

*Технологии точного земледелия с  
применением  
Картографического  
Беспилотного комплекса*

ООО «ГЕОСалют», 2016

БПЛА SenseFly производства Швейцария. Основные преимущества – простота применения, практически, нулевые эксплуатационные расходы, нет ограничений по количеству взлетов-посадок в течение гарантийного срока (1 год).



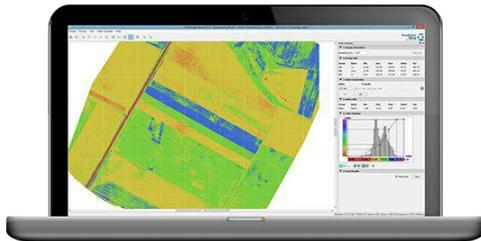
БПЛА SenseFly в базовом исполнении представляют собою комплекс для целей геодезии и картографии, а также сельского хозяйства, содержащий все необходимое для сбора данных и выпуска точной картографической продукции (ортофотопланы, цифровые модели рельефа, цифровые модели местности, карты NDVI, карты предписаний и т.д.).

			
Размах крыльев	96 см		
Взлетный вес, включая стандартную камеру	0,69 кг	0,71 кг	0,73 кг
Оптимизированный аэродинамический профиль	да		
Электропитание	да		
Дальность радиосвязи	до 3 км		
Съемные крылья	да		
Камера по умолчанию	IXUS/ELPH RGB (16 MP)	S110 NIR (12 MP)	IXUS/ELPH RGB (16 MP)
Дополнительная камера	IXUS/ELPH RGB, S110 NIR, S110 RE, S110 RGB, <u>multiSPEC 4C</u>		
<u>eMotion</u> для планирования и контроля полета	да		
<u>Postflight Terra LT</u> , фотограмметрическое	да		
<u>Postflight Terra 3D</u> фотограмметрическое	да		
Для расчета вегетационных индексов	нет	да	нет
Средняя скорость	36-57 км/час		
Ветроустойчивость	12 м/с		
Время полета со стандартной камерой	50 мин.	45 мин.	40 мин.
Максимальное покрытие за один полет	12 км <sup>2</sup>	10 км <sup>2</sup>	8 км <sup>2</sup>
Посадка с точностью +/- 5 м	да		
Кинематика в режиме реального времени	нет	нет	да
Виртуальные базовые станции	нет	нет	да
Пост-обработка ГНСС данных	нет	нет	да
Необходимость геодезической привязки	необязательна	необязательна	Не нужна
Абсолютная точность (без привязки)	2-5 м	2-5 м	до 3 см
Разрешение пикселя на земле для снимка	1,5 см	2 см (S110)	1,5 см

# Комплектация БПЛА



*eMotion 2 – программа для автоматического планирования полета и контроля за его выполнением.*



*Pix4Dmapper – профессиональный фотограмметрический программный пакет для обработки данных съемки с БПЛА. Реализует построение ортофотомозаики, ЦММ, ЦМР и индексных карт.*

