



# ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

- (1) Институт биофизики Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН  
(Институт биофизики СО РАН), лаборатория Экологической информатики, г. Красноярск  
(2) ФИЦ КНЦ СО РАН, лаборатория космических систем и технологий, г. Красноярск

## Оценка изменений температуры посевов сельскохозяйственных культур в течение периода вегетации по наземным, беспилотным и спутниковым данным

Д.В. Емельянов<sup>1</sup>, И.Ю. Ботвич<sup>1</sup>, И.В. Косов<sup>2</sup>  
г. Красноярск,  
ул. Академгородок 50/50  
e-mail: [irina.pugacheva@mail.ru](mailto:irina.pugacheva@mail.ru)  
тел. +79059728589



Мониторинг температуры земель сельскохозяйственного назначения с применением трехуровневого дистанционного зондирования (наземного, беспилотного и спутникового) имеет критическое значение для повышения эффективности сельского хозяйства. Интеграция данных с различных уровней позволяет создавать более точные модели прогноза урожайности, оперативно реагировать на стрессовые условия, такие как засуха или заморозки, и оптимизировать использование водных ресурсов. Это особенно важно для регионов с экстремальными климатическими условиями, к которым относится и Красноярский край.

**Целью исследования** является изучение применимости температурных данных трехуровневого дистанционного зондирования для оценки состояния сельскохозяйственных объектов.

#### **Задачи:**

1. Провести мониторинг значений радиационной температуры поверхности различных видов растительного покрова с использованием температурной камеры ХТ2, установленной на БПЛА Matrice 210 RTK V2 в течение вегетационных периодов 2022–2023 гг.
2. Изучить изменение радиационной температуры сельскохозяйственных объектов в различные фазы роста и развития.
3. Оценить пространственное распределение радиационной температуры сельскохозяйственных объектов, включая посеvy сельскохозяйственных культур, паровые поля и посеvy многолетних трав.
4. Провести анализ связи между спутниковыми, беспилотными данными радиационной температуры и наземными и метеорологическими данными.
5. Исследовать корреляционную зависимость между значениями радиационной температуры, NDVI и высотой растительного покрова с использованием статистических методов

# Мониторинг сельскохозяйственных угодий ОПХ “Минино”



Оборудование для мониторинга посевов сельскохозяйственных культур:

