

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА И ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА В КОНТРОЛЕ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ С/Х КУЛЬТУР

Лектор:

Эксперт:

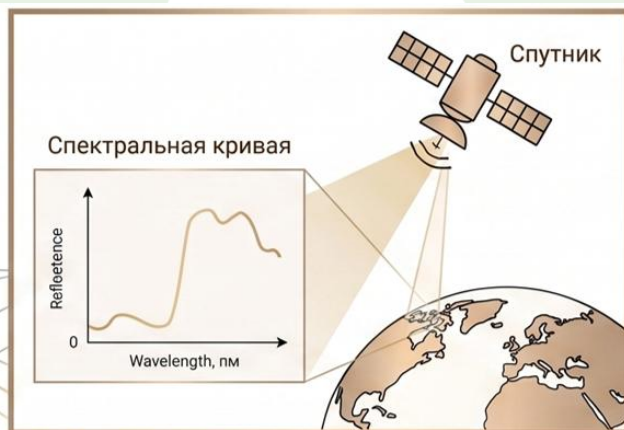
Мәуліт Алмасбек

Сейлгазина Сауле Мункановна

ЦЕЛЬ - сформировать системное представление о применении беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутниковых данных дистанционного зондирования Земли для оперативного контроля состояния посевов, выявления стрессовых факторов, оценки неоднородности поля и поддержки решений в точном земледелии.

ЗАДАЧИ:

- **Дистанционное** зондирование в системе точного земледелия.
- 2. БПЛА в контроле состояния посевов.
- Спутниковые данные для мониторинга посевов.
- Интеграция БПЛА, спутников и наземных измерений.

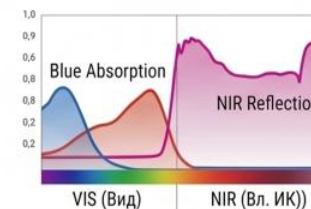


Мультиспектральный снимок полей



Применение: контроль посевов

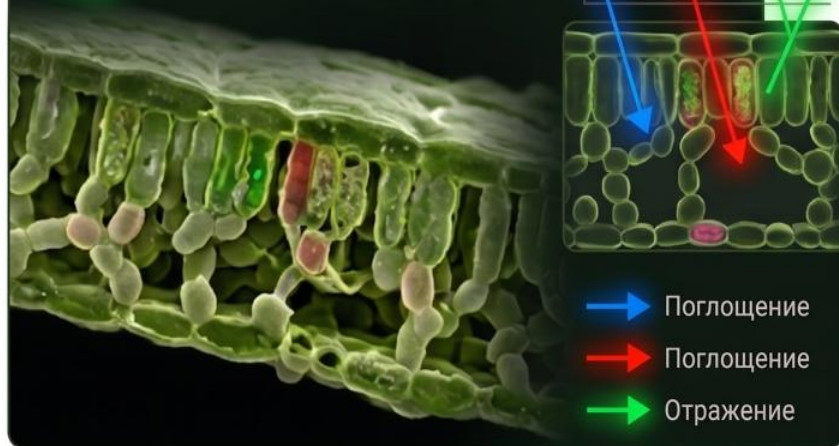
ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИСТА



Поглощение света

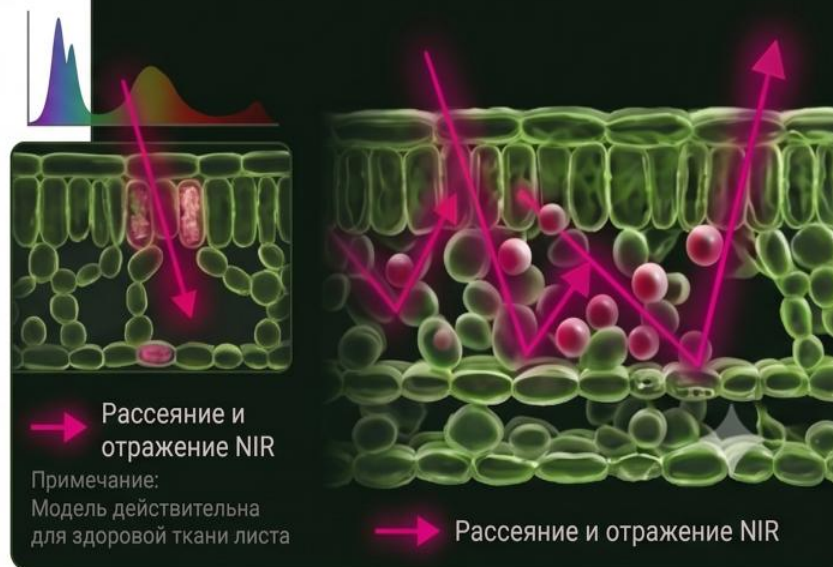
Пигменты здорового листа (преимущественно **хлорофилл а и b**) активно поглощают синее и красное излучение для фотосинтеза.

- Поглощение в клетки
- Отражение



Отражение в NIR-спектре

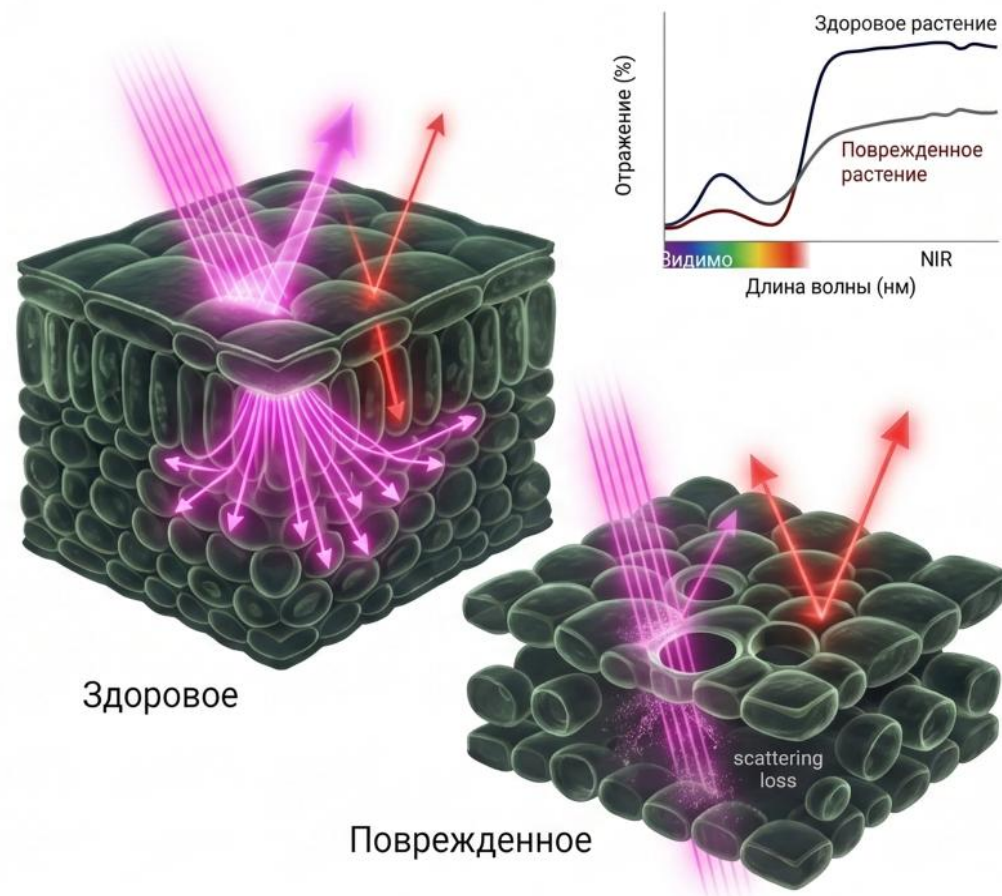
Внутренняя мезофильная структура листа практически не поглощает **ближнее инфракрасное излучение (NIR)**, отражая до 50% энергии.



