



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Институт
биофизики



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСЕВОВ И СРАВНЕНИЕ С ДАННЫМИ БЕСПИЛОТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Алексей Васильевич Картушинский (1,2),

Картушинский С.А. (1),

Ботвич И.Ю. (2),

Емельянов Д.В. (2)

(1) Сибирский Федеральный Университет, Институт космических и информационных технологий

(2) Институт биофизики Красноярского Научного Центра СО РАН

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Климат – это усредненное (обобщенное) обозначение погодных условий в некоторой местности или регионе, преобладающих на протяжении длительного периода времени (**порядка 30 лет**)

Погода – это состояние атмосферы в приземном слое в данной местности или над обширным пространством, которое относится к краткосрочным состояниям атмосферного воздуха (**дни, сутки и недели**).

Микрокли́мат — особенности климата на небольших пространствах, обусловленные особенностями местности (лес, поле, поляна, болото, берег, водоём, направление склона, защищённость от ветров и т. п.). – (**ВИКИПЕДИЯ**),

НО ЭТО ПРАВИЛЬНЕЕ НАЗЫВАТЬ - ЭКОТОП, ЭКОТОН, ЭКОСИСТЕМА...

**«SKIN-THIN LAYER OF SURFACE AIR» –
ТОНКАЯ СТРУКТУРА ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА ?!**

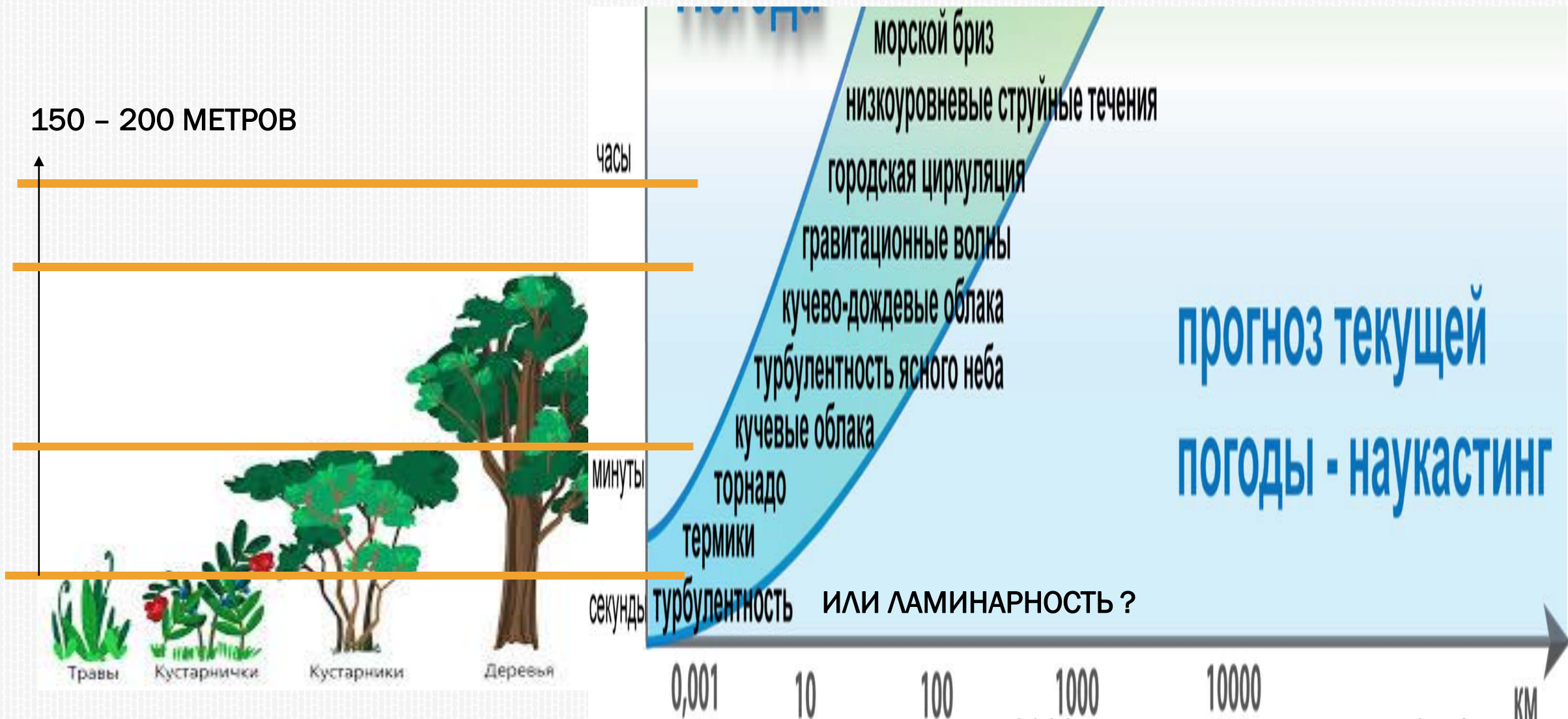
МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ, РАБОЧИХ МЕСТ, КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ



ФИТОТРОН



СТРАТИФИКАЦИЯ – букв. СЛОИСТОСТЬ



[http://www.scert.ru/enviromis/2020/presentation/Presentation/Conference/Session_2/Lectures/Lykosov.pdf]

Введение

❖ **ОСНОВНЫМИ ФАКТОРАМИ**, влияющими на ростовые характеристики растений, является солнечный свет (радиация), температура и влажность **ПОЧВЫ**, режим температуры и влажности **ВОЗДУХА**, атмосферное давление и сила (скорость) ветра на уровне масштабов самого растения;

❖ **ДААННЫЕ ДЗЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРОНОВ И БПЛА** дает изображения характеристик поверхности, которые показывают **локальные структурные неоднородности** распределения РАДИАЦИОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

(**ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО–ВРЕМЕННЫХ МАСШТАБОВ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТИ С/Х ПОСЕВОВ**)

