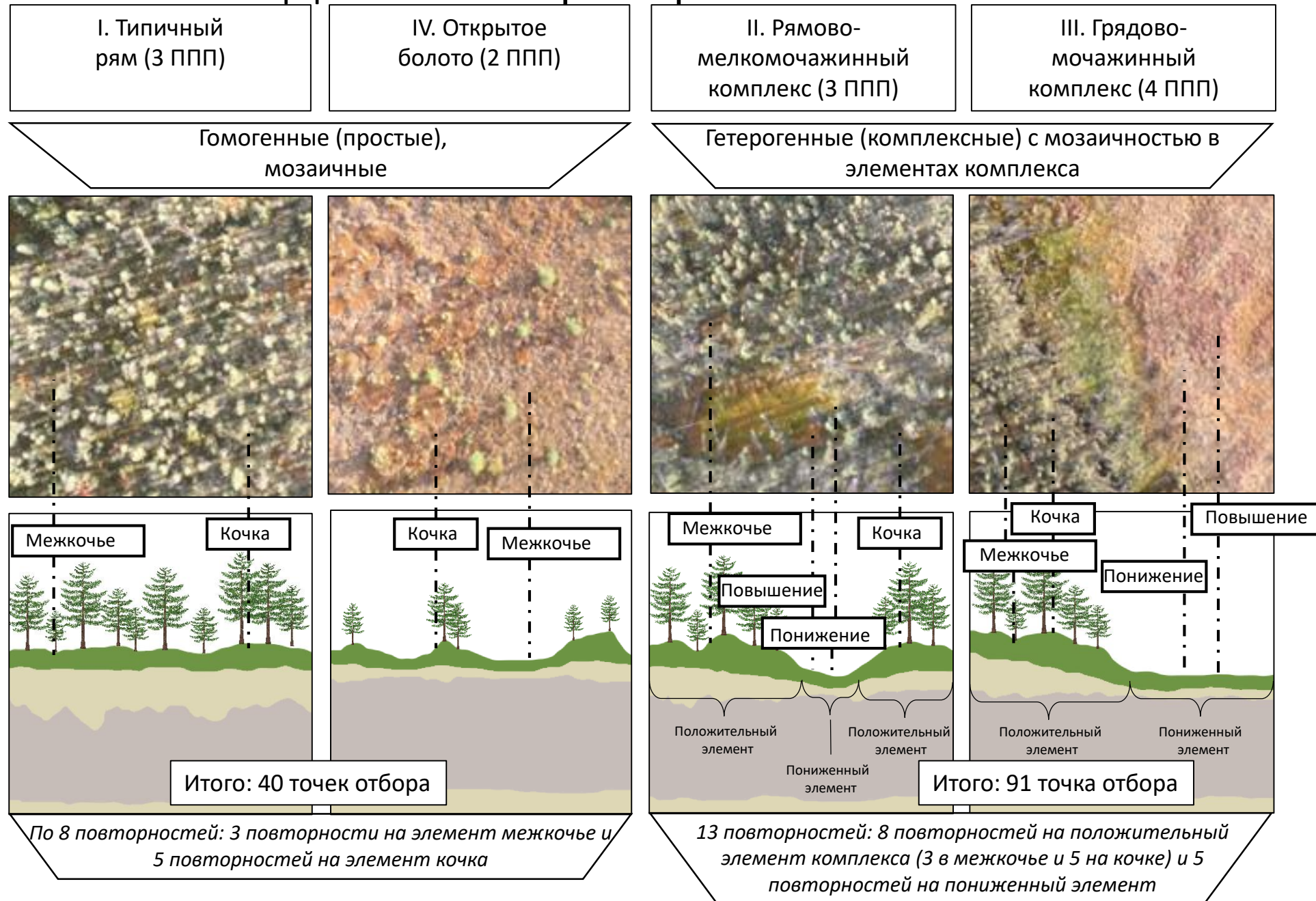
Методика отбора проб

Приоритеты:

1. Больше кол-во ППП в наиболее распространённых типах фаций

2. Больше кол-во точек отбора в положительных элементах фаций в связи с их большей пространственной неоднородностью.