СПЕКТРАЛЬНЫЙ ПОРТРЕТ

Кривая отражения показывает резкую разницу между здоровыми и поврежденными растениями.

У больных растений падает отражение в **NIR-диапазоне** из-за разрушения клеток и возрастает отражение в **красном спектре**.



КЛЮЧЕВЫЕ КАНАЛЫ СЪЕМКИ



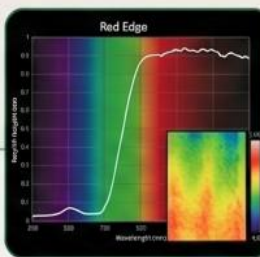
Red (Красный)

Канал 660 нм. Оптимален для оценки концентрации хлорофилла и стадий раннего развития.



Red Edge

Канал 705-740 нм. Переходная зона. Чувствительна к малейшим изменениям азотного питания.



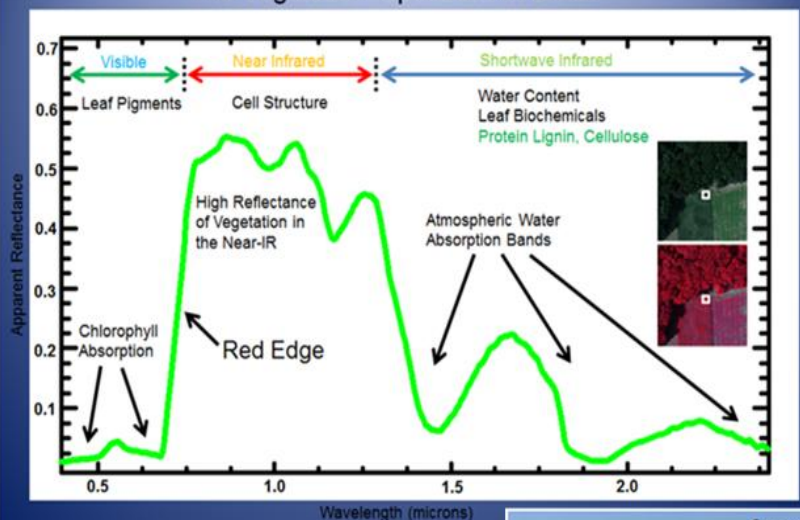
NIR (Ближний ИК)

Канал 840 нм. Индикатор клеточной структуры листа, объема биомассы и плотности посева.

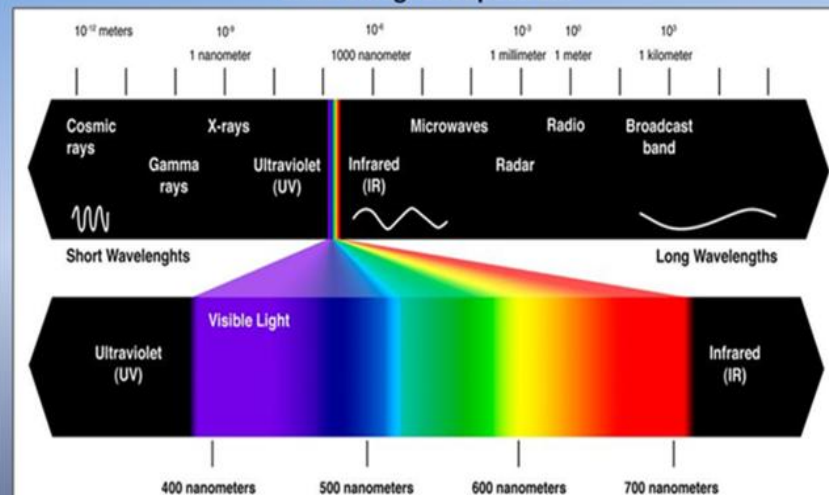


ПОНЯТИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

The Vegetation Spectrum in Detail



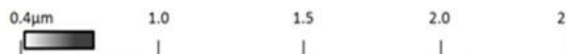
Electromagnetic Spectrum



Spectral Resolution of Different Sensors

Panchromatic Sensor

(single-channel detector sensitive to radiation within a broad wavelength range)



B&W
Aerial
Photos

Multispectral Sensor

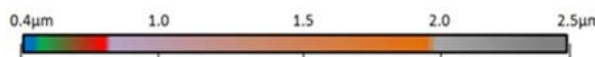
(2 to ~15 channels chosen at discrete wavelengths along the optical spectrum)



RGB Imagery
Landsat
WorldView-2
NAIP

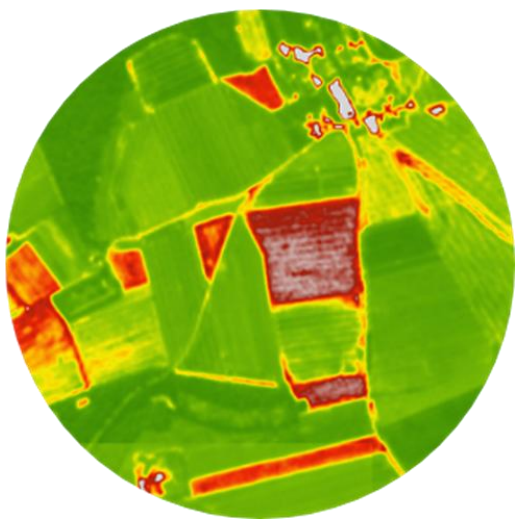
Hyperspectral Sensor

(hundreds of channels provide a near continuous reading of the optical spectrum)



AVIRIS

ИНДЕКС NDVI И ЕГО СТРУКТУРА



Математическая модель

Нормализованный разностный вегетационный индекс вычисляется по формуле:

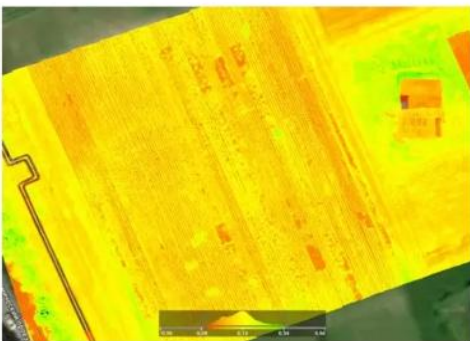
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Диапазон значений: от **-1.0** до **+1.0**. Для активной здоровой растительности характерны значения от **0.6** до **0.85**.

МОДИФИКАЦИИ И НОВЫЕ ИНДЕКСЫ

Индекс насыщения (NDRE)

Вместо Red используется диапазон **Red Edge**. Помогает избежать перенасыщения индекса на поздних стадиях, когда листовая покров очень густой.