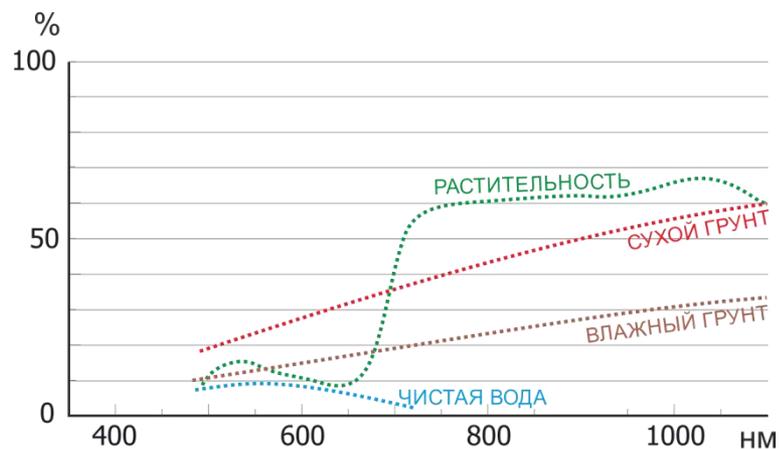


*БПЛА в кейсе для транспортировки*

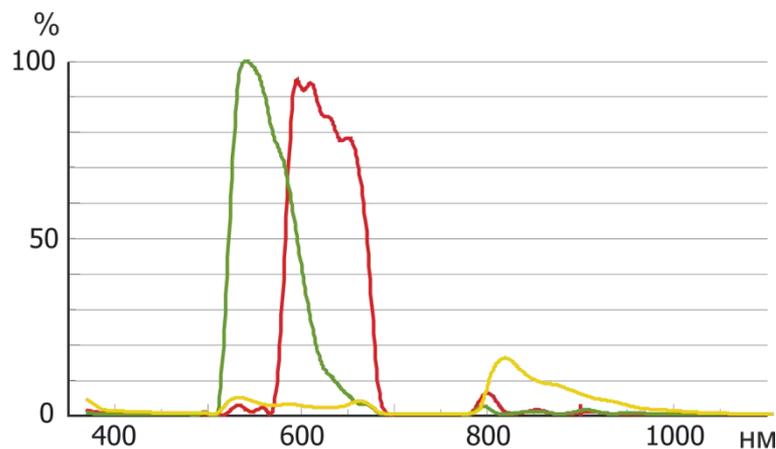
# Спектральные характеристики сенсора ближнего ИК-диапазона (NIR)

## Canon S110 NIR

### СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЯРКОСТИ ОБЪЕКТОВ



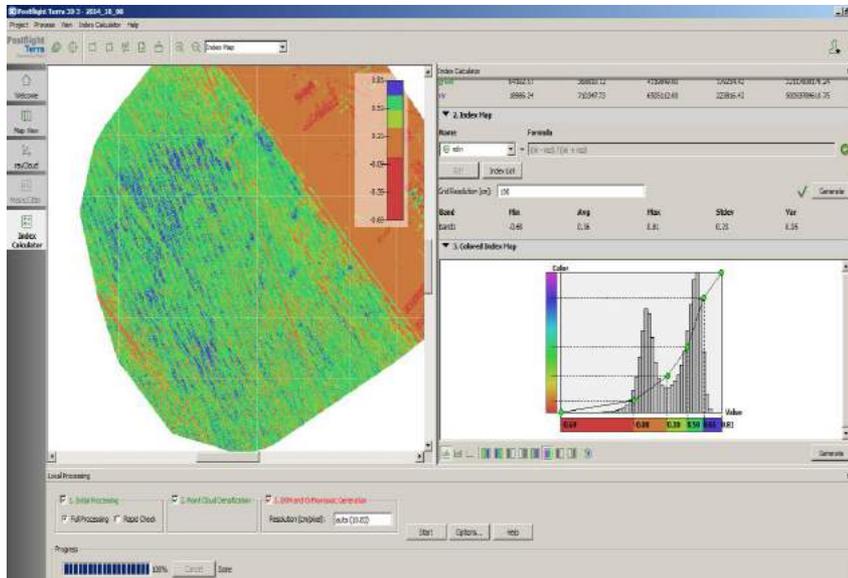
### КАМЕРА NIR



**ЗА СЧЁТ НАЛИЧИЯ ИК-ДИАПАЗОНА ПОЗВОЛЯЕТ АНАЛИЗИРОВАТЬ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И РАЗДЕЛЯТЬ ОБЪЕКТЫ ПО ПРИЗНАКАМ, НЕ ВИДИМЫМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОМУ ГЛАЗУ**

# Индексный калькулятор-модуль программы обработки для анализа спектральных данных

Основное назначение стандартного комплекта – расчет наиболее распространенного вегетационного индекса NDVI и его модификаций