3. Оценка соотношения гряд и мочажин на основе данных LiDAR



Объём отобранного материала



Видовой состав растительности и лесотаксационные характеристики



Продуктивность наземной и подземной растительной биомассы



Годичная продукция сфагновых мхов



- 12 полных таксационных карточек



- 100 полных геоботанических описаний



- 563 образца подземной и надземной фитомассы



- 100 меток по 25 в каждом типе микроландшафта на 7 распространённых видах сфагновых мхов



- В течении вегетационного сезона (5 съёмки мультиспектр (2 от ООО «Геоскан»), 3 – лидар (1 от ООО «Геоскан»)).



- 33 монолита на микробную биомассу: по 3 пробы торфа с разных глубин в зависимости от уровня стояния болотной воды



- 108 метровых кернов и 8 опорных колонок (на всю глубину)



- 420 потоков CO_2 (по 210 потоков NEE и R_{eco}), 210 потоков CH_4



- 102 образца на растворенный органический углерод



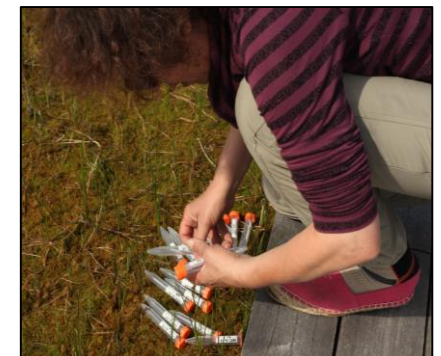
Измерение толщины слоя торфа наростшего над корневой шейкой



Характеристики почв

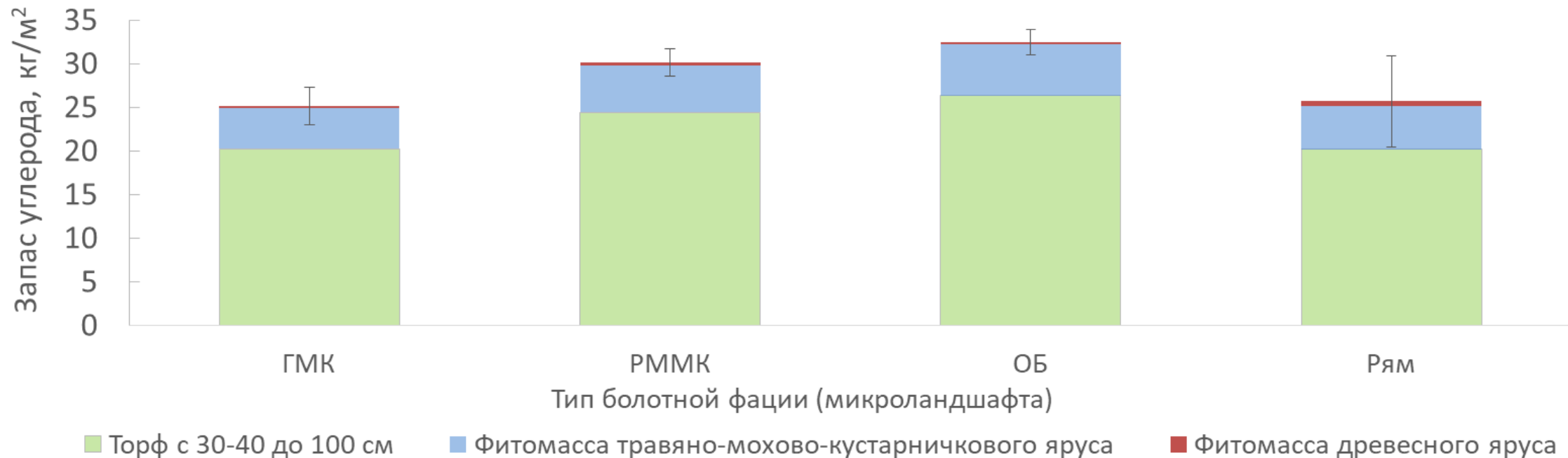


Потоки парниковых газов (CO_2 и CH_4)