Пример *NDRE*

$$NDRE = \frac{NIR - RedEdge}{NIR + RedEdge}$$

Атмосферный индекс (EVI)

Использует синий спектр для коррекции атмосферных шумов и влияния открытой почвы. Идеален для раннего анализа всходов.

$$EVI = G \times \frac{(NIR - Red)}{(NIR + C1 \times Red - C2 \times Blue + L)}$$

СПРАВОЧНИК КЛЮЧЕВЫХ ИНДЕКСОВ

Индекс	Назначение	Преимущество	Стадия применения
NDVI	Общая биомасса	Простота, доступность	Вся вегетация
NDRE	Азот, содержание хлорофилла	Не насыщается на густых посевах	Кущение, созревание
NDWI	Влагообеспеченность	Выявляет засуху до внешних проявлений	Активный рост
SAVI	Коррекция почвы	Убирает фоновый шум земли	Всходы, редкие посевы

РАСЧЕТ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПОРТАЛЕ

Создать элемент

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности — простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом).

Поле

Наименование

Дата начала

Дата окончания

ВЫБРАТЬ ФАЙЛ

Файл GeoTIFF не выбран

RED Канал 4 IR Канал 8

СОЗДАТЬ ОТМЕНА

Создать элемент

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности — простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом).

Год Коллекция

Поле

Дата начала Дата окончания

СОЗДАТЬ ОТМЕНА

Agriculture / NDVI

ОХМК

1 С 1 июня по 30 авг. 2023 г.
Автогенерация #2447, 29 авг.

1 С 2 июня по 29 авг. 2024 г.
Автогенерация #1569, 29 авг.

1 С 2 июня по 26 авг. 2025 г.
Автогенерация #1849, 29 авг.

Опытное поле

С 2 июня по 22 июля 2025 г.
Автогенерация #2269, 25 июля

С 2 июня по 28 авг. 2019 г.
Автогенерация #1544, 24 мая

С 1 июня по 30 июня 2023 г.
Автогенерация #1860, 13 февр.

С 1 июня по 30 авг. 2023 г.
Автогенерация #2658, 4 дек.

Автогенерация #2447
с 1 июня 2023 г. по 30 августа 2023 г.

53.46 %

ОБЩАЯ

Коллекция
COPERNICUS

Поле
ОХМК

Показатели



ГЕО JSON УДАЛИТЬ



2. БПЛА В КОНТРОЛЕ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ



ТИПЫ БЕСПИЛОТНЫХ ПЛАТФОРМ



Самолетный тип

Идеальны для картографирования больших площадей. Обладают максимальной длительностью полета и высокой эффективностью на обширных территориях.



Мультироторный тип

Превосходная маневренность для точечной работы и инспекции. Подходят для малых участков, внесения удобрений и детального осмотра.



VTOL (Гибриды)

Сочетают вертикальный взлет и посадку с эффективностью самолетного крыла. Лучшее решение для сложных логистических задач в агросекторе.

СЕНСОРЫ И ПОЛЕЗНАЯ НАГРУЗКА

Мультиспектральные камеры фиксируют отражение в узких каналах:

- Светочувствительные матрицы с узкополосными фильтрами;
- Сенсоры освещенности для автоматической калибровки под солнце;
- Высокое разрешение снимка: от 1 до 5 см на пиксель.



Гиперспектральные камеры фиксируют отражение в сотнях узких и непрерывных спектральных каналах:

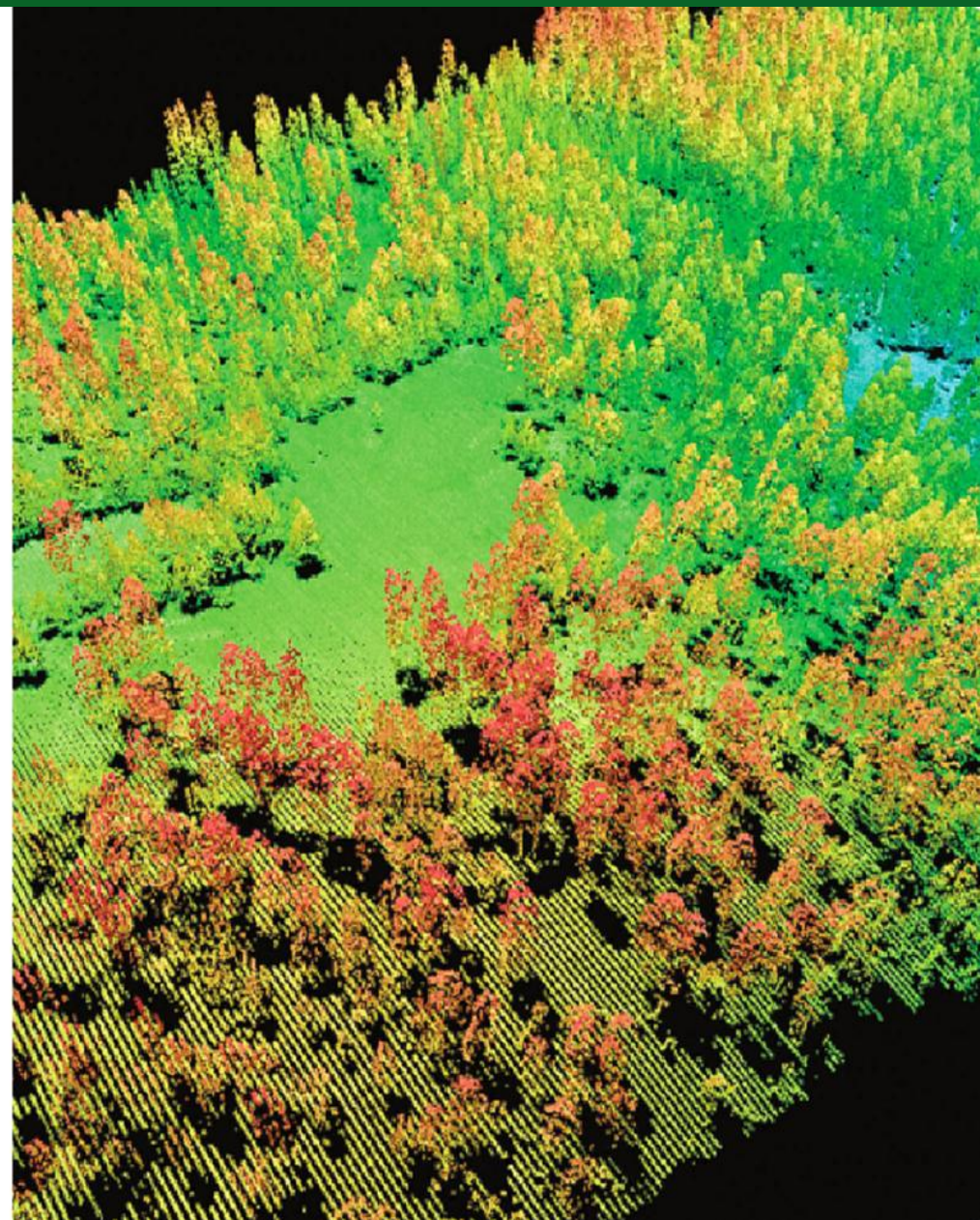
- Высокая спектральная детализация (запись полного спектра для каждого пикселя);
- Обнаружение химического состава растений и раннее выявление специфических стрессов;
- Создание уникальных спектральных сигнатур объектов для сверхточного анализа.