*В процессе работы пользователь определяет правила и задает формулу индекса, по которым программа строит ортофотомозаику в условных цветах, отражающих значения вычисленного индекса.*

*NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) – относительный показатель количества фотосинтетически активной биомассы:*

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

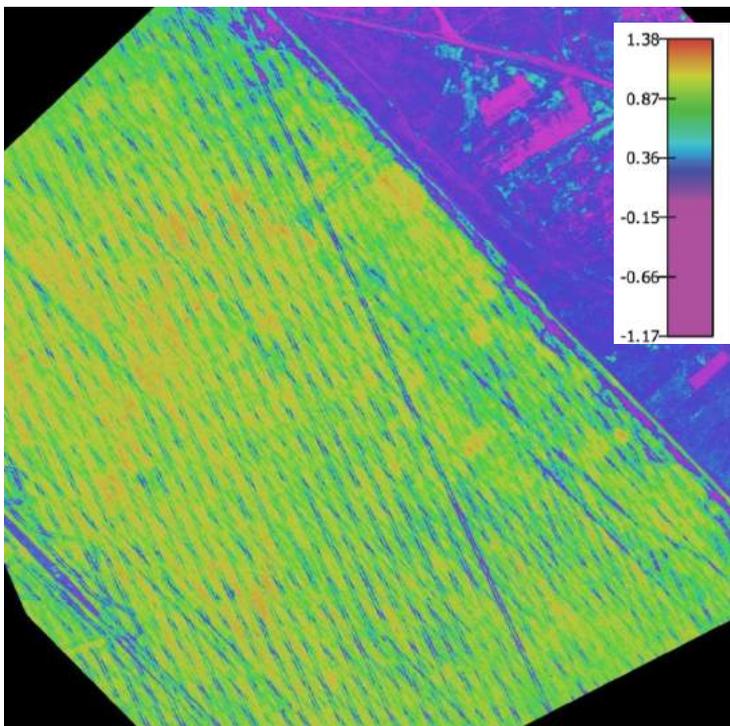
*Согласно формуле, индекс может принимать значения от -1 до 1. Значения для растительности не могут быть ниже нуля.*