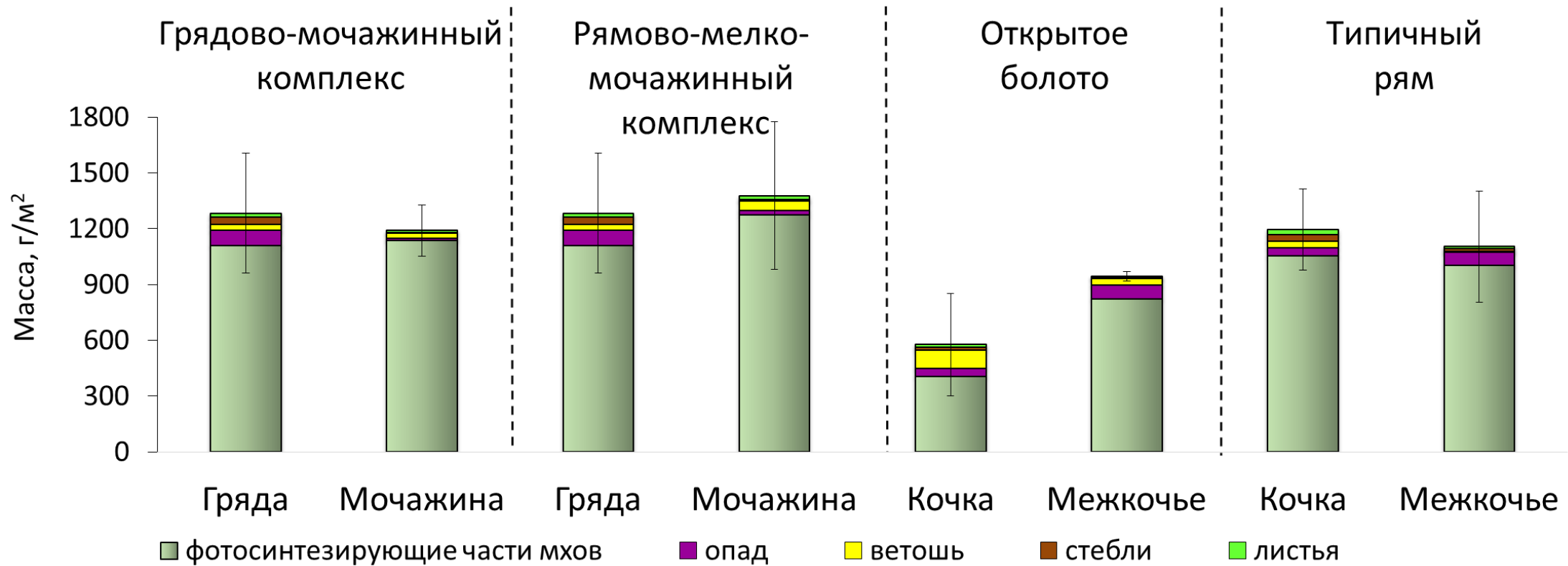
Отбор болотных вод для анализа концентрации растворённого органического углерода