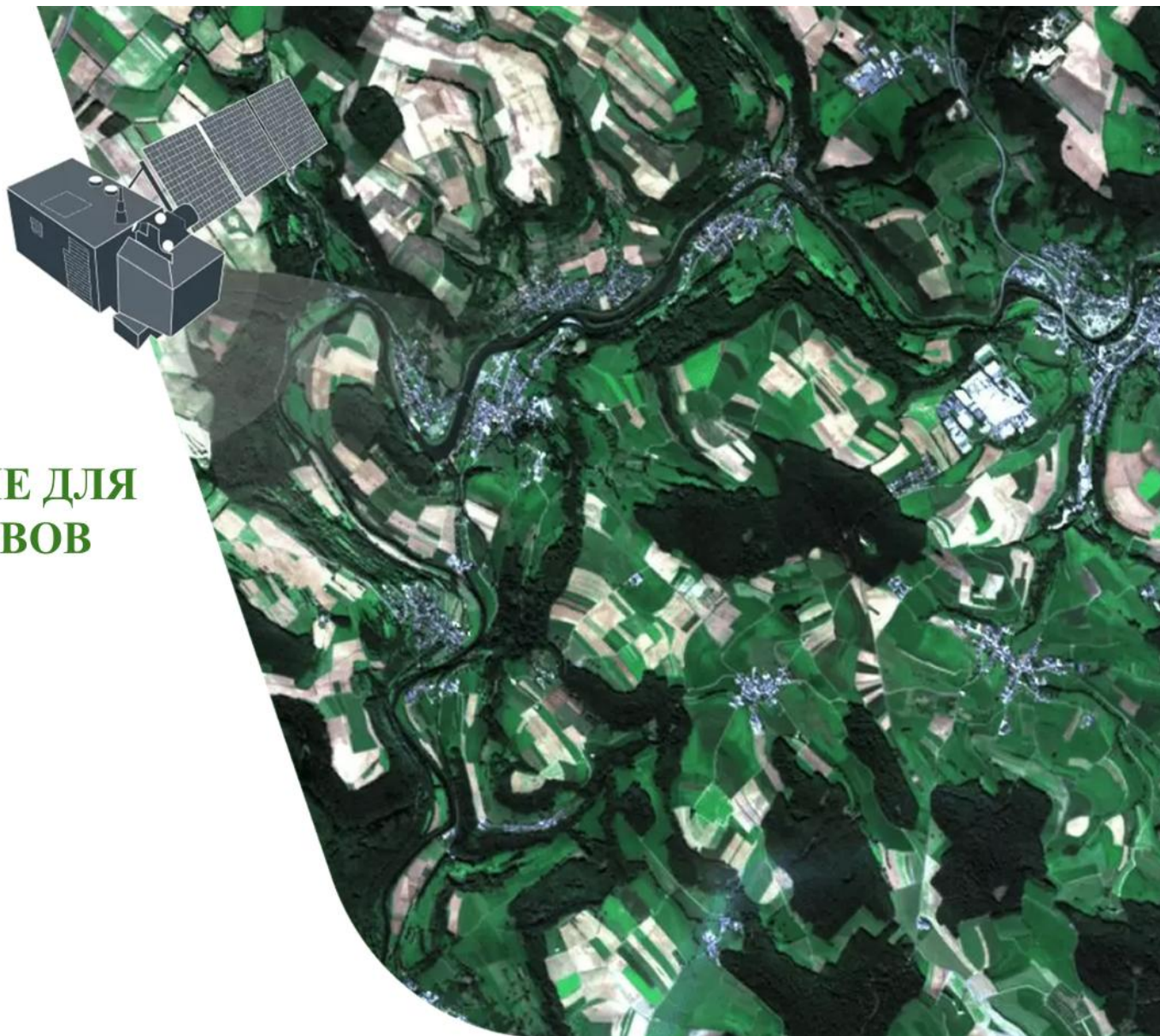
ЛИДАРЫ В АГРОНОМИИ

Использование активных лазерных сканеров (LiDAR) позволяет создать высокоточную 3D-модель кроны деревьев и микрорельефа поля.

Помогает планировать сток воды и оценивать объемы многолетних насаждений.



СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОСЕВОВ



СПУТНИКИ НА СЛУЖБЕ АГРОНОМА

Современные созвездия обеспечивают регулярные съемки:

- **Sentinel-2 (ESA):** Бесплатная съемка с разрешением до 10 метров.
- **Landsat 8/9 (NASA):** Многолетний исторический архив тепловых каналов.
- **PlanetScope:** Ежедневный глобальный мониторинг с разрешением до 3 метров.



ВРЕМЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ СНИМКОВ

Landsat

Пролет каждые 16 дней.
Крупномасштабные
исторические
исследования.

Sentinel-2

Пролет каждые 5 дней за
счет парной работы
спутников А и В.

PlanetLabs

Ежедневный захват.
Идеально для трекинга
динамических процессов.

БПЛА

По требованию. Полная
независимость от
расписания орбит.

ПРЕИМУЩЕСТВА КОСМОМОНИТОРИНГА



Глобальный охват

Возможность вести аудит десятков тысяч гектаров одновременно из любой точки мира.



Исторический архив

Сравнение текущего состояния поля с прошлыми периодами за последние 15-20 лет.



Низкая цена

Многие спутниковые данные распространяются бесплатно или по доступной подписке.

ГЛАВНЫЙ ЛИМИТИРУЮЩИЙ ФАКТОР

60%

Снимков скрыты облачностью

Проблема облаков

Оптические спутниковые датчики не способны преодолевать облачность. В регионах с частыми дождями это создает "слепые зоны", из-за чего агрономам приходится экстренно задействовать беспилотную авиацию.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ ДЗЗ



Ручное скачивание

Использование порталов (USGS EarthExplorer, Copernicus Hub). Подходит для разового анализа и визуального контроля.



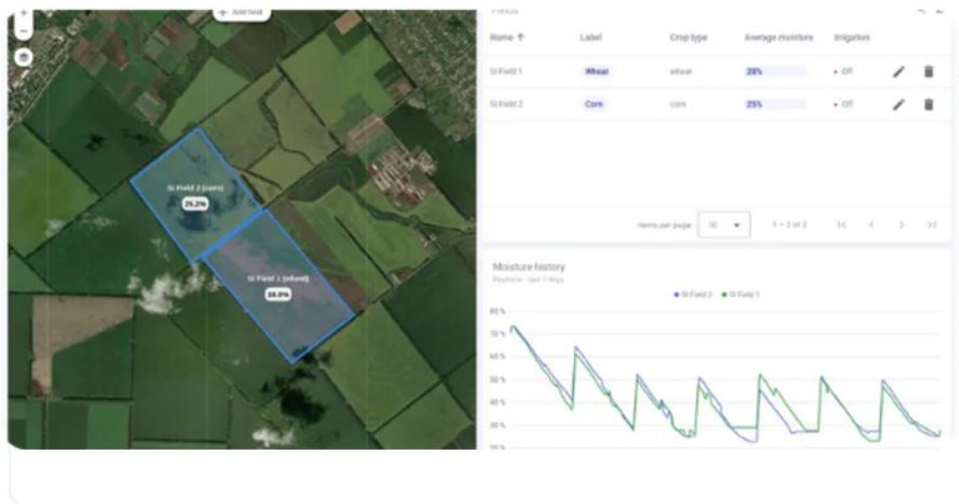
API и Python

Автоматизация через библиотеки sentinelhub-py или earthengine-api. Масштабируемость на тысячи полей.



