



Югорский
государственный
университет



Лаборатория
геоинформатики
экосистем



Российский
научный
фонд

«ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ФИТОМАССЫ ТРАВЯНО- КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА ОЛИГОТРОФНОГО БОЛОТА ПО ДАННЫМ БЕСПИЛОТНОЙ ЛЕТАТЕЛЬНОЙ СЪЁМКИ»

Усик Александр Андреевич
Инженер-исследователь
ЛАБОРАТОРИЯ ГЕОИНФОРМАТИКИ ЭКОСИСТЕМ
a_usik@ugrasu.ru



Растительный покров болот:

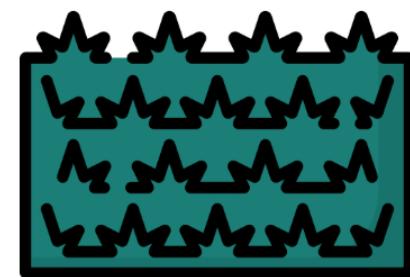
- **ключевой компонент круговорота углерода (CO_2) и метана (CH_4)**
- **является одним из крупнейших пулов углерода в экосистемах торфяных болот**
- **отличается высокой пространственно-временной изменчивостью, что требует оперативных и масштабируемых методов наблюдений**

Классические методы:

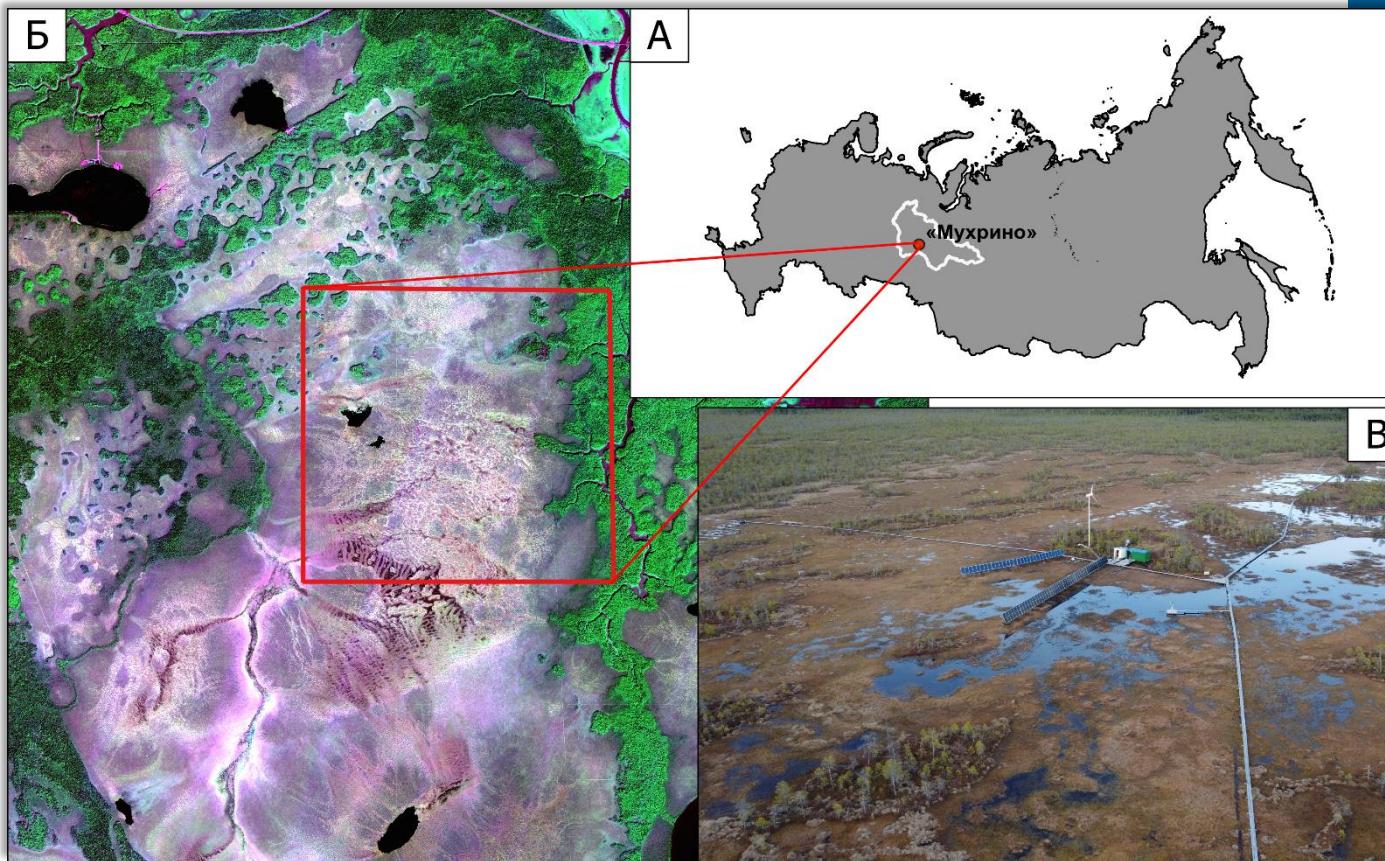
- **определения запасов фитомассы (укосы, ручные измерения)**
 - **трудоёмкие, локальные и малорепрезентативные**