**DJI Matrice 210 RTK**  
Серия V2



**DJI Zenmuse XT2**  
тепловизионная  
съемка

**Геоскан 201 Агро**

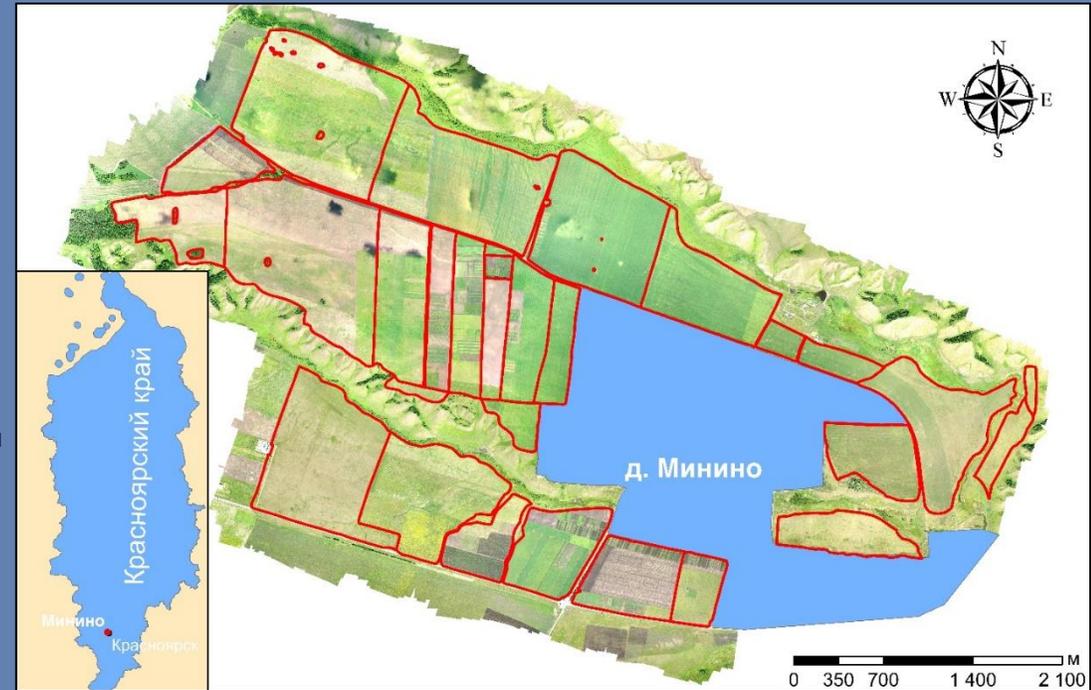