Запасы углерода в фитомассе и метровой толще торфа



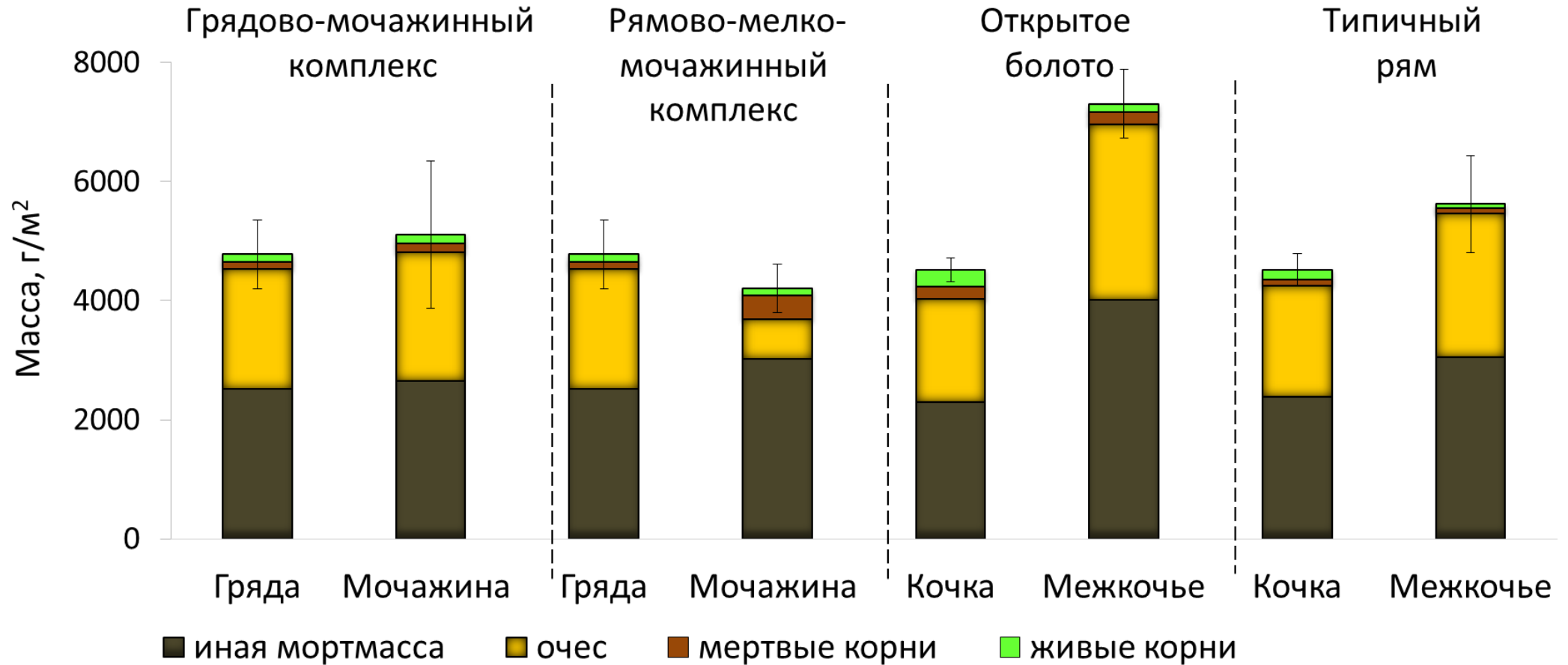
| Показатель | ГМК | РММК | Открытое болото | Рям |
|--------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| Среднее ± std | 25.14 ± 2.10 | 30.09 ± 1.56 | 32.47 ± 1.48 | 25.67 ± 5.26 |
| Коэффициент вариации, % | 8.4 | 5.2 | 4.5 | 20.5 |
| Число ППП | 4 | 3 | 2 | 3 |
| Общее число точек отбора | 39 | 23 | 16 | 24 |

Запасы надземной фитомассы



| Показатель | ГМК | | РММК | | Открытое болото | | Рям | |
|---------------------------|------|------|------|------|-----------------|-----|------|------|
| Среднее, г/м ² | 1284 | 1190 | 1284 | 1378 | 577 | 946 | 1195 | 1103 |
| Стд, г/м ² | 322 | 138 | 322 | 398 | 275 | 26 | 219 | 297 |
| Коэф. вариации, % | 25.1 | 11.6 | 25.1 | 28.9 | 47.7 | 2.7 | 18.3 | 27 |

Запасы подземной фитомассы и мортмассы



| Показатель | ГМК | | РММК | | Открытое болото | | Рям | |
|---------------------------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| Среднее, г/м ² | 4781 | 5111 | 4781 | 4205 | 4520 | 7307 | 4522 | 5620 |
| Стд, г/м ² | 578 | 1234 | 578 | 403 | 203 | 571 | 262 | 816 |
| Коэф. вариации, % | 12.1 | 24.2 | 12.1 | 9.6 | 4.5 | 7.8 | 5.8 | 14.5 |