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) позволяют:

- **получать высокодетальные данные о структуре и состоянии растительности**
- **охватывать большие площади при минимальных затратах времени**



Объект и предмет исследования



ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПОЛЕВОЙ СТАНЦИИ «МУХРИНО» НА КАРТАХ:

А – «МУХРИНО» НА КАРТЕ РОССИИ И ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМОГО ОКРУГА ЮГРЫ;

Б – ГРАНИЦЫ ПОЛИГОНА НА СНИМКЕ РЕСУРС-П;

В – ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ СТАНЦИИ.

ОБЪЕКТ: олиготрофные болота средней тайги Западной Сибири (станция «Мухрино»)

ПРЕДМЕТ: травяно-кустарничковый ярус (ТКЯ) олиготрофных болот средней тайги Западной Сибири

ЦЕЛЬ: разработка и апробация дистанционной методики оценки запасов фитомассы

ИССЛЕДУЕМЫЕ ФАЦИИ:

- рямо-мелкомочажинный комплекс (РММК)
- сосново-кустарничково-сфагновое болото (рям)
- кустарничковое открытое болото
- грядово-мочажинный комплекс (ГМК)

Методика: сбор данных



Надземную фитомассу определяли методом укосов в конце мая, июня и июля. Укосы проводили на пробных площадках размером 40×40 см, заложенных в двухкратной повторности на постоянных пробных площадях



DJI MATRICE 300 RTK + LiDAR ZENMUSE L1 — лазерное сканирование и получение 3D-модели поверхности



DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL — мультиспектральная съёмка (RGB + 5 спектральных каналов)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЕТА

Высота полёта: 40–60 м (в зависимости от рельефа и плотности растительности)

ПЕРЕКРЫТИЕ СНИМКОВ: продольное 80 %, поперечное 70 %

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ: 6–15 см/пикс

СКОРОСТЬ ПОЛЁТА: 3–5 м/с

ФОРМАТ ДАННЫХ: TIFF (мультиспектр), LAS/LAZ (лазар)

Погодные условия: съёмка выполнялась при освещённости >60 %, скорости ветра <5 м/с

Результат:

Получены ортофотопланы и цифровые модели местности высокой точности (до 5 см по высоте)