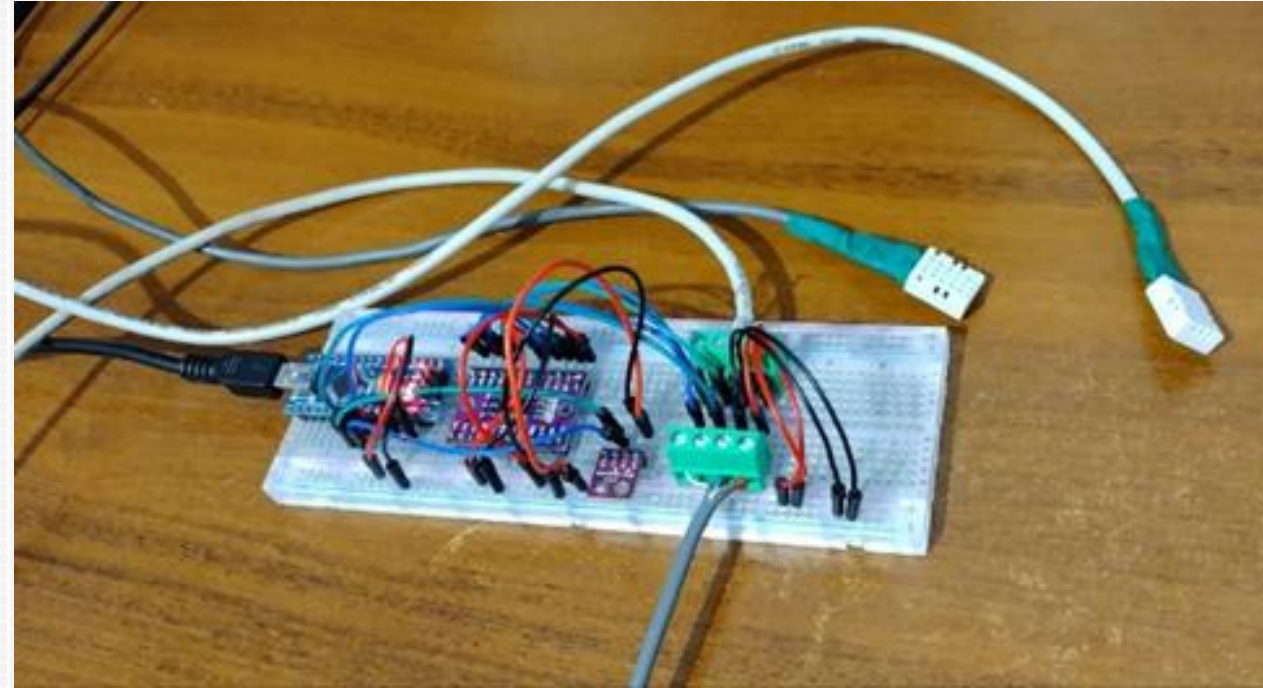
❖ Анализ пространственно-временных **ЗНАЧЕНИЙ физических и биологических характеристик** необходим для **ОЦЕНКИ** сеточного масштаба численных моделей и «времени жизни» (устойчивости состояния) моделируемых процессов и **для прогноза динамики БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ.**

**Цель работы: выявление особенностей
микромасштабного влияния факторов
термодинамического режима воздуха на продуктивность
растений в поверхностном слое почвенного покрова в
период вегетации.**

**Задачи: Анализ изменчивости пространственно-
временных параметров стратификационных условий
состояния воздуха на уровне шероховатости (*skin-thin
layer*) поверхности для оценки мелкомасштабного
термодинамического взаимодействия и влияния на
произрастание с/х культур (на примере посевов пшеницы
«ОПЫТНО-ПОЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА МИНИНО», Красноярск).**

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ

- ✘ В работе используются данные, полученные в ходе полевых измерений дистанционными и контактными методами. Здесь предусмотрено применение автоматизированных методов измерений влажности и температуры воздуха, атмосферного давления и силы ветра, а также состояния почвы при помощи микродатчиков сантиметрового размера с применением разработанного программного обеспечения выполняющего функции сбора, накопления и хранения данных.



Прототип платы измерителя («Гирлянда») – часть программно-измерительного устройства, состоящего из отдельных трех датчиков каждый из которых измеряет температуру и влажность воздуха, и на плате – атмосферное давление.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

- Электронный анемометр на разноуровневом штативе от 50 см до двух метров от поверхности, что соответствует стандартной высоте метеонаблюдений.
- Контроль содержания хлорофилла в листьях растений осуществляется с применением N-тестера (CCM-200) в плановом режиме совмещения с временем измерения беспилотными летательными аппаратами – БПЛА самолетного типа и дрона.



Полевой агрометеорологический программно-измерительный комплекс

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДИСТАНЦИОННЫЕ ПРИБОРНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

Геоскан 201 Агро
(Sony RX1R II,
RedEdge-MX)



Sony RX1R II
фото съемка,
разрешение 42 Мпикс

RedEdge-MX
мультиспектральная
съемка

ПО для обработки данных «Agisoft Metashape PRO», «PIX4D Mapper», «QGIS», «ArcMap»

DJI Matrice 210
RTK V2



с температурной камерой ZENMUSE XT2

	Количество каналов	Спектральный диапазон	Пространственное разрешение
MicaSense RedEdge-MX	5	475 – 840 nm	от 1 см и более
DJI Matrice 210 RTK V2	1	7,5-13,5µm	до 40 см 640x512 pix

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)