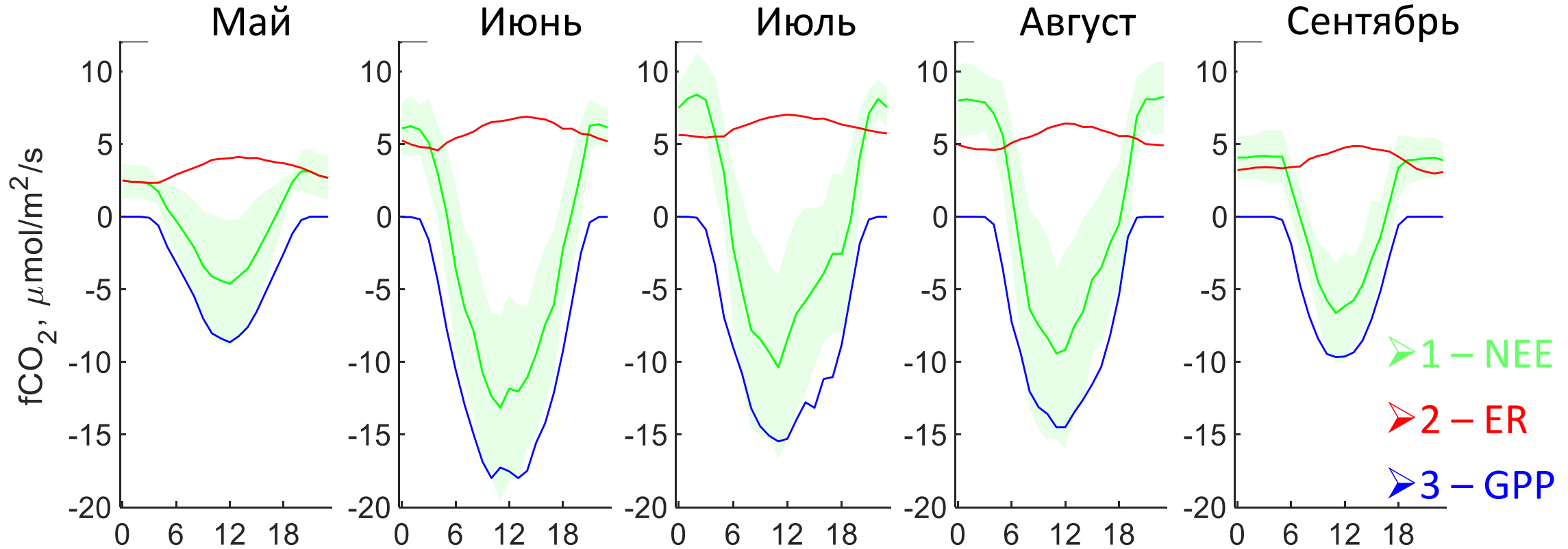
Мониторинг газообмена CO_2 для смешанного леса

Смешанный лес - станция КМ - МУН03



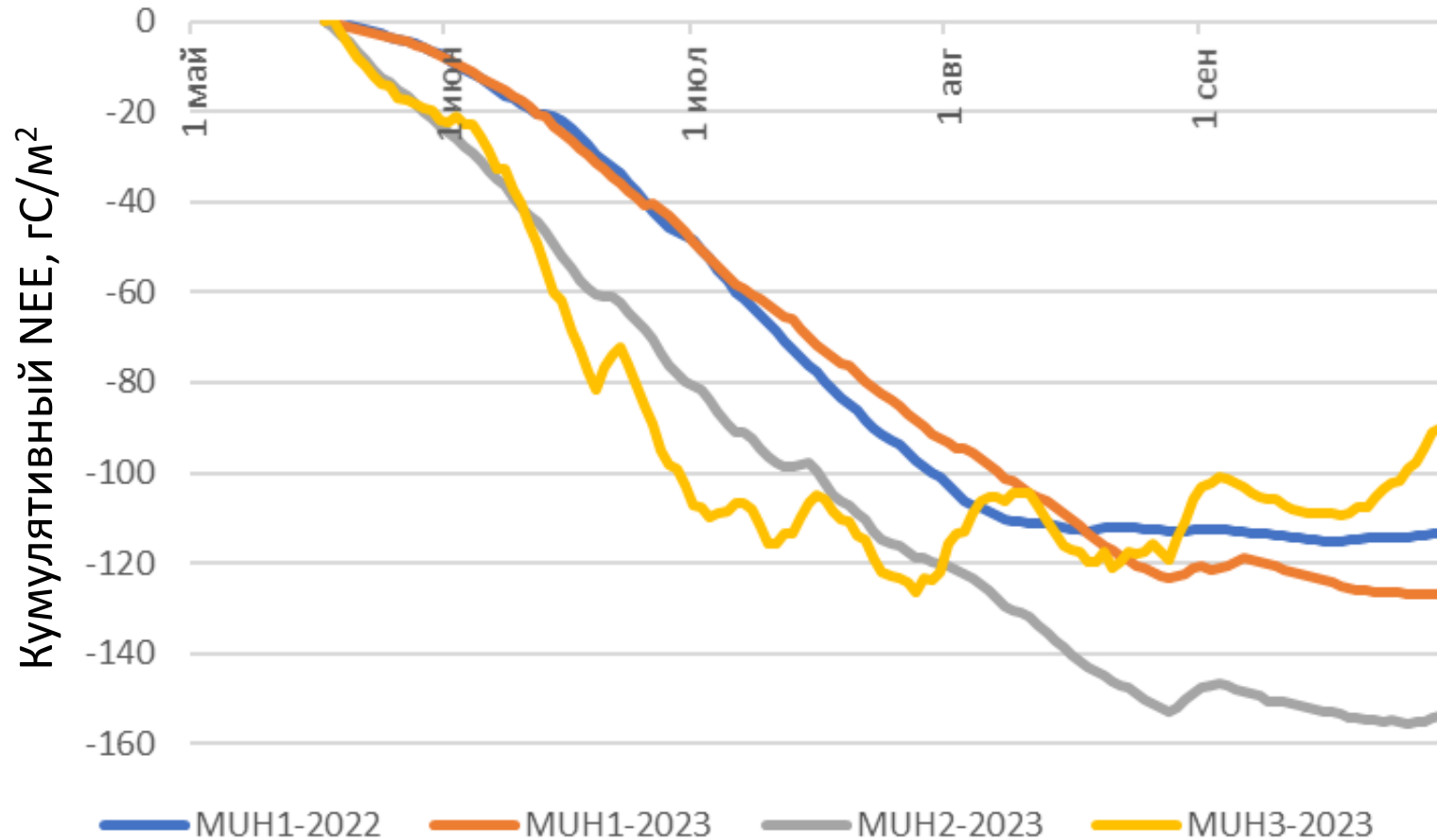
- Высота установки – 43 м
- Анемометр - u-sonic 3 Metek MP Cage
- Газоанализатор - LI-7200RS (CO_2 , H_2O)