**RedEdge-MX**  
мультиспектральная  
съемка



**Sony RX1R II**  
фото съемка

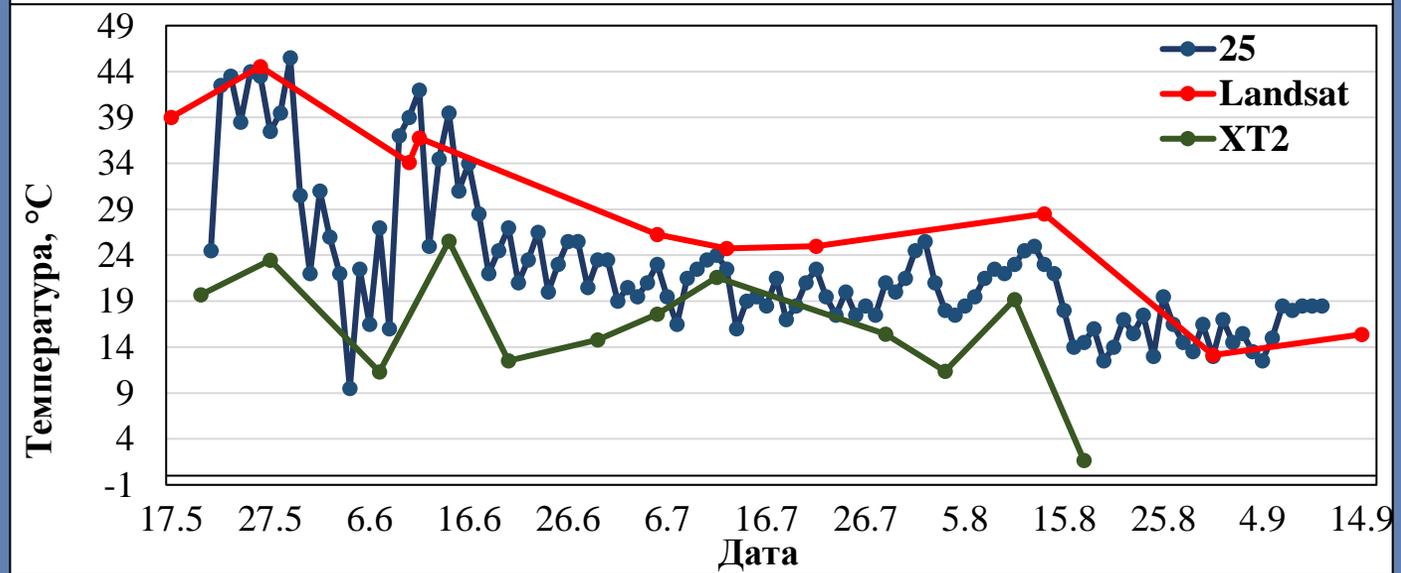