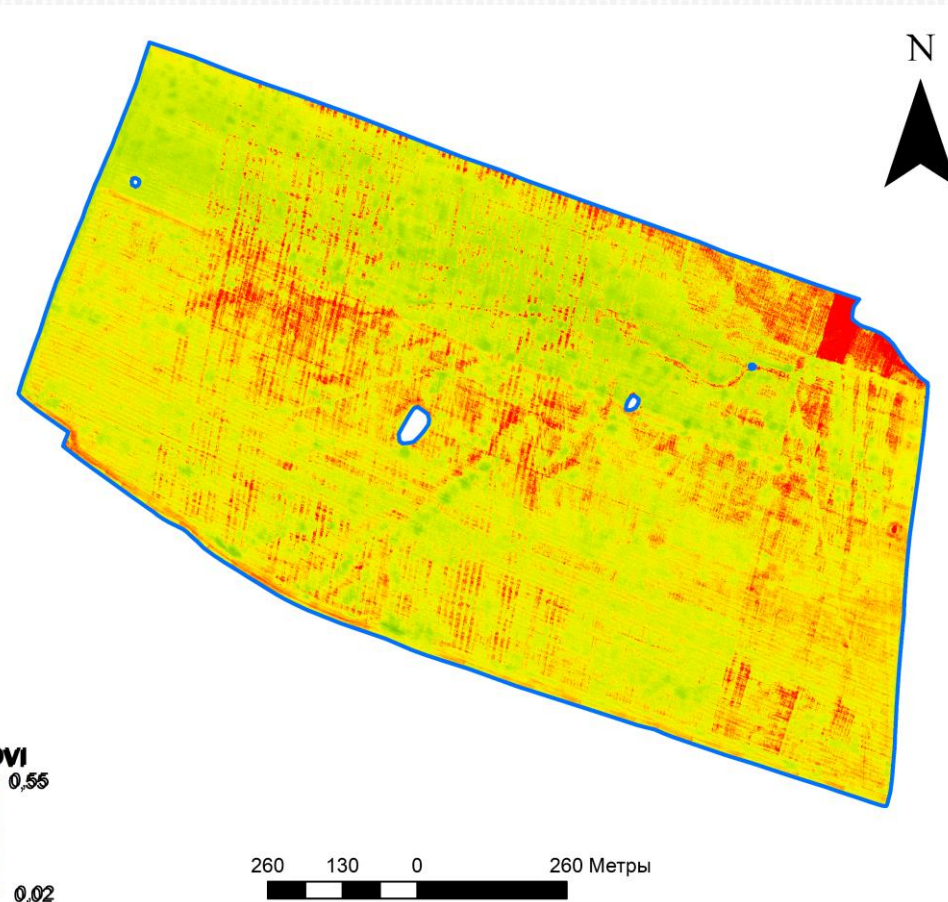
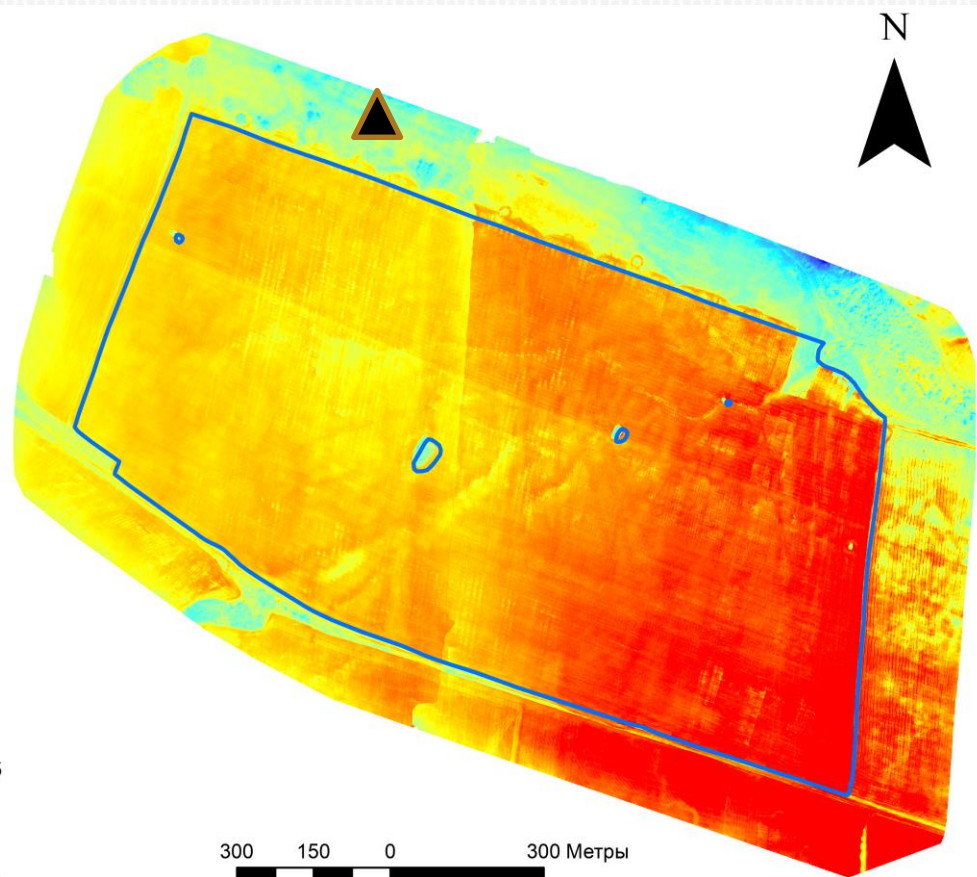
СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 10 см; ШИРИНА ЛИСТА – 5 мм; СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 780 ед.

08/06/23 БПЛА 12:35 крск

Площадь поля 124 га

LST

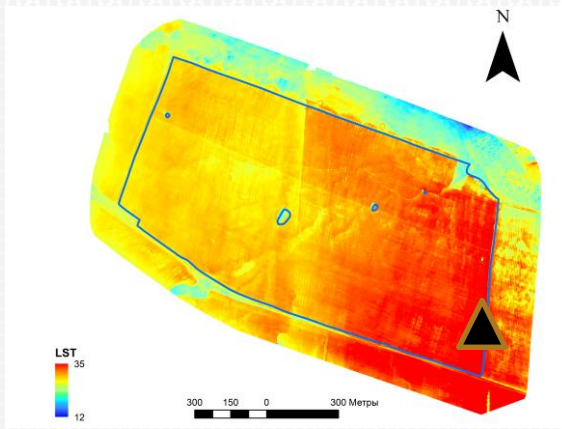
NDVI



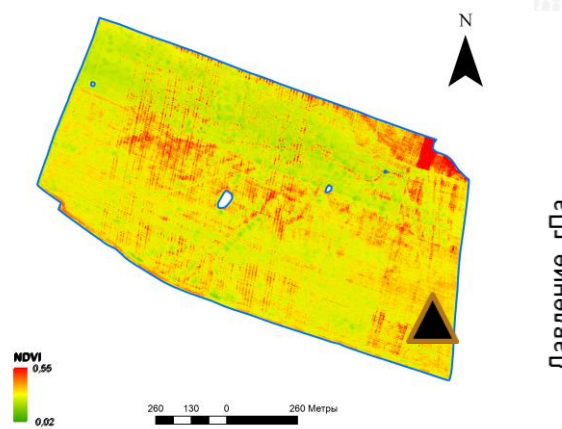
РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)

СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 10 см; ШИРИНА ЛИСТА – 5 мм; СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 780 ед.