Средний суточный ход потоков CO₂ для смешанного леса



| Поток, гС/м ² | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь |
|--------------------------|------|------|------|--------|----------|
| GPP | -175 | -334 | -297 | -295 | -121 |
| ER | 179 | 235 | 281 | 316 | 137 |
| NEE | -4 | -99 | -16 | 21 | 16 |

Кумулятивный нетто-экосистемный обмен и баланс парниковых газов



MUN3-2023 (-90 гС/м²)

MUN1-2022 (-113 гС/м²)

MUN1-2023 (-127 гС/м²)

MUN2-2023 (-154 гС/м²)

MUN1 – грядово-мочажинный комплекс

MUN2 – сосново-кустарничково-сфагновое болото (рям)

MUN3 – смешанный лес

Для **MUN1**

Поглощение CO₂:

-120 гС/м² = -440 гCO₂е/м²

Эмиссия метана:

+3.6 гCH₄/м² = +108 гCO₂е/м²

Вышки для оценки экосистемных потоков в Кондинских озёрах



Верховое сфагновое болото



Сосняк лишайниковый

Дискуссионные вопросы

1. Хрупкость объекта: проход большого количества исследователей сильно нарушает естественное сложение болота, для восстановления требуются годы или десятки лет (выход – строительство мостков зимой – требует больших трудовых затрат и ресурсов);
2. Методика: объективно низкая точность определения плотности торфа в обводнённых элементах (выход – выпиливание ледяных монолитов зимой – трудоёмок);
3. Классификация объектов: детальные ботанические и ландшафтные классификации плохо адаптированы к описанию углеродного цикла (выход – использование более простых подходов, удобных с точки зрения дистанционного зондирования);
4. Отказ от объективно незначимых для баланса С трудноопределимых параметров – например, микробной биомассы;
5. Колоссальные трудовозатраты: порядка 100 человеко-месяцев.

Планы на 2024 год

1. Оценка запаса углерода в смешанном лесу полигона Мухрино, где ведётся измерение методом турбулентных пульсаций, по методике БГЦ;
2. Мониторинг эмиссии метана из экосистем верхового болота полигона Мухрино;
3. Измерение латерального стока углерода из экосистем верхового болота;
4. Измерение потока углекислого газа методом турбулентных пульсаций в верховом болоте и лишайниковом сосняке на полигоне Кондинские озёра;
5. Адаптация методики оценки запасов углерода для болот России.