Готовые сервисы

Аналитика "на лету" без скачивания файлов (GEE, SkyWatch, OneAtlas). Экономия места на диске и мощностей ПК.



Рекомендации по выбору

- **Sentinel-2:** Лучший выбор для NDVI (бесплатно, 10м разрешение, каждые 5 дней).
- **Cloud Masking:** При использовании API всегда настраивайте фильтр облачности (<10-15%).
- **GeoJSON:** Используйте стандартные форматы границ полей для интеграции в Python-скрипты.
- **GEE:** Используйте для анализа длинных временных рядов (например, динамика за 10 лет).

ИНТЕГРАЦИЯ БПЛА, СПУТНИКОВ И НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Спутниковый мониторинг

Обеспечивает обзорное видение, долгосрочные тренды вегетации и анализ больших площадей с периодической регулярностью.

Оперативный мониторинг БПЛА

Высокодетальные снимки по запросу для раннего выявления аномалий, болезней или локальных стрессовых факторов.

Наземные сенсоры

Данные о влажности, составе почвы и микроклимате, критически важные для калибровки дистанционных методов зондирования.



ЗАДАЧИ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ



Анализ всхожести

БПЛА автоматически подсчитывают количество проросших семян и локализуют места проплевшин.



Фитосанитария

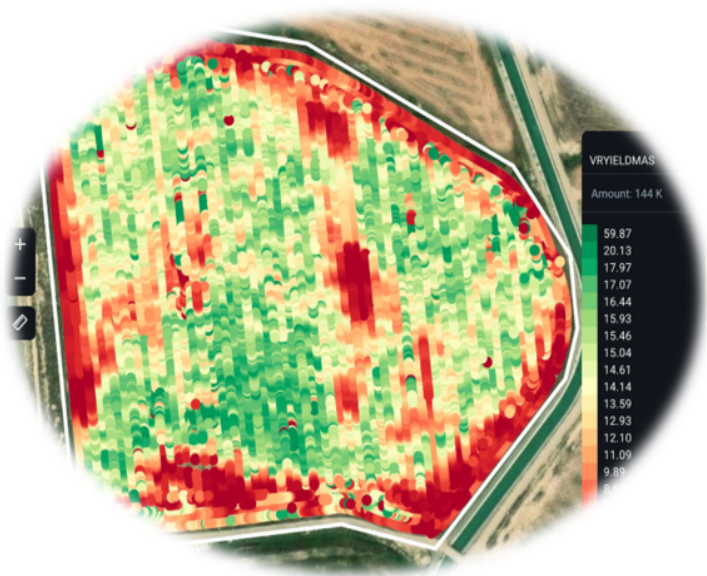
Выявление сорняков и ранних очагов заболеваний до их распространения на все поле.



Контроль полива

Термокартирование указывает на сбои в оросительных системах и зоны водного стресса.

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ



Технология VRA

Карта вегетации конвертируется в карту предписания для тракторов:

- Угнетенные зоны получают **повышенную** норму азота;
- Зоны без всходов исключаются из обработки, экономя сырье;
- Опрыскиватели отключают форсунки над пустыми участками.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПОЛЕГАНИЯ

Оценка высоты травостоя

3D-моделирование выявляет аномалии роста. Внесение регуляторов роста позволяет укрепить стебель растения и минимизировать потери зерна при уборке.

Прогнозирование урожая

Корреляция NDVI и накопленной биомассы позволяет за месяц до жатвы рассчитать потенциальную урожайность с точностью до 90%.

БПЛА VS СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ

Характеристика	Космические спутники	Беспилотная авиация (БПЛА)
Детализация (разрешение)	До 3-10 м/пиксель (средняя)	До 2-5 см/пиксель (экстремальная)
Зависимость от погоды	Критическая (облака полностью мешают)	Минимальная (полеты ниже уровня облаков)
Экономический охват	Дешево на крупных площадях	Выгодно для локальных обследований
Интеграция с техникой	Планирование макрозон	Микродозирование опрыскивания

Экономический эффект

Снижение затрат

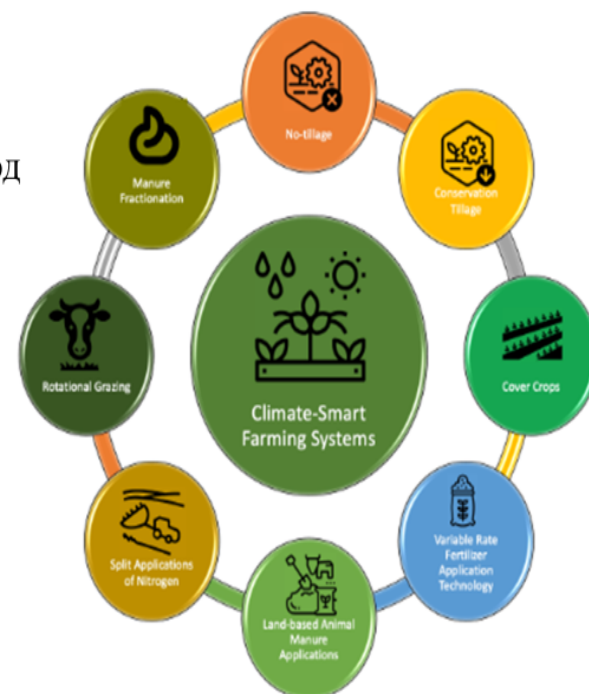
Точечное внесение ресурсов (удобрений, семян, СЗР) сокращает их расход на 15-30% за счет исключения перекрытий и зон без посевов.

Рост продуктивности

Мониторинг состояния посевов позволяет оперативно устранять стрессовые факторы, что ведет к увеличению урожайности на 10-20%.

Устойчивое развитие

Оптимизация логистики и процессов снижает углеродный след и общую экологическую нагрузку на агроэкосистему.