LST



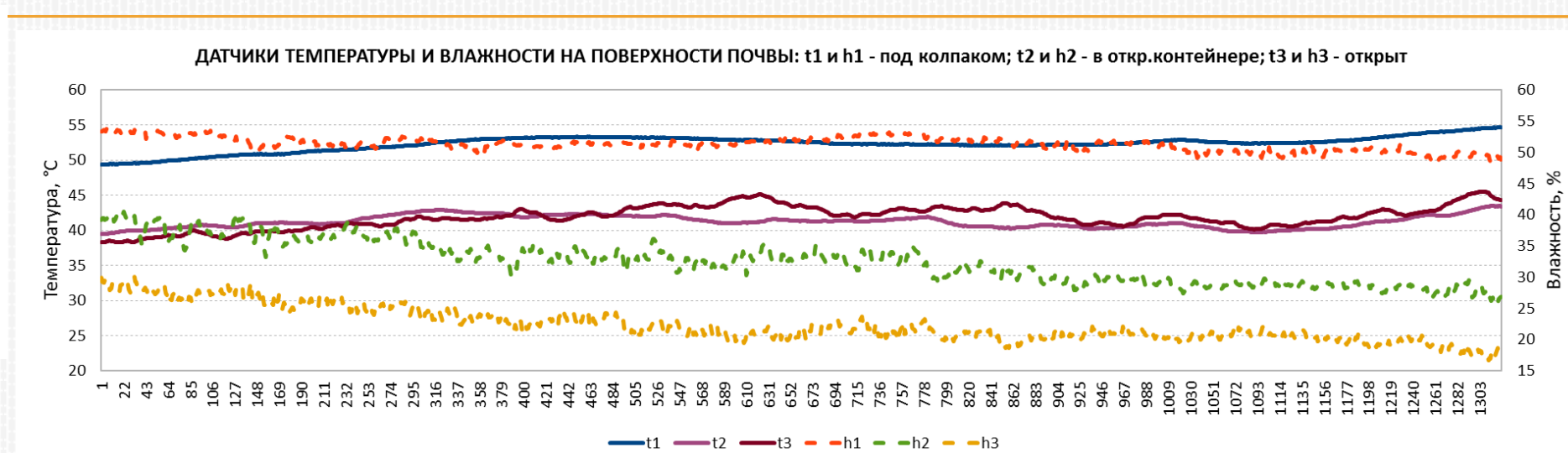
NDVI



Площадь поля 124 га

08/06/23 БПЛА 12:35

крск



08/06/23 с 11:30 до 12:35 крск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)

СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 40 см; ШИРИНА ЛИСТА – 8 мм; ДЛИНА ЛИСТА – 20см;

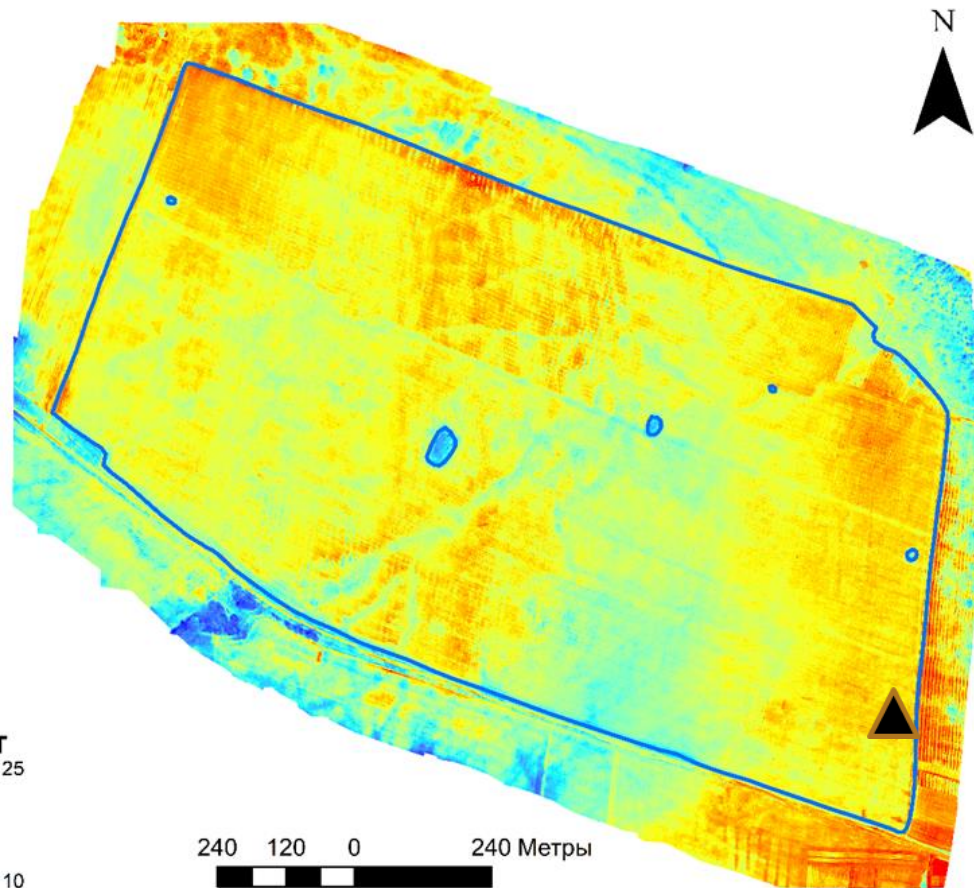
СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 470 ЕД .