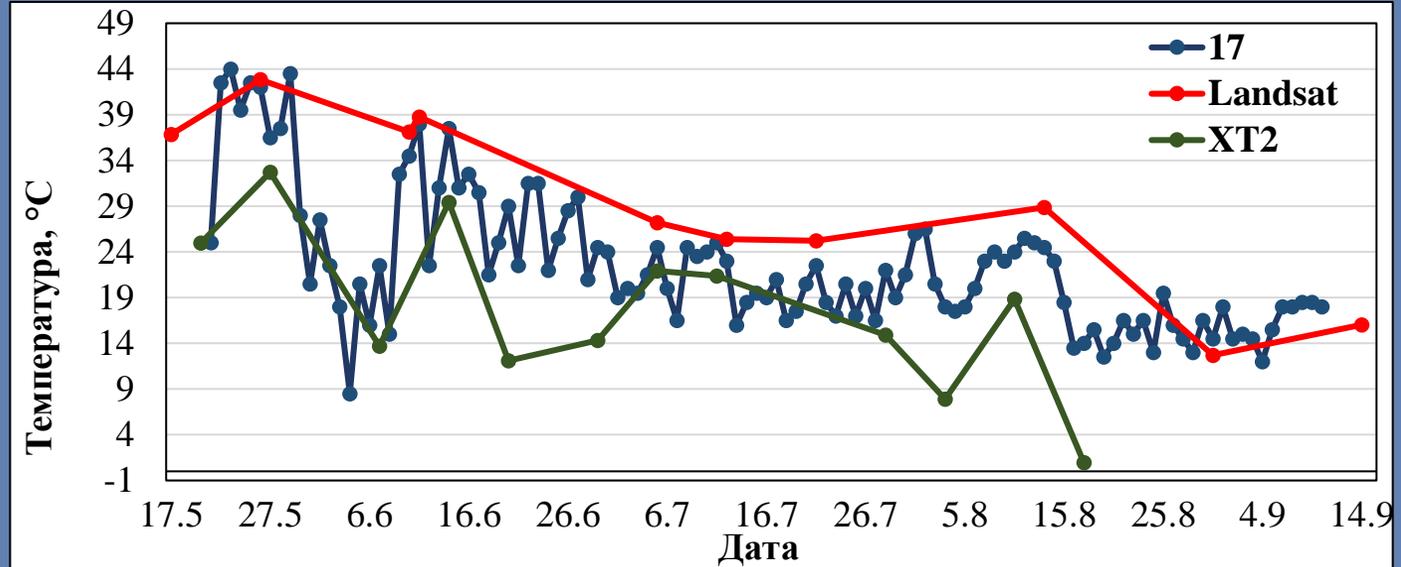
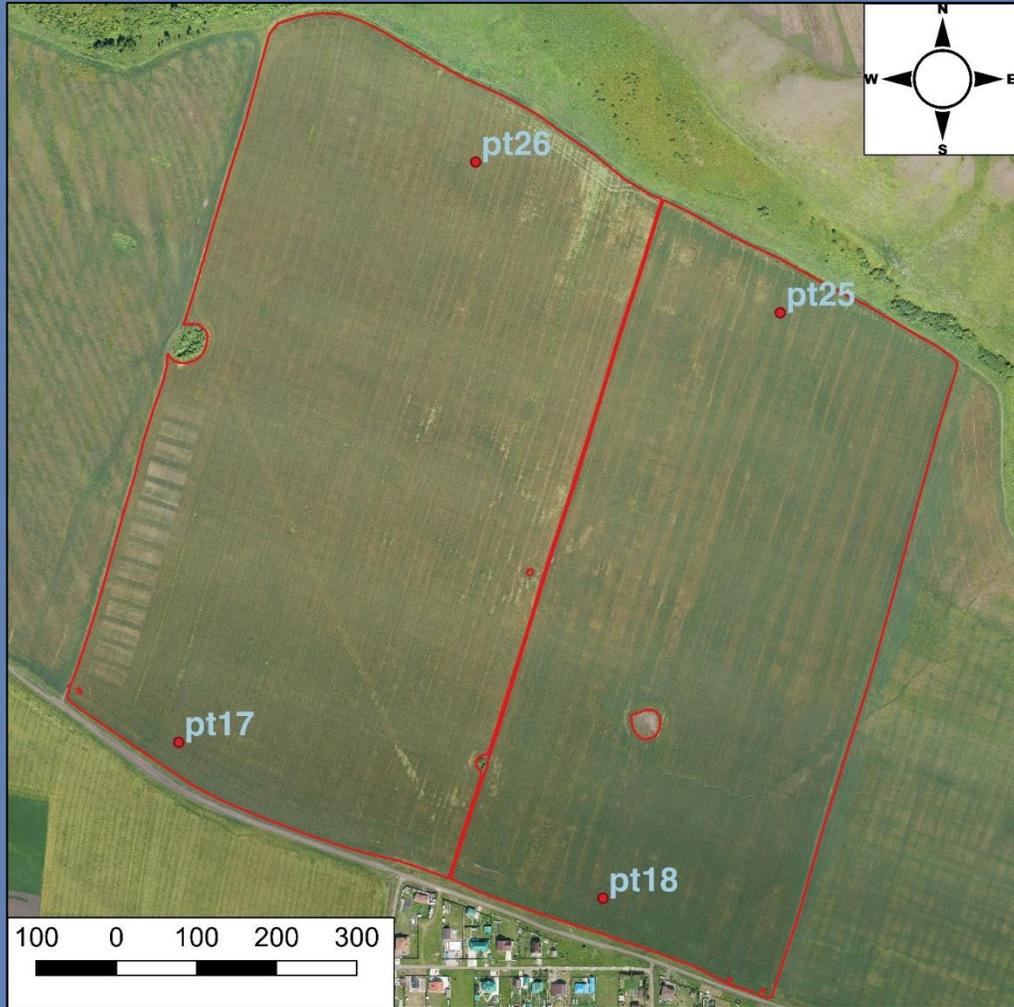
Спутниковые данные: **Landsat 8/9**