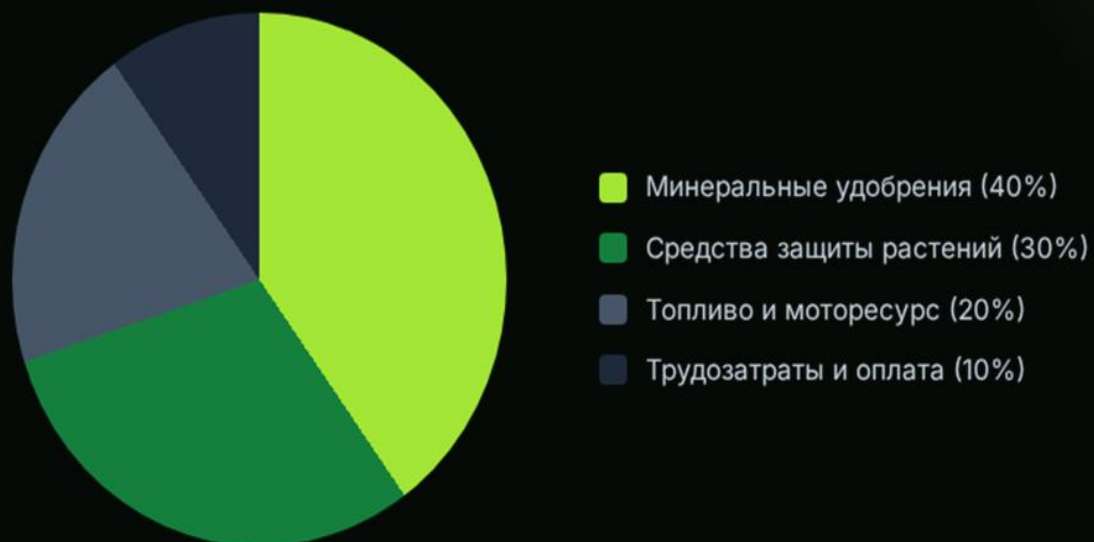


ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ ХОЗЯЙСТВА



Показатели усреднены на основе опыта внедрения в хозяйствах СНГ в 2024-2025 гг.

СТРУКТУРА ФИНАНСОВОЙ ОТДАЧИ



ЭТАПЫ ВНЕДРЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕ

01. Аудит

Оцифровка границ полей,
создание электронного
реестра.

02. Мониторинг

Настройка автоматического
приема спутниковых
вегетационных индексов.

03. Интеграция

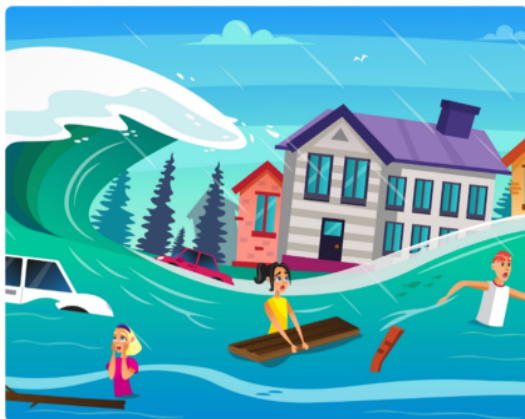
Оснащение техники GPS-
навигацией и контроллерами
расхода.

04. Оптимизация

Переход на полностью
автоматическое
дифференцированное
внесение.



Лаборатория Цифровых Технологий и Моделирования



Паводки
Входите в систему

Почта
Пароль

ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ

или

ЕСТЬ АККАУНТ?



Agriculture

Выполнить вход, используя учетную запись организации.

Имя пользователя *

guest

Пароль *

ВХОД

ЗКУ им. С.Аманжолова



Партнеры:



AMANZHOLOV
UNIVERSITY

Сеть агрометеостанций



1. Сулусары (Vaisala WXT 536)



2. Луговое (Vaisala WXT 531)



3. Умыш (Vaisala WXT 531)



4. Заповедник (Vaisala WXT 531)



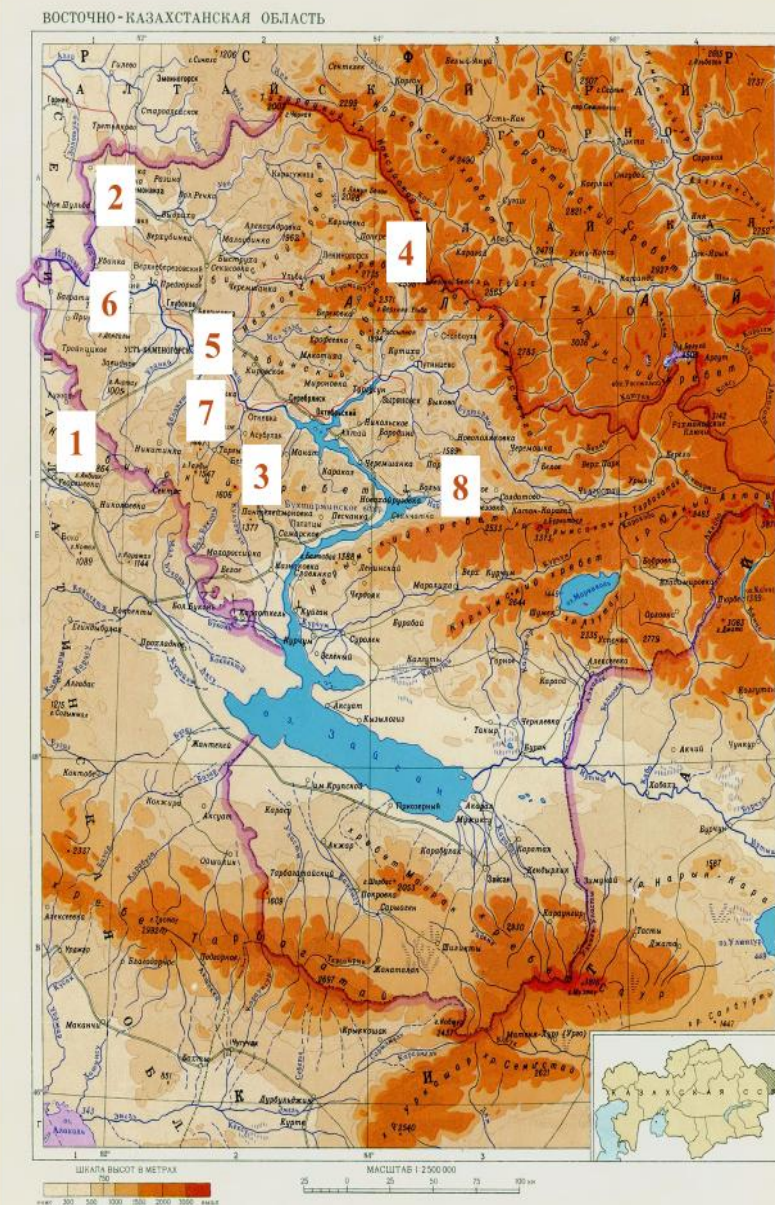
5. п. Солнечный (iMETOS)



6. Таврия (iMETOS 5.0)

7. Опытное поле (iMETOS 5.0)

8. Малыйнарын (iMETOS 5.0)