Лист пшеницы мокрый – после дождя

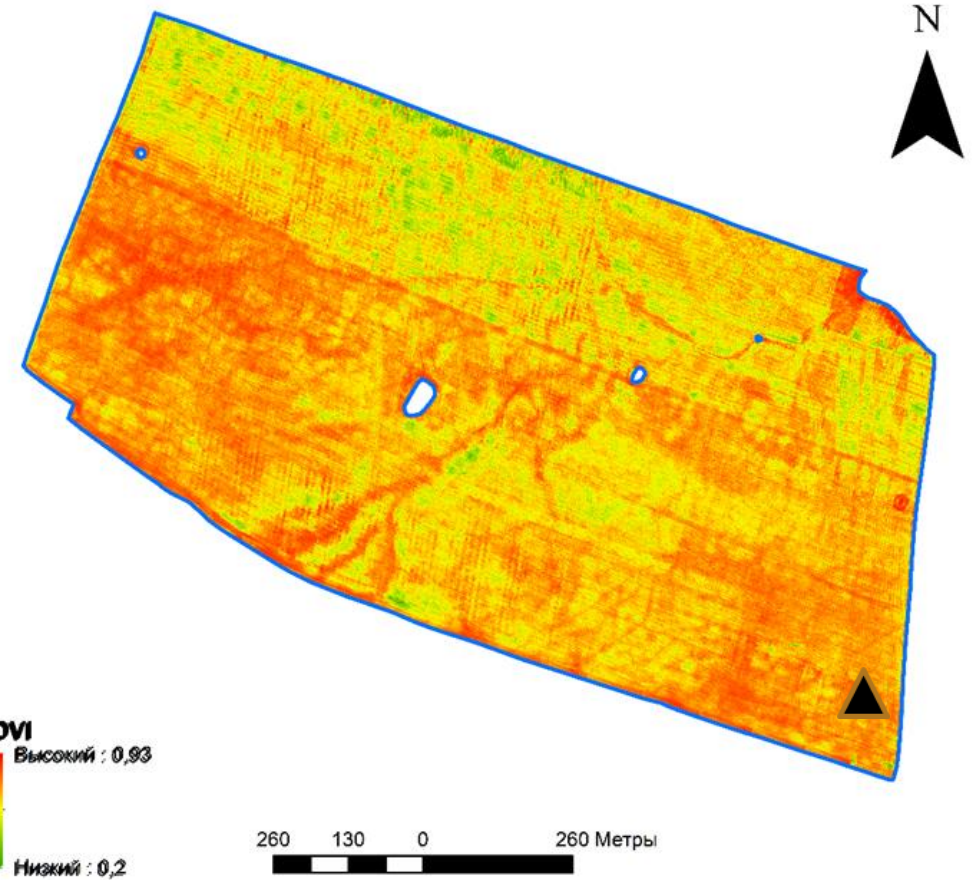
22/06/23 БПЛА 12:05 крск

Площадь поля 124 га

LST



NDVI



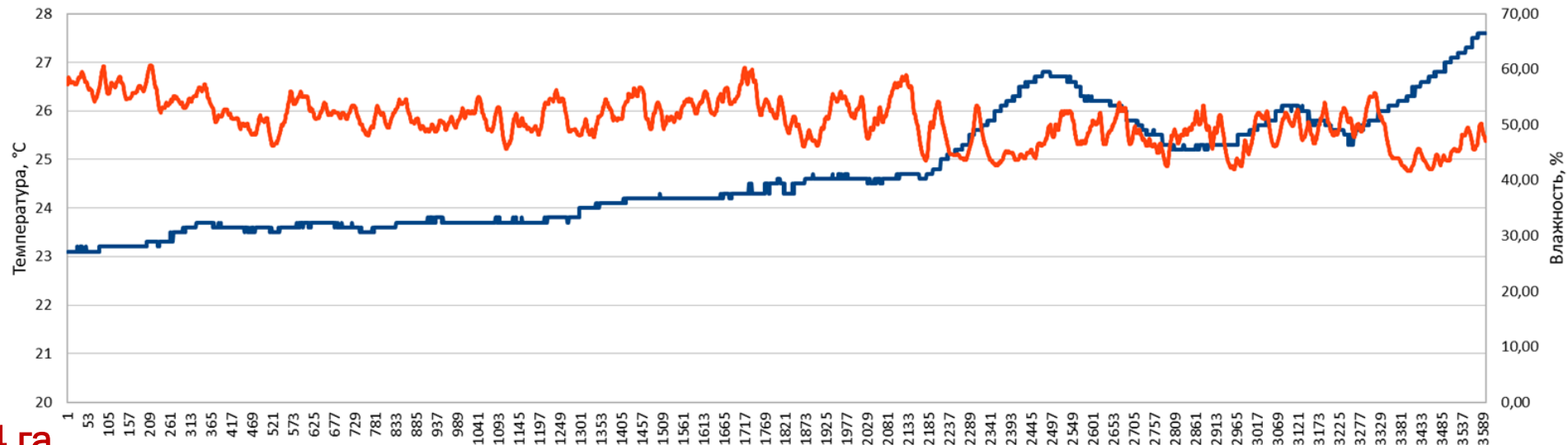
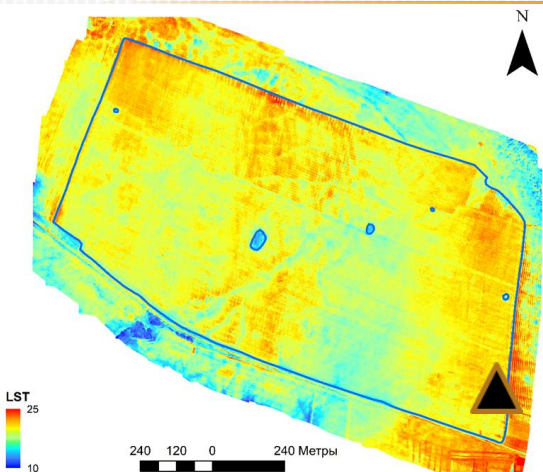
РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)

СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 40 см; ШИРИНА ЛИСТА – 8 мм; ДЛИНА ЛИСТА – 20см;

СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 470 ЕД .

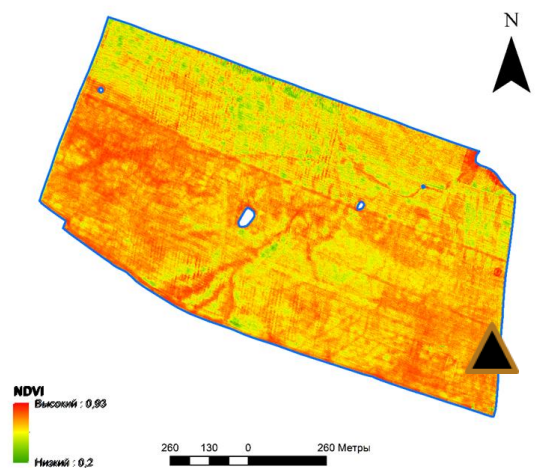
LST

Лист пшеницы мокрый – после дождя

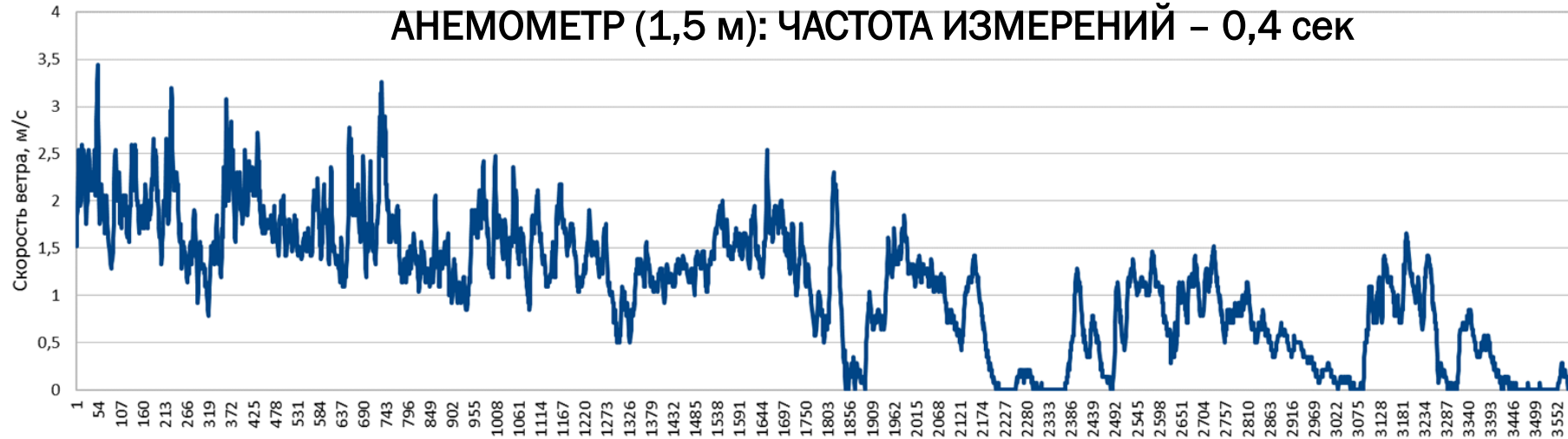


NDVI

Площадь поля 124 га



АНЕМОМЕТР (1,5 м): ЧАСТОТА ИЗМЕРЕНИЙ – 0,4 сек



22/06/23 БПЛА 12:05

крск

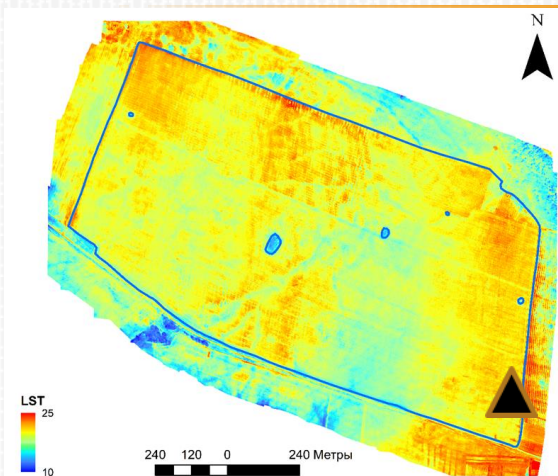
22/06/23 с 11:30 до 13:30 крск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)

СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 40 см; ШИРИНА ЛИСТА – 8 мм; ДЛИНА ЛИСТА – 20см;

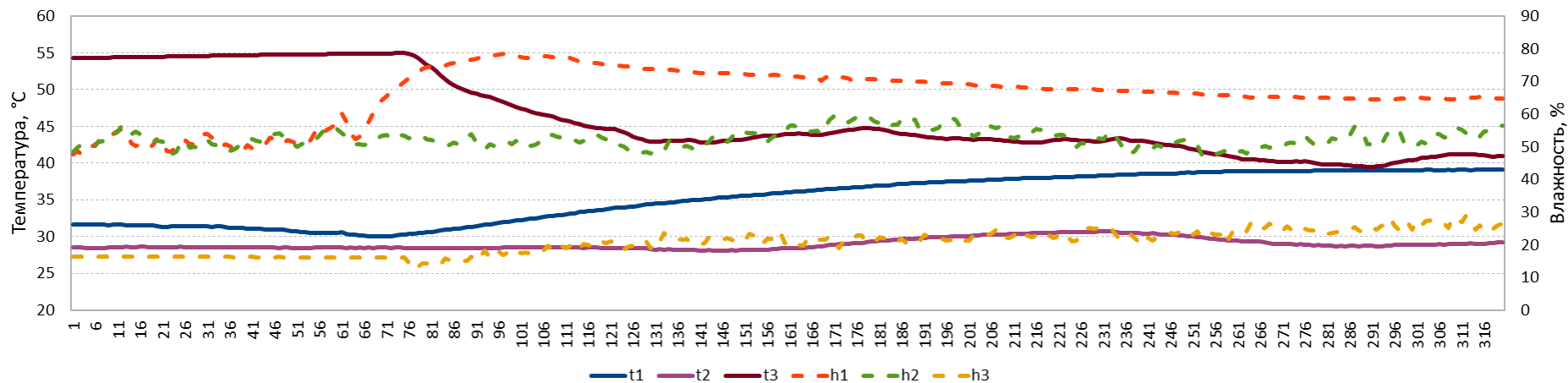
СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 470 ЕД .

LST

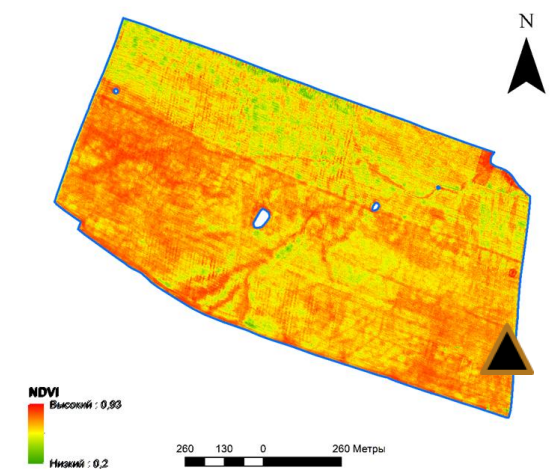


Лист пшеницы мокрый – после дождя

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТ. И ВЛАЖНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ: t1,h1 - под колпаком, t2,h2 - в откр. контейнере, t3,h3 - открыт



NDVI



«ГИРЛЯНДА» Частота измерений – 0,2 сек



22/06/23 БПЛА 12:05

крск

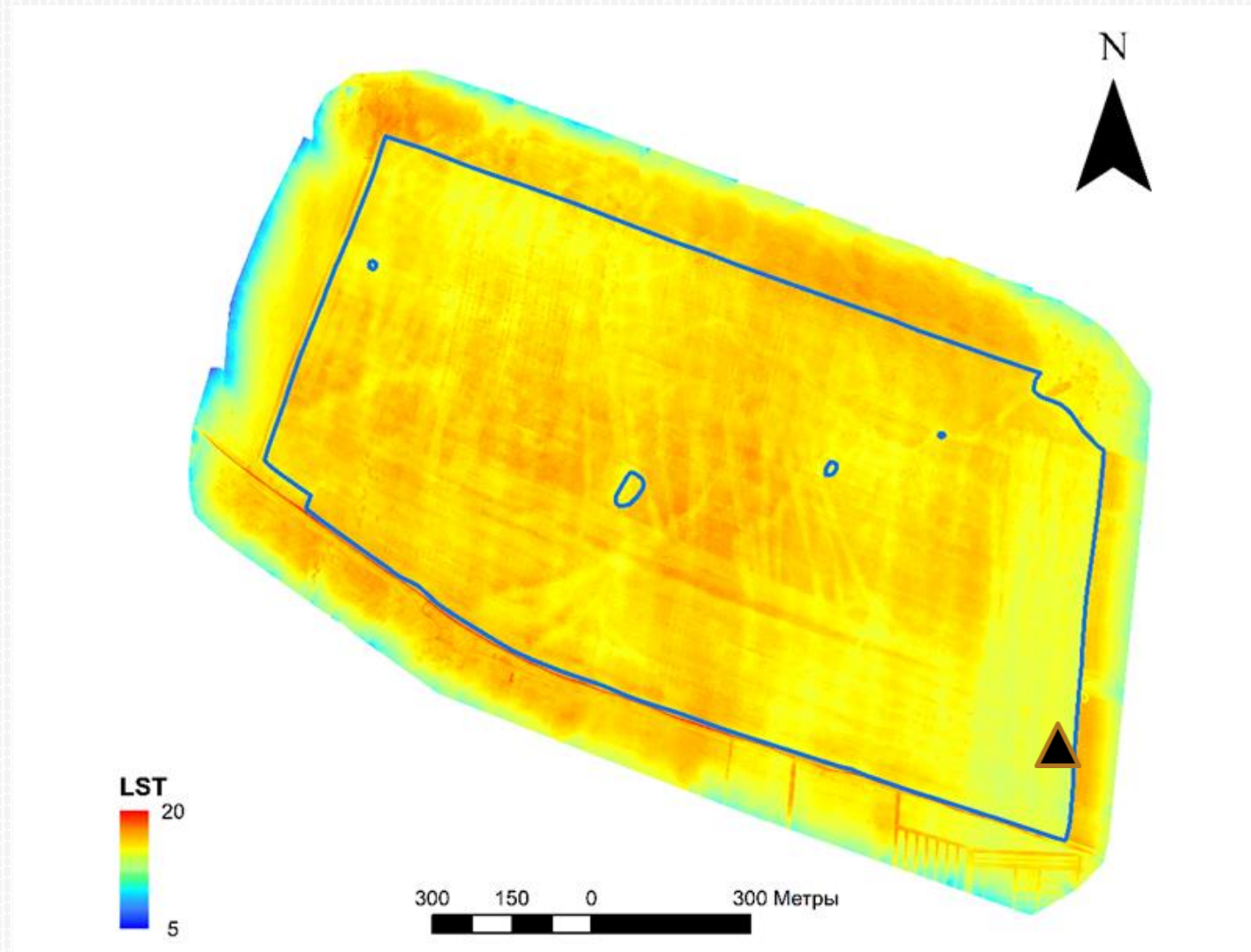
22/06/23 с 11:30 до 13:30 крск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)
СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 80 см (КОЛОС – 12СМ); ШИРИНА ЛИСТА – 15 мм; ДЛИНА ЛИСТА – 25СМ;
СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 800 ЕД.