# Запуск беспилотника

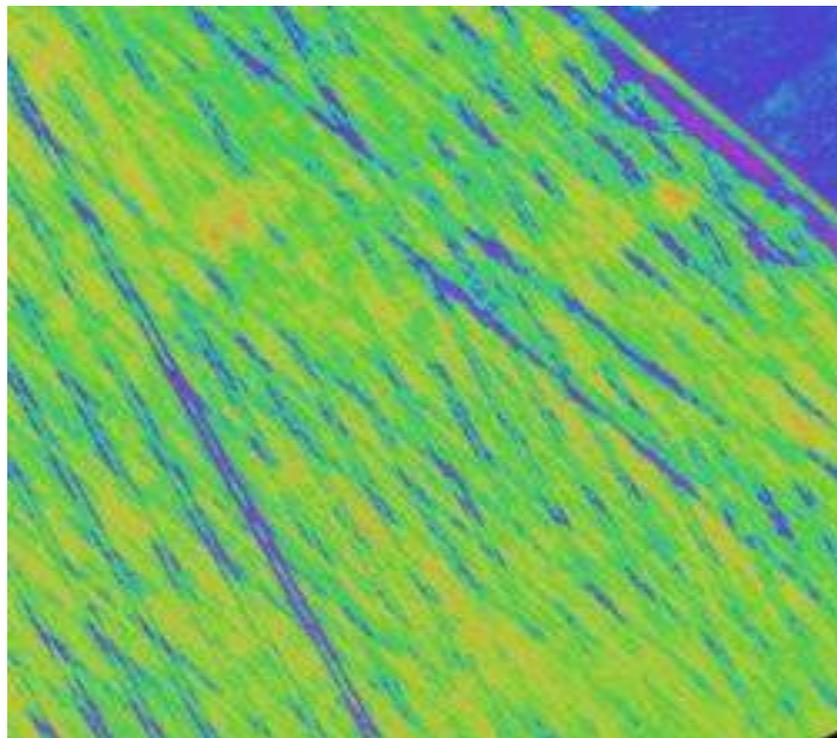


# Индексная карта (относительный вегетационный индекс SAVI), построенная по результатам полета

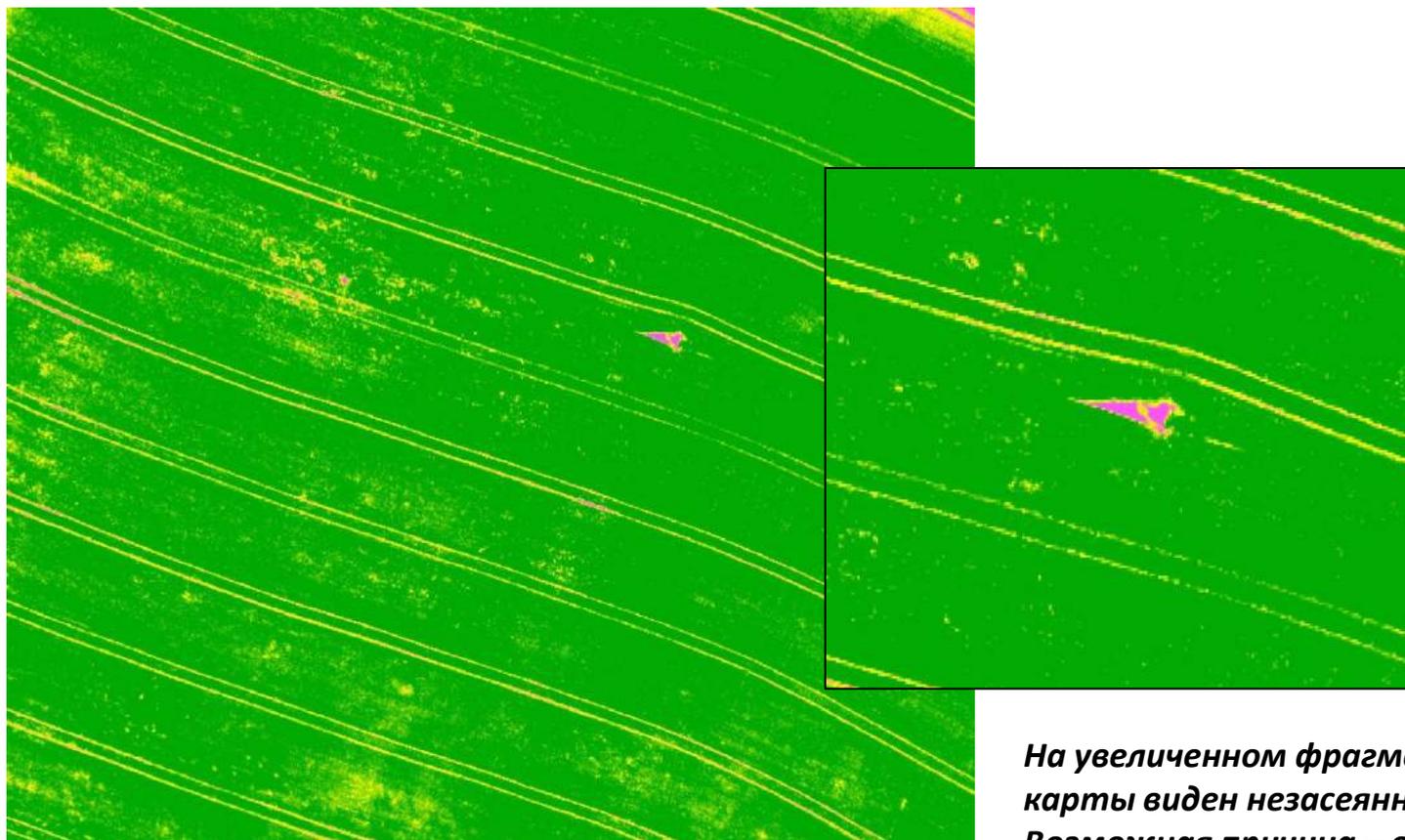
*Контроль всхожести озимых культур.  
Применен вегетационный индекс SAVI,  
учитывающий влияние открытой почвы*