**ОПХ “Минино” ФИЦ КИЦ СО РАН**

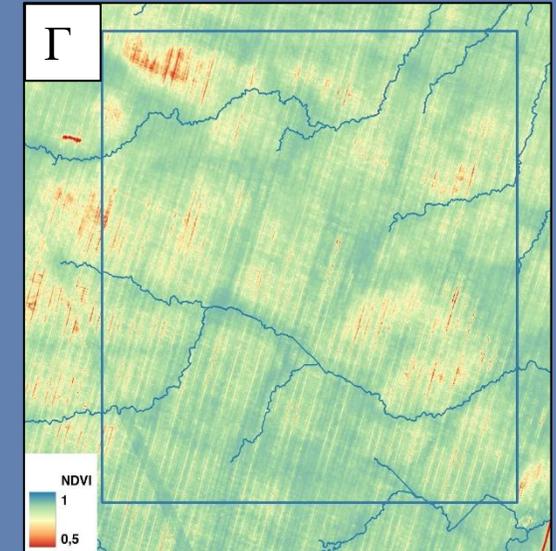
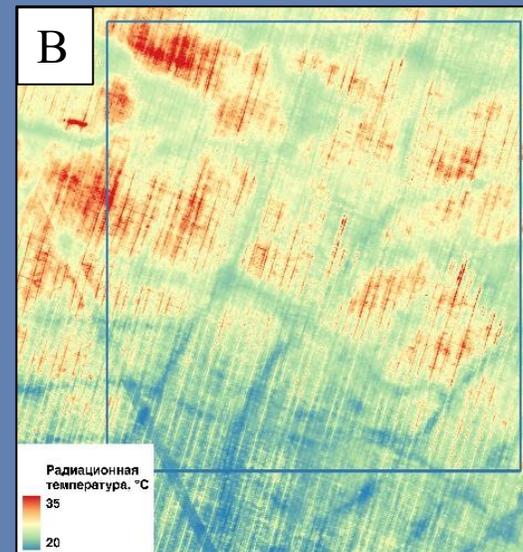
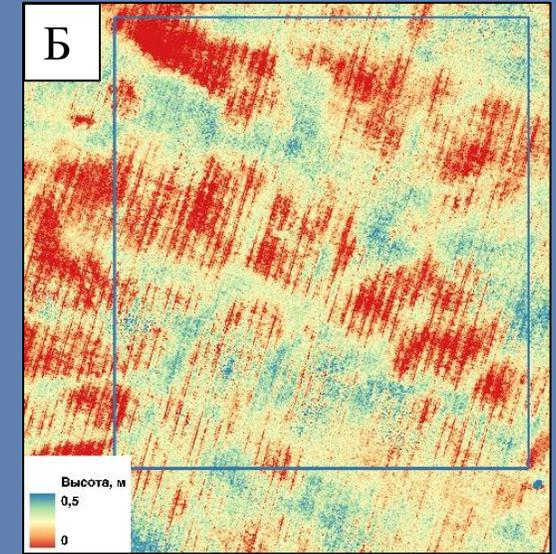
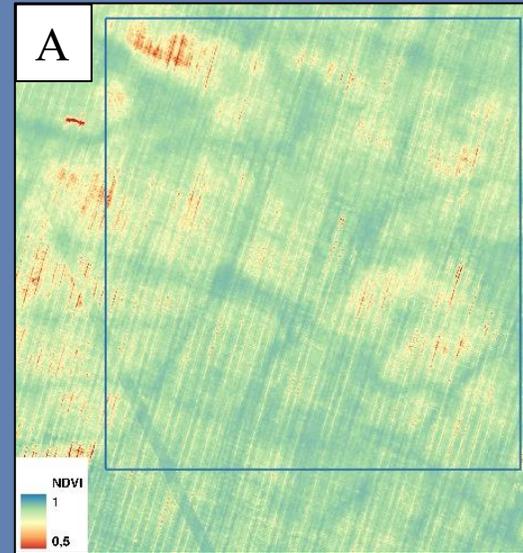
Автономный регистратор температуры (data logger) **TR-5L**

# Связь между спутниковыми, беспилотными данными значений радиационной температуры, наземными и метеорологическими данными



Температура почвы с датчиков №17 и №25 и радиационная температура в точках датчиков по данным спутниковой и беспилотной съемки

# Связь между радиационной температурой, NDVI и высотой растительного покрова сельскохозяйственных угодий в течение периода вегетации



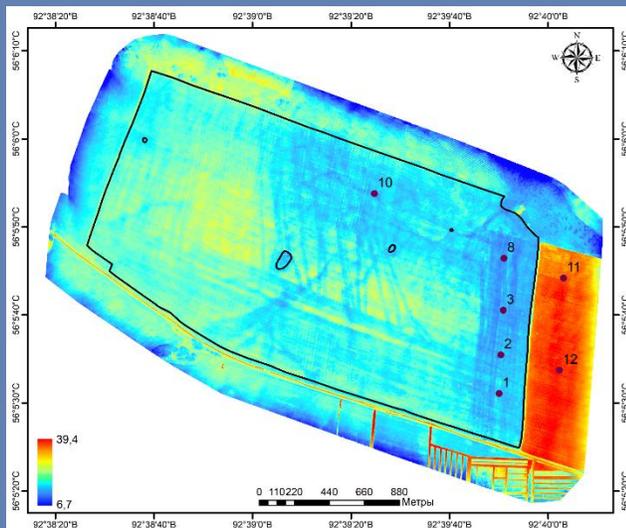
Тестовый участок на поле №9 в ОПХ Монино

Пространственное распределение NDVI (А), высоты посевов (Б), радиационной температуры (В) и модель водных потоков (Г) на тестовом участке поля №9 (14 июня 2022 г.)