27/07/23 БПЛА 12:00 крск

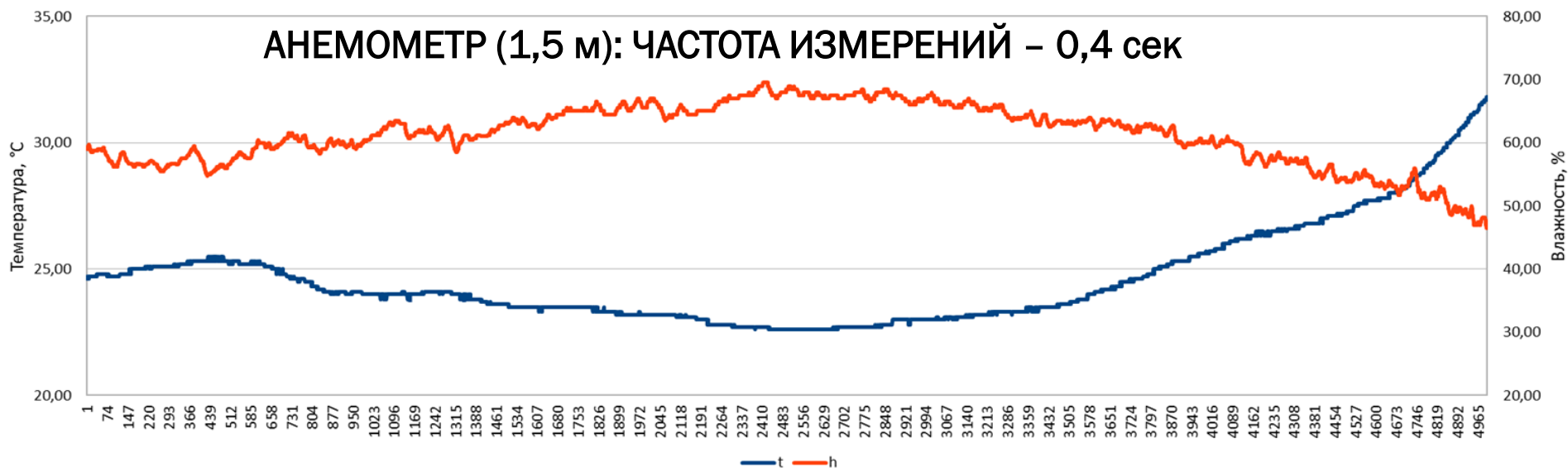
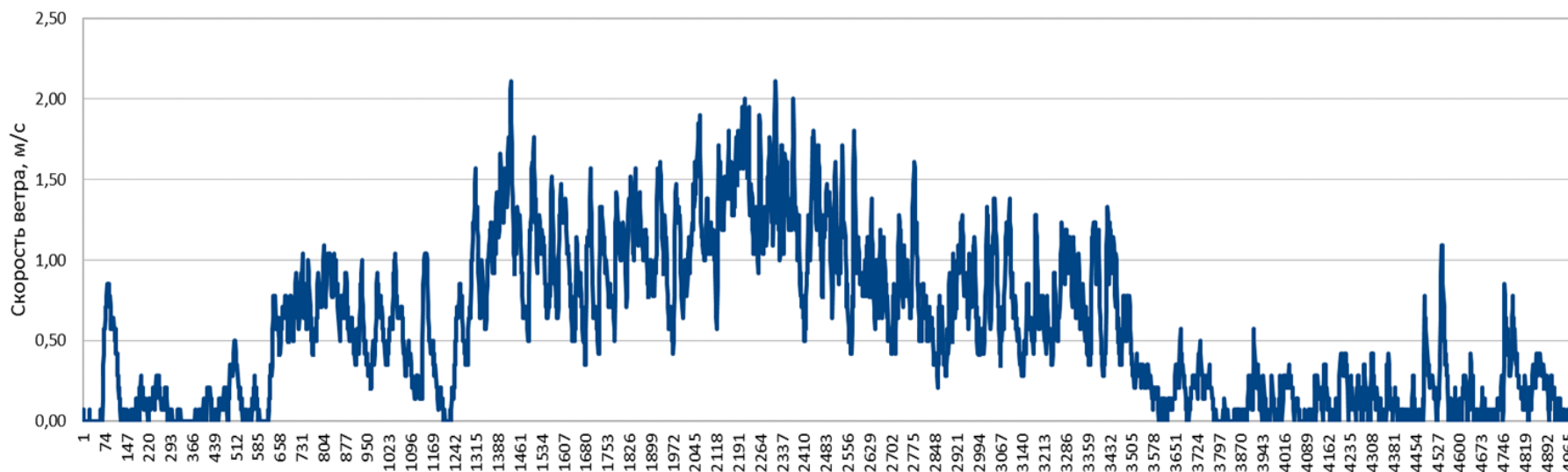
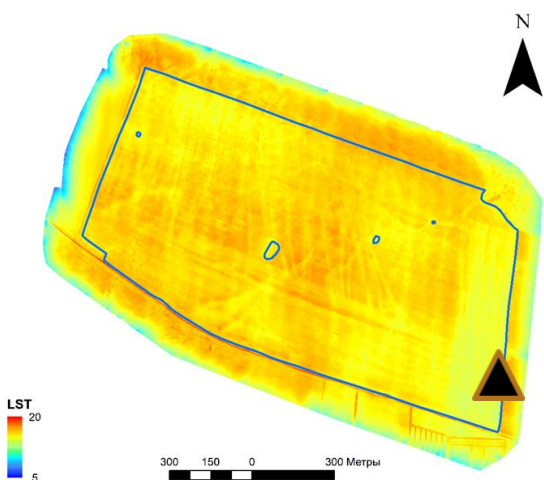
Площадь поля 124 га

LST



РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)
СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 80 см (КОЛОС – 12см); ШИРИНА ЛИСТА – 15 мм; ДЛИНА ЛИСТА – 25см;
СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 800 ЕД.