*Проблемы почвообработки. На увеличенном фрагменте видно, как предпосевная обработка повлияла на полевую всхожесть озимых культур*



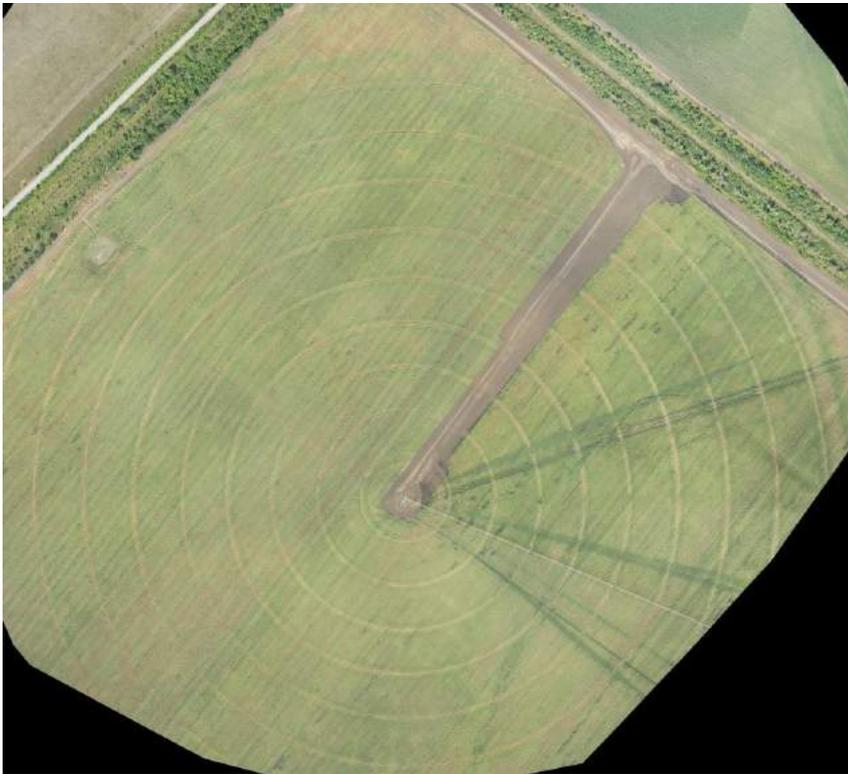
# Пример построения индексной карты NDVI



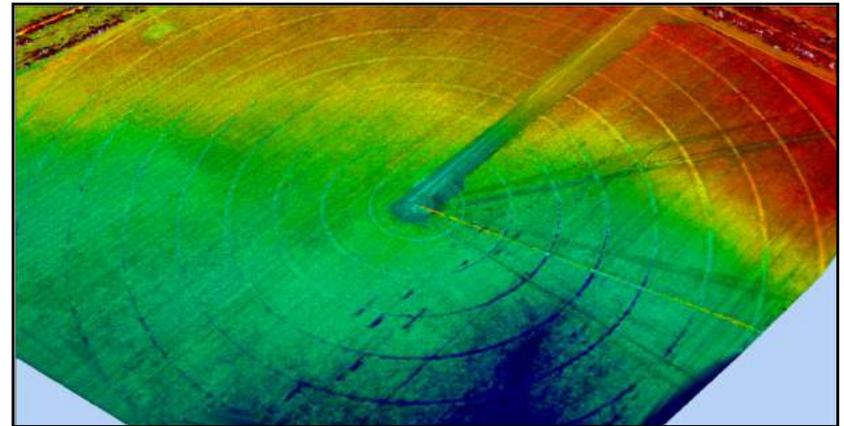
*На увеличенном фрагменте индексной карты виден незасеянный участок поля. Возможная причина – ошибка при управлении сельхозтехникой.*