ДЕШИФРИРОВАНИЕ ДАННЫХ



ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ

ОРТОФОТОПЛАН

GRVI

№ПП	Фация	Май 2023			Июнь 2023			Июль 2023		
		от	до	медиана	от	до	медиана	от	до	медиана
1	ГМК (грядка)	123,3	194,6	162,6	81,2	168,6	126,5	81,3	160,9	123
	ГМК (Мочажина)	147,6	193,7	185,5	81,8	105,3	87,8	82,8	129,1	91,7
2	ГМК (грядка)	135,6	194,6	176,5	81,3	172,7	132,7	81,3	172,6	133,7
	ГМК (Мочажина)	153,9	193,7	181	92,7	112,5	103,7	82,2	100,8	90,4
3	ГМК (грядка)	62,6	194,6	141,3	81,28	232,07	126,7	81,28	143,75	107,1
	ГМК (Мочажина)	154,56	193,5	168,6	81,93	108,7	90,64	81,2	109,6	104,7
4	Открытое болото	139,1	194,6	176,3	81,3	164,6	123,7	81,3	164,8	109,8
5	Открытое болото	128,5	194,6	165,05	81,3	134,4	104,8	81,2	121,07	94,07
6	ГМК (грядка)	118,4	194,6	176,5	81,3	220,7	114,1	81,2	172,7	125,1
	ГМК (Мочажина)	112,3	194,4	175,8	82,3	202,7	122,7	81,3	172,3	101,7
7	Типичный рям	120,6	194,6	182,6	81,3	153,7	107,1	81,3	161	122,7
8	Типичный рям	130,4	194,6	176,5	81,3	150,3	116	81,3	172,6	127,4
9	Типичный рям	120,3	194,6	176,5	81,3	160,9	101	81,3	172,8	126
10	РмМК (Мочажина)	118,5	194,5	162,1	81,3	160,9	98,6	81,3	172,5	95,5
	РмМК (Рям)	123,3	194,6	176,5	81,3	168,8	113,02	81,3	176,9	120,5
11	Типичный рям	134,8	194,6	178,3	81,28	116,15	94,05	81,2	143,6	106,1
12	РмМК (Мочажина)	150,9	194,6	179,3	81,2	118,6	97,6	81,3	109,5	92,3
	РмМК (Рям)	101	194,6	150	81,2	391,1	165,6	81,2	232,1	167,8

ПРИМЕР БАЗЫ ДАННЫХ

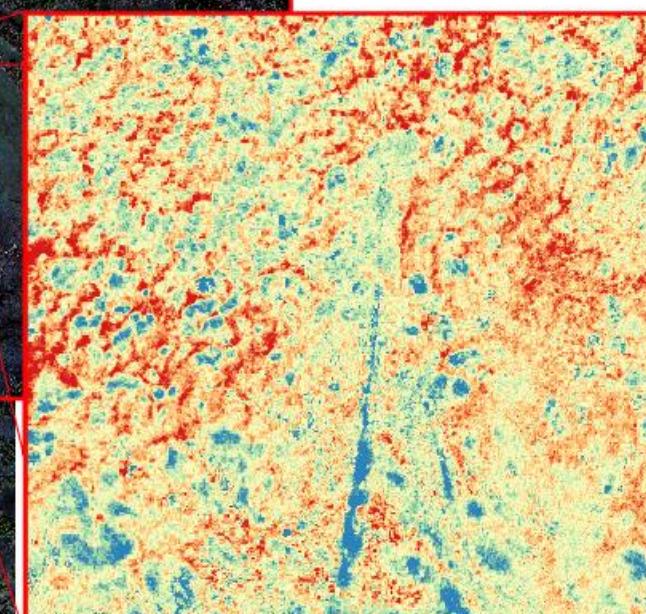
Методика: обработка данных



Ортофотоплан

ФОРМУЛА РАСЧЕТОВ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ФИТОМАССЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ

$$F = a * (2.71^b * GRV_{сум} / 64) + c * (2.71^d * CMM_{ср})$$



Рассчитанный участок 50 x 50 метров

Запасы фитомассы мочажин

Дистанционная оценка:

диапазон от 18 до 177 г/м²

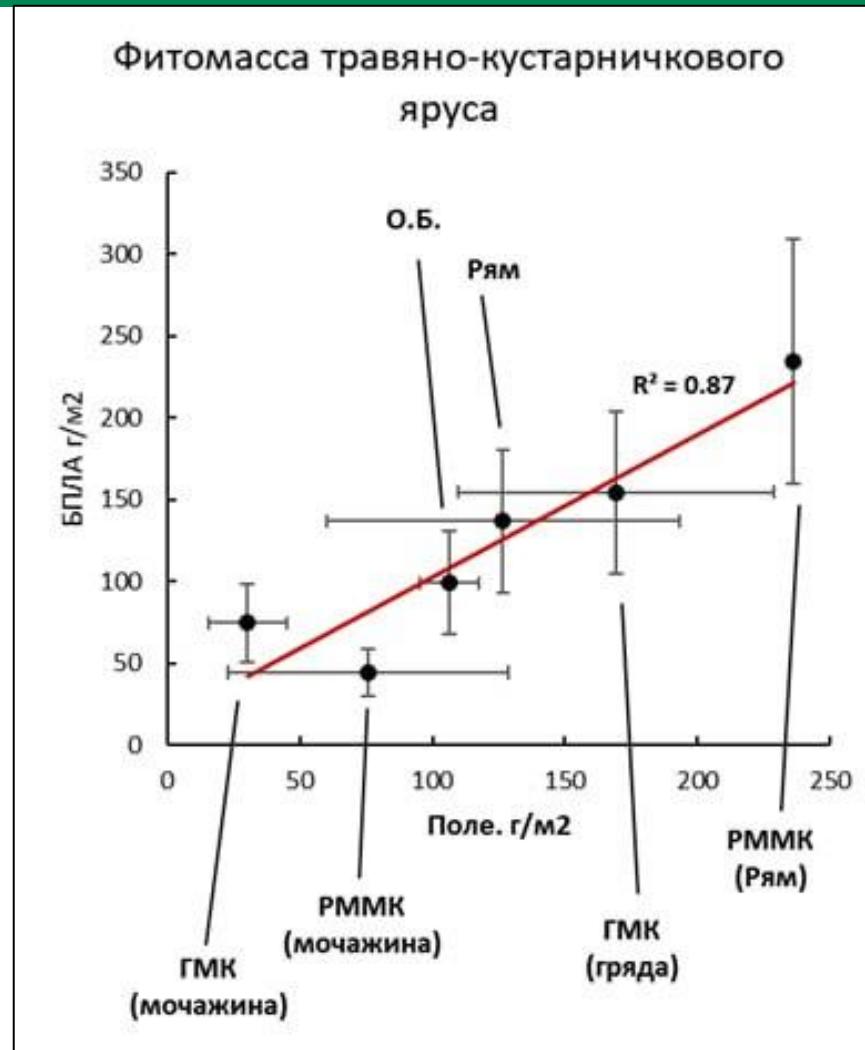
Прямая оценка

диапазон от 8 до 140 г/м²

	a	b	c	d
Для мая	18.1	-2.2	176.5	-0.8
Для июня/июля	40.67	0.0002	40.61	3.11

**ЗНАЧЕНИЯ, ПОДОБРАННЫЕ С ПОМОЩЬЮ
МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ**

Результаты: модель и корреляция



ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ МЕЖДУ ПРЯмыми (ось АБСЦИСС) И
ДИСТАНЦИОННЫМИ (ОСЬ ОРДИНАТ) ИЗМЕРЕНИЯМИ ЗАПАСОВ
ФИТОМАССЫ РАСТЕНИЙ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА В
РАЗЛИЧНЫХ ФАЦИЯХ БОЛОТНОГО МАССИВА «Мухрино»

ПОСТРОЕНА РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ФИТОМАССЫ ОТ
ДИСТАНЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ:

- вегетационный индекс GRVI (аналог проективного покрытия)
- шероховатость поверхности ЦММ (аналог высоты растительности)

$$R^2 = 0,87$$

$$RMSE = 24 \text{ г/м}^2 (\approx 12\text{--}15 \% \text{ от СРЕДНЕГО})$$

Градация запасов по элементам микрорельефа:

- минимум — мочажины, РММК и ГМК
- максимум — гряды и рямоные участки

Вариабельность запасов ($50\text{--}150 \text{ г/м}^2$) отражает мозаичность
растительного покрова

Методика показала высокую надёжность и воспроизводимость



Р А С Ш И Р Е Н И Е Б А ЗЫ Н А З Е М Н YХ ДАННЫХ

- **увеличение числа пробных площадок и фаций для повышения точности калибровки моделей**



ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

- **автоматическая классификация фаций по спектральным признакам**
- **автоматизирование методов оценки проективного покрытия**



ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

- **визуализация пространственного распределения фитомассы**
- **использование данных для оценки углеродного баланса**

Благодарности



Российский
научный
фонд

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА, ПРОЕКТ № 25-17-20042
«РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД С УЧЕТОМ ЦЕЛЕЙ
НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ ХМАО-Югры: БПЛА, ГИС, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И НАЗЕМНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ»

БЛАГОДАРЮ КОМАНДУ ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА, СОТРУДНИКОВ СТАНЦИИ «Мухрино» И КОЛЛЕГ, ПРИНИМАВШИХ
УЧАСТИЕ В СБОРЕ И ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