Зарегистрированные базы данных

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных

№ 2023623489

Потоки углекислого газа, воды и энергии с поверхности
грядово-мочажинного комплекса болота "Мухрино" в
2022 г., определенные методом турбулентных пульсаций

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Югорский государственный университет» (RU)*

Авторы: *Дюкарев Егор Анатольевич (RU), Дмитриченко
Алексей Александрович (RU), Заров Евгений Андреевич
(RU)*

Заявка № 2023623280
Дата поступления 11 октября 2023 г.
Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных 17 октября 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности



документ подписан электронной подписью
Сертификат 429160026 340 3164819083507764887
Иванов, Зубов Юрий Сергеевич
Действителен с 18.08.2023 по 02.08.2024 Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных

№ 2023623622

База данных приземных метеорологических наблюдений на
грядово-мочажинном комплексе болота Мухрино в 2010 -
2022 гг.

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Югорский
государственный университет» (RU)*

Авторы: *Артамонов Арсений Юрьевич (RU), Авилов Виталий
Константинович (RU), Лапина Елена Дмитриевна (RU), Карпов
Дмитрий Викторович (RU), Заров Евгений Андреевич (RU), Дюкарев
Егор Анатольевич (RU), Дмитриченко Алексей Александрович (RU),
Филиппова Нина Владимировна (RU), Филиппов Илья Владимирович
(RU), Воропай Надежда Николаевна (RU), Шмырев Николай Андреевич
(RU)*

Заявка № 2023623373
Дата поступления 16 октября 2023 г.
Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных 25 октября 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности



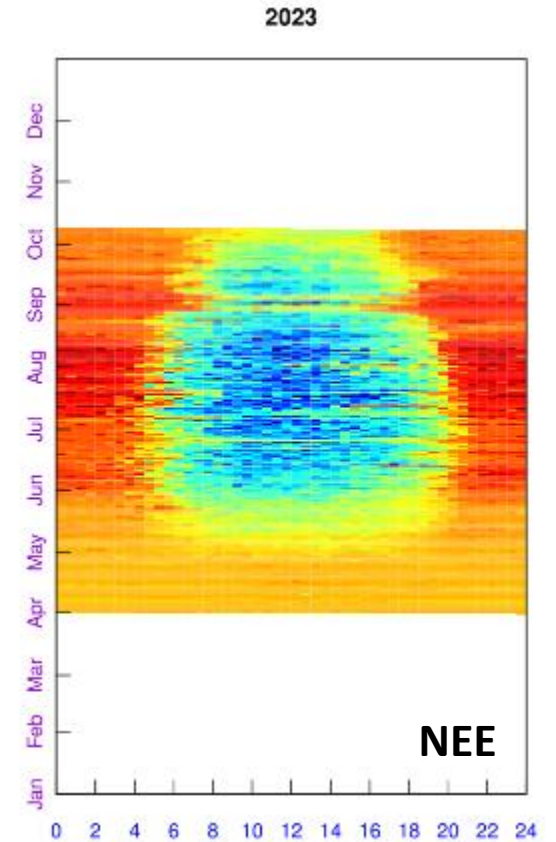
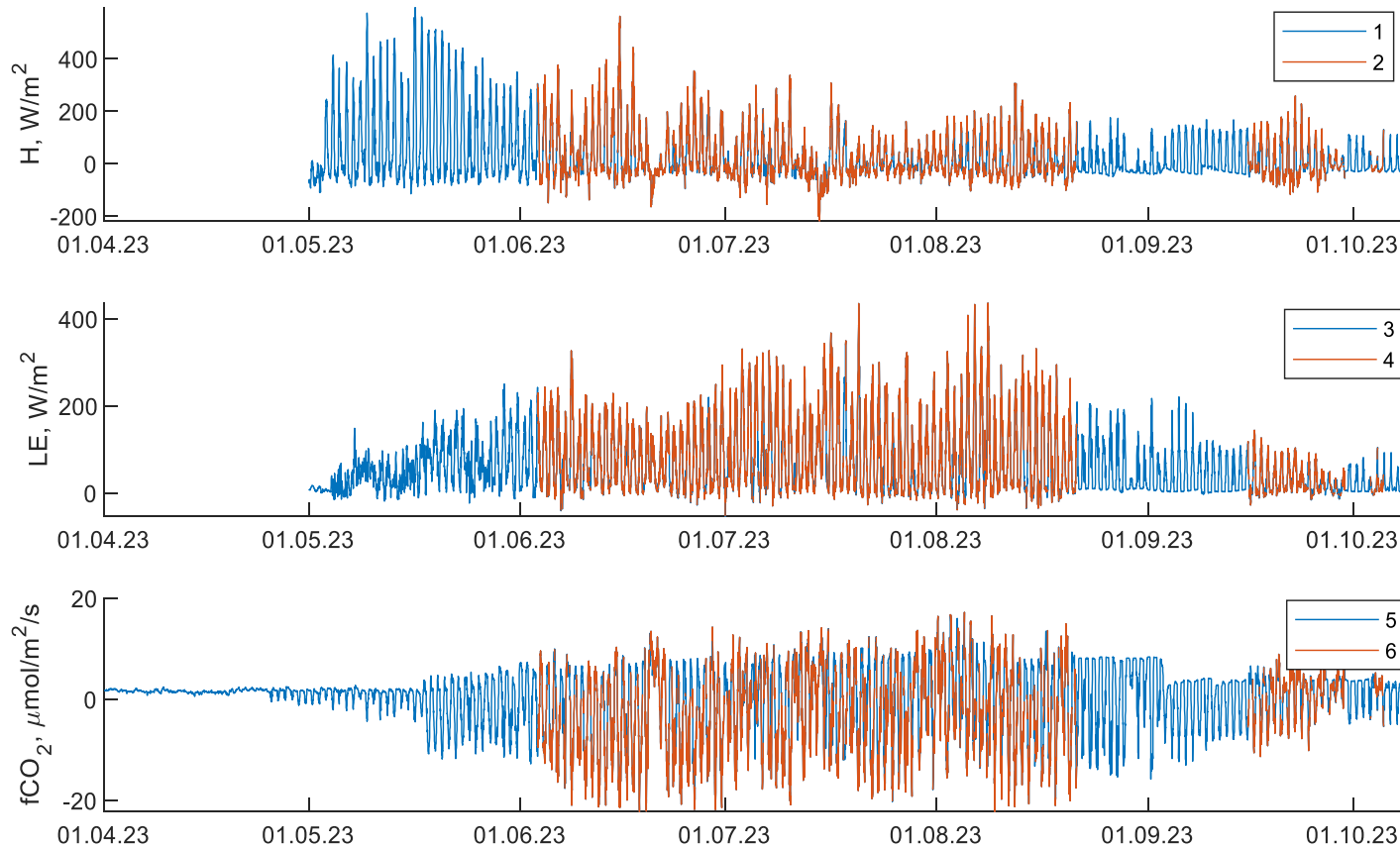
документ подписан электронной подписью
Сертификат 429160026 340 3164819083507764887
Иванов, Зубов Юрий Сергеевич
Действителен с 18.08.2023 по 02.08.2024 Ю.С. Зубов

Публикации

1. Filippova N.V., Kosykh N.P., Filippov I.V., Niyazova A.V. 2023. Annual growth and primary production of sphagnum in raised bog Mukhrino (four-year observations:2019-2022) // Environmental Dynamics and Global Climate Change, 14(1), 21-37.
2. Lapshina E.D., Zarov E.A. 2023. Stratigraphy of peat deposits and mire development in the south and middle taiga zones of Western Siberia in Holocene // Environmental Dynamics and Global Climate Change, 14(2), 70-101.
3. Sabrekov A.F., Semenov M.V., Terentieva I.E., Krasnov G.S., Kharitonov S.L., Glagolev M.V., Litti Y.V. 2024. Anaerobic Methane Oxidation is Quantitatively Important in Deeper Peat Layers of Boreal Peatlands: Evidence from Anaerobic Incubations, in situ Stable Isotopes Depth Profiles, and Microbial Communities // Science of the Total Environment . V. 916, 170213.

Спасибо за внимание!

Потоки явного (H), скрытого тепла (LE) и углекислого газа (fCO₂)



- 1 – H (модель),
- 2 – H (наблюдения),

- 3 – LE (модель),
- 4 – LE (наблюдения),

- 5 – fCO₂ (модель),
- 6 – fCO₂ (наблюдения).