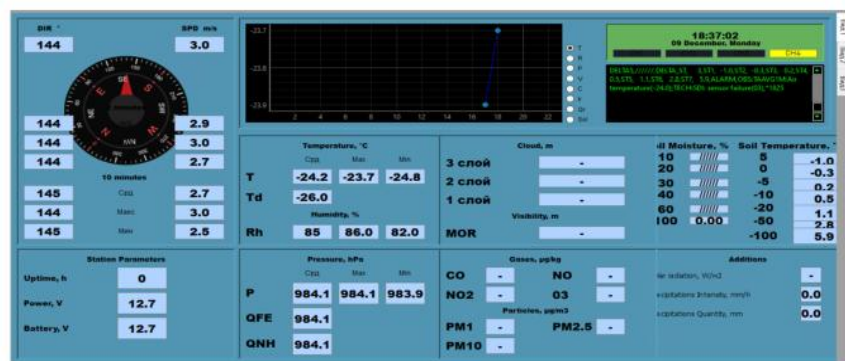
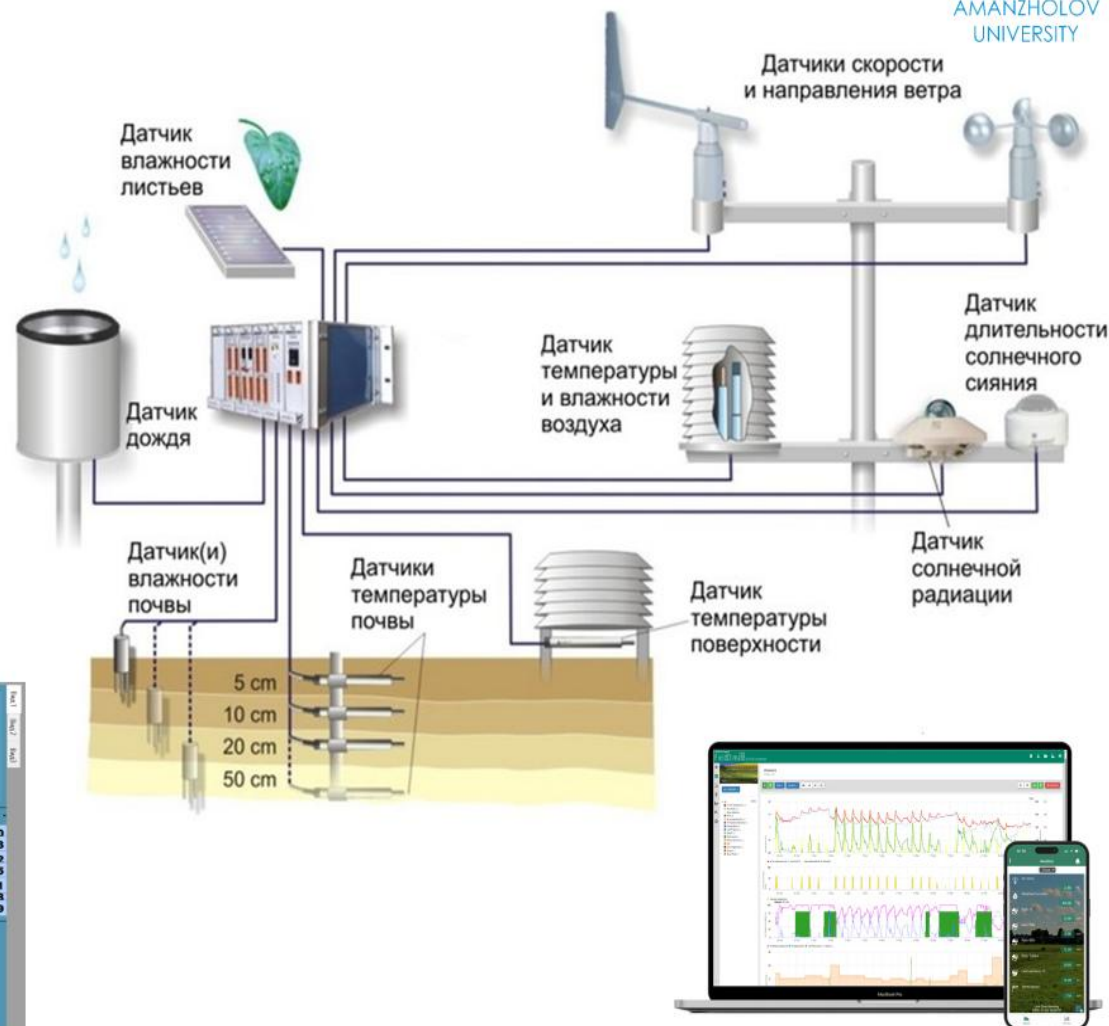
Функциональность метеостанций

Метеостанция на базе Vaisala WXT 536 оснащены датчиками:

- Датчик температуры почвы QMT107 (+5см, 0см, -5см, -10см, -20см, -50см, -100см);
- Датчик объемной влажности почвы Delta PR2/6-SDI12 (-10см, -20см, -30см, -40см, -60см, -100см).

Метеостанция на базе iMETOS 5.0 оснащены датчиками:

- Профильный датчик объемного содержания воды в почве производства Sentek Triscan 90 см (9х температура, 9х влажность и 9х соленость почвы)



Агротехнологический портал - Agriculture



Бесплатные спутниковые данные:
Использование открытых платформ для базового мониторинга.

Агроскаутинг со смартфоном: Мобильные приложения для фиксации проблем на поле с геопривязкой.



Agriculture

Выполнить вход, используя учетную запись организации.

Имя пользователя *

guest

Пароль *

ВХОД

© ИУ им. С.Аманжолова



Оцифровка полей

Загрузить shp файл

Заполните поля для создания нового поля в системе

 Архив формата .zip. В архиве обязательны файлы формата .shp и .shx

Наименование

ВЫБРАТЬ ФАЙЛ

Файл не выбран

СОЗДАТЬ ОТМЕНА

Добавить поле

Заполните поля для создания нового поля в системе

Предприятие

Наименование



СОЗДАТЬ ОТМЕНА

Precision Agriculture Framework

Agriculture / Опытные участки

- 15 февр. 2023 г.
 - Опытное поле
Создано: 15 февр. 2023 г., 5:54
 - ТОО "Ырыс"
Создано: 15 февр. 2023 г., 9:26
- 17 февр. 2023 г.
 - КХ "Гусманов"
Создано: 17 февр. 2023 г., 5:54
 - ФХ "Фауна"
Создано: 17 февр. 2023 г., 7:17
- 19 февр. 2023 г.
 - КХ "Бугрей"
Создано: 19 февр. 2023 г., 8:55
 - ТОО "Агрофирма Гришенское"
Создано: 19 февр. 2023 г., 9:15



Расчет вегетационных индексов



Создать элемент

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности — простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом).

Поле

Наименование

Дата начала

Дата окончания

ВЫБРАТЬ ФАЙЛ

Файл GeoTIFF не выбран

RED Канал 4 IR Канал 8

СОЗДАТЬ ОТМЕНА

Создать элемент

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности — простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом).

Год 2025 Коллекция COPERNICUS

Поле ОХМК

Дата начала Дата окончания



СОЗДАТЬ ОТМЕНА

Agriculture / NDVI

ОХМК

С 1 июня по 30 авг. 2023 г. Автогенерация #2447, 29 авг.

С 2 июня по 29 авг. 2024 г. Автогенерация #1569, 29 авг.

С 2 июня по 26 авг. 2025 г. Автогенерация #1849, 29 авг.

Опытное поле

С 2 июня по 22 июля 2025 г. Автогенерация #2269, 25 июля

С 2 июня по 28 авг. 2019 г. Автогенерация #1544, 24 мая

С 1 июня по 30 июня 2023 г. Автогенерация #1860, 13 февр.

С 1 июня по 30 авг. 2023 г. Автогенерация #2658, 4 дек.

Автогенерация #2447
с 1 июня 2023 г. по 30 августа 2023 г.