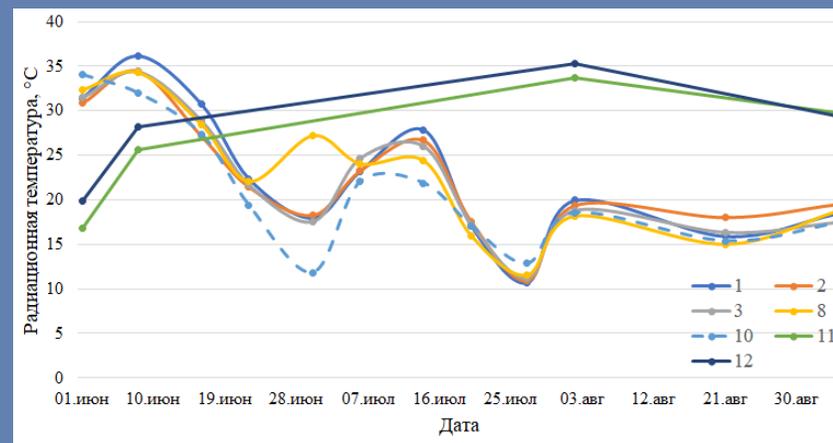
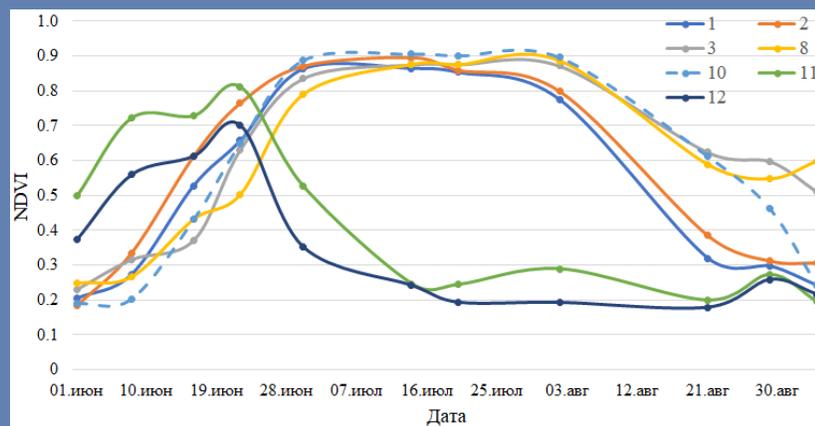
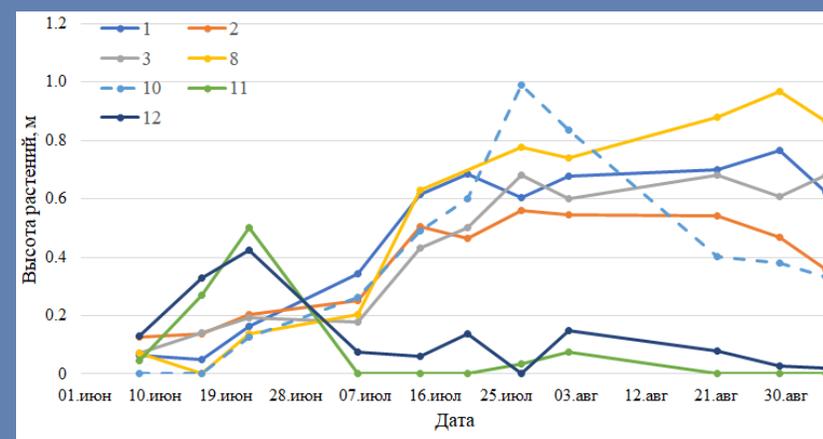
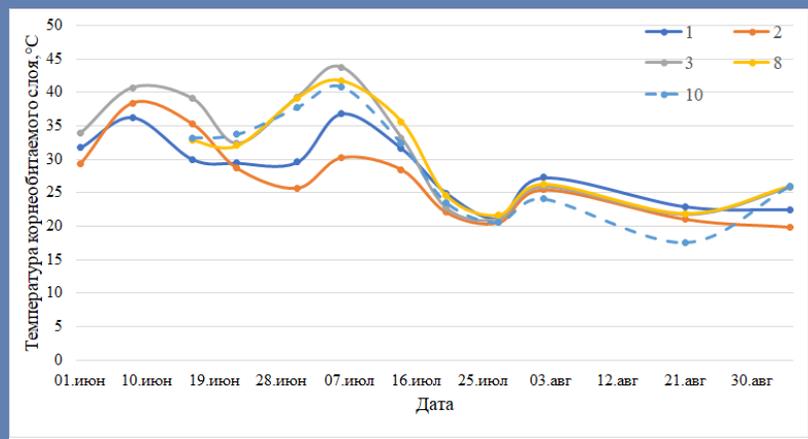
# Оценка изменений температуры посева пшеницы в течение периода вегетации по наземным и беспилотным данным