LST



АНЕМОМЕТР (1,5 м): ЧАСТОТА ИЗМЕРЕНИЙ – 0,4 сек

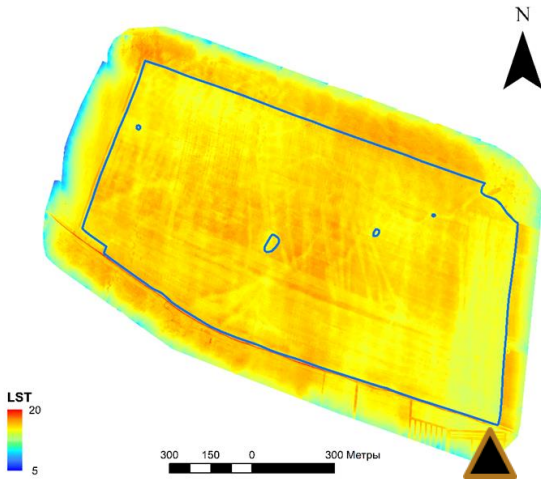
Площадь поля 124 га

27/07/23 БПЛА 12:00
крск

27/07/23 с 11:00 до 13:00 крск

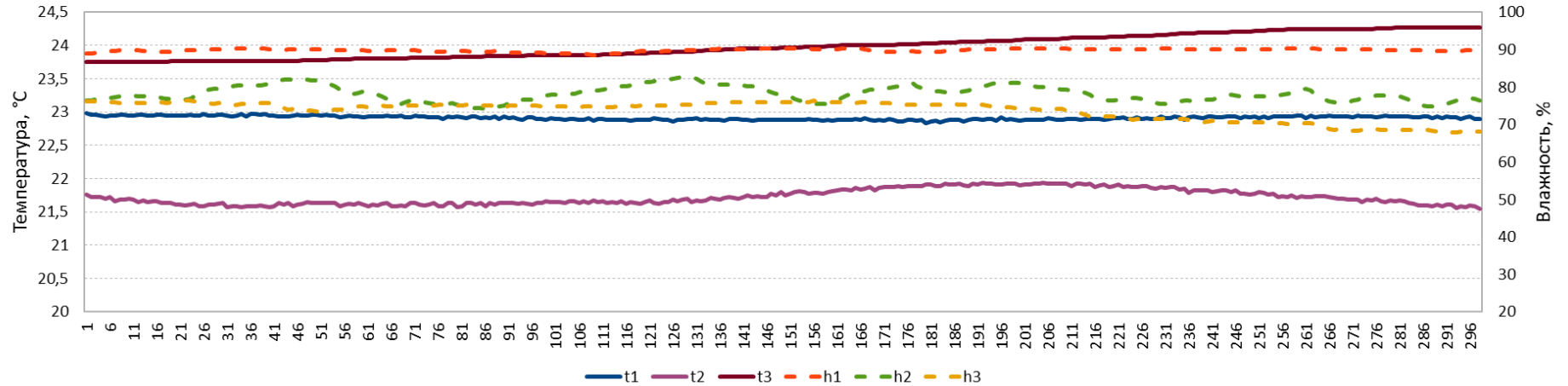
РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПХ «МИНИНО»)
СРЕДНЯЯ ВЫСОТА СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ – 80 см (КОЛОС – 12см); ШИРИНА ЛИСТА – 15 мм; ДЛИНА ЛИСТА – 25см;
СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА – 800 ЕД.

LST



27/07/23 БПЛА 12:00
крск

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ: t1, h1 - под колпаком; t2, h2 - в откр. контейнере; t3, h3 - открыт



«ГИРЛЯНДА» Частота измерений – 0,2 сек



27/07/23 с 11:30 до 12:00 крск

ОБСУЖДЕНИЕ

- ✘ Наибольший интерес для исследований мелкомасштабных пульсационных характеристик тепло и влагообмена на уровне шероховатости земной поверхности вызывают закономерности взаимодействия термодинамических параметров при формировании стратификационных режимов (**устойчивый, неустойчивый, нейтральный**), оказывающих влияние на условия произрастания растений (сельхозкультур) и их морфологическую структуру.
- ✘ Мелкомасштабные пульсации в приземном слое атмосферы формируют стратификационные условия с возможным накоплением кинетической энергии за счет турбулентных переходов от диссипативных эффектов, поддерживающих устойчивое перераспределение количества движения, тепла и влаги на определенных пространственных и временных масштабах процесса произрастания растений: (от нескольких сантиметров до 1-2 метра и от нескольких секунд до десятка минут)

ВЫВОДЫ

- ✘ Получены результаты первичной обработки термодинамических и биологических параметров в приповерхностном слое полей сельскохозяйственного назначения с использованием контактных измерителей и беспилотных летательных аппаратно-измерительных средств;
- ✘ Рассмотрены проблемные признаки реализации технологии высокочастотных измерений параметров состояния воздуха для оценки изменчивости состояния растительности на мелкомасштабных пространственно-временных интервалах динамических процессов тепло- и влагообмена в системе взаимодействия «воздух-почва»;
- ✘ Показаны предварительные особенности влияния факторов термодинамического режима воздуха на морфологические свойства с/х растений в поверхностном слое почвенного покрова:
на уровне «тонкой структуры приповерхностного слоя воздуха».

Заключение

РЕАЛИЗОВАНА ПРОБНАЯ МЕТОДИКА ДИСТАНЦИОННОГО И КОНТАКТНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧЕЧНОГО МЕЛКОМАСШТАБНОГО УРОВНЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «ПОЧВА-ВОЗДУХ» НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОСЕВОВ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ.

ПЕРСПЕКТИВЫ

По результатам анализа динамики *микrokлиматических условий («тонкой структуры приповерхностного слоя воздуха»)* и данных по морфологическим характеристикам растений с оценкой содержания хлорофилла листьев, а также совмещение этих параметров со спектрофотометрическими данными БПЛА, дают возможность комплексного решения биофизических задач по реализации новых методов и подходов для **моделирования процессов функционирования травяных экологических систем.**

Спасибо за внимание !