53.46 %

ОБЩАЯ

Коллекция
COPERNICUS

Поле
ОХМК

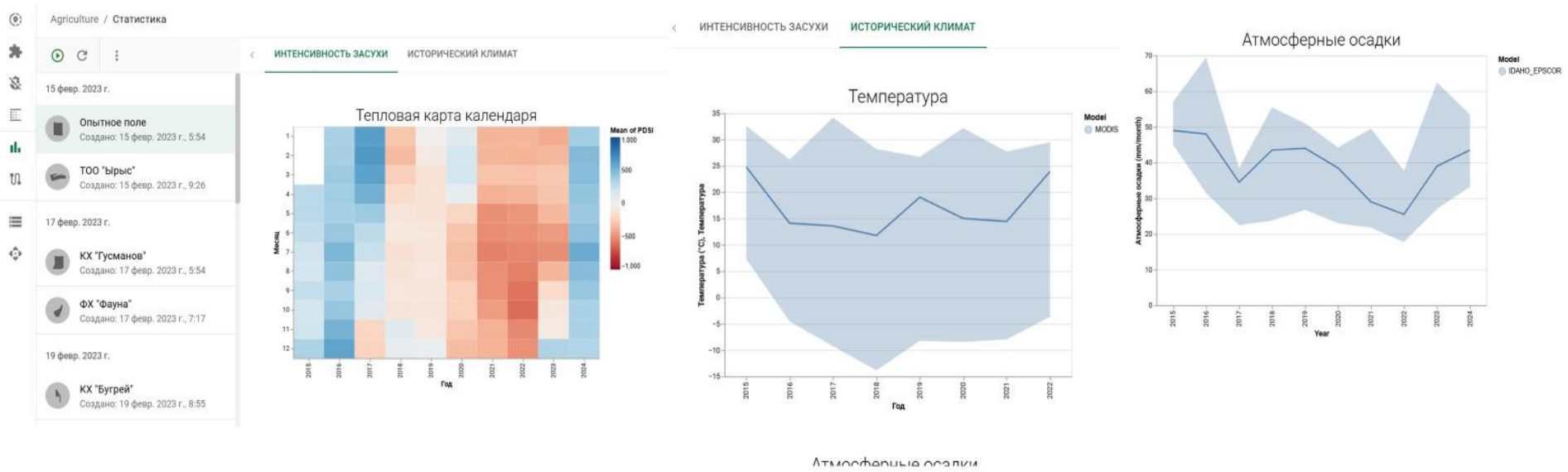
Показатели



БЕО JSON УДАЛИТЬ

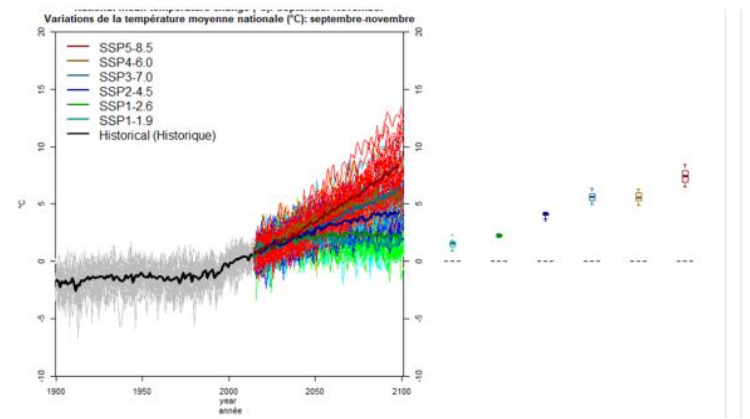
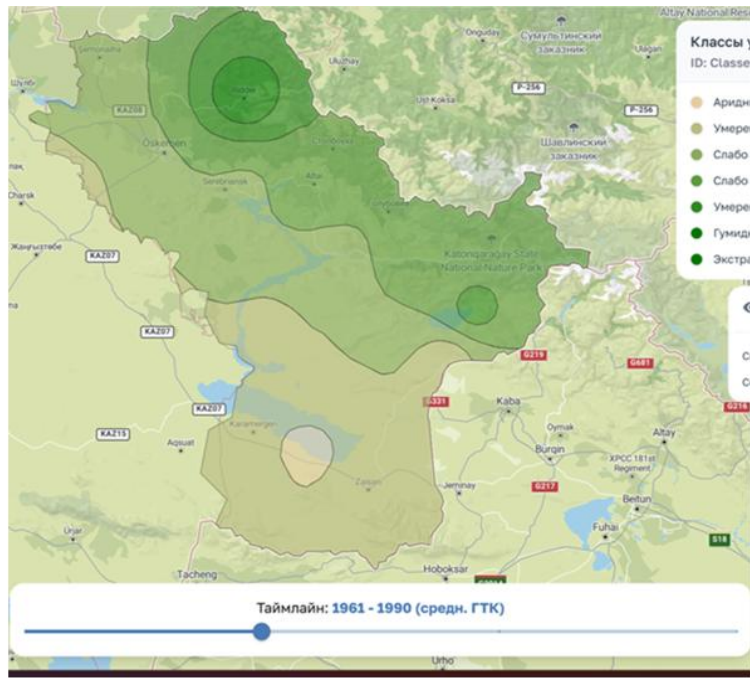
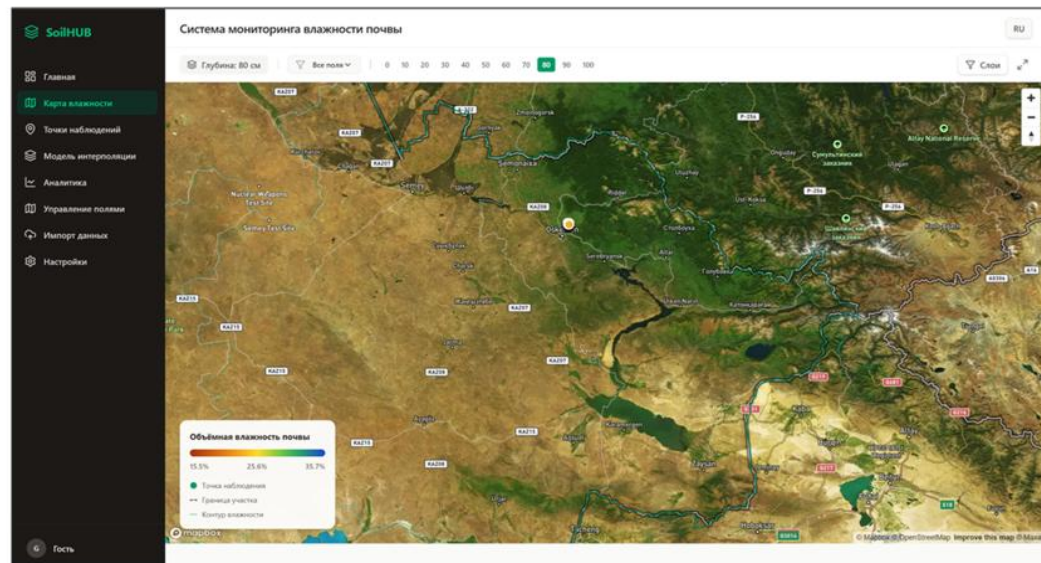


Статистика полей



1

Модуль Soil Moisturizing Data Hub для хранения, обработки и визуализации данных о влажности почвы



Вопросы?

Благодарим за внимание к технологиям точного земледелия!

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