Карта расположения тестовых участков с установленными термодатчиками



Пространственное распределение радиационной температуры поля № 7 (дата съемки 02.08.2023)



Цифрами указаны номера тестовых участков с установленными термодатчиками

## Заключение:



Проведено измерение радиационной температуры растительного и почвенного покрова сельскохозяйственных полей в ОПХ “Минино” ФИЦ КНЦ СО РАН. Оценка значений радиационной температуры выполнена с помощью температурной камеры ХТ2, установленной на беспилотное воздушное судно Matrice 210 RTK V2 и спутниковых данных Landsat 8/9. Измерение температуры в почвенных горизонтах выполнены на глубине 1, 5 и 15 см с помощью автономных регистраторов температуры (data logger) TR-5L.

Проведен комплексный анализ изменений пространственного распределения радиационной температуры, значений NDVI и высот растений на исследуемых сельскохозяйственных полях в течение периодов вегетаций 2022 и 2023 гг.

Комплексный анализ радиационной температуры и температуры корнеобитаемого слоя на тестовых участках в течение периода вегетации 2023г. показал, что наименьшие различия между показателями (в среднем до  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) зафиксированы в начале периода вегетации – при минимальном количестве надземной фитомассы и при ее отсутствии. С увеличением высоты растительности и проективного покрытия разница между параметрами увеличивается и достигает своего максимума в период с 30 июня по 6 июля. В этот же период было недостаточное количество влаги - с 26 июня по 13 июля количество выпавших осадков не превышало 0.6 мм в отдельные дни при среднесуточной температуре  $19.3^{\circ}\text{C}$ . Начиная с первых чисел августа разница между показателями изменяется незначительно до  $6^{\circ}\text{C}$ .

В результате проведенного анализа установлено, что различие значений радиационной температуры исследуемых участков определяется наличием растительного покрова и его морфологическими характеристиками. Разница температур корнеобитаемого слоя и поверхности растительного покрова увеличивается с приростом надземной фитомассы. Измерение температуры почвы и растительного покрова показывает, что участки, занятые растительностью, имеют способность сохранения влаги от испарения и, создавая теневые зоны, сохраняют почву от пересыхания.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ - **FWES-2024-0032** “Влияние структурных, динамических и оптических характеристик хлоропластов на продуктивность сельскохозяйственных растений”.



**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ**

**Спасибо за внимание!**

**г. Красноярск,  
ул. Академгородок 50/50  
e-mail: [irina.pugacheva@mail.ru](mailto:irina.pugacheva@mail.ru)  
тел. +79059728589**