# Примеры построения ортофотоплана и Цифровой Модели Рельефа (ЦМР)

*Ортофотоплан. Работа оросительной системы*



*Цифровая Модель Рельефа с окраской по высоте*

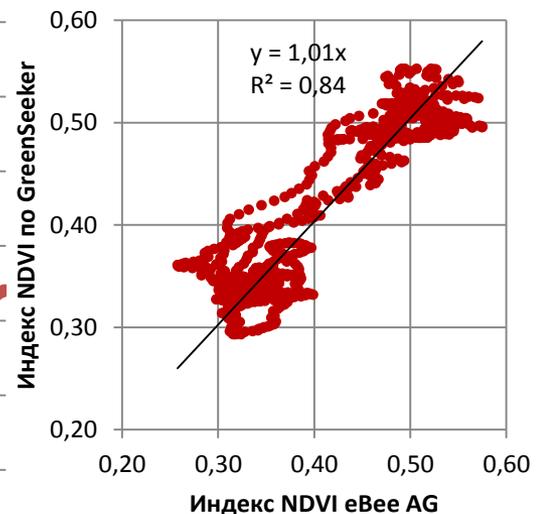
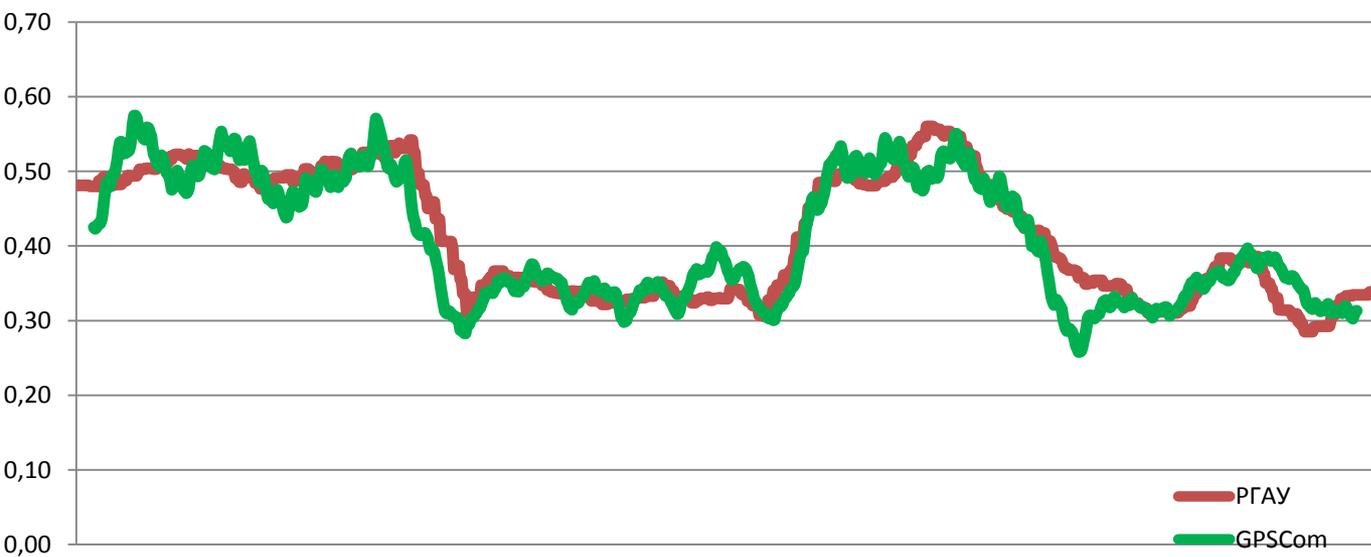


*Детальный анализ спектральных данных и цифровых моделей. Проект выполнен на опытном полигоне по заданию Научного Центра Точного Земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

# Верификация данных сенсора БПЛА

Данные съемки БПЛА и значения индекса NDVI на карте с разрешением 5 см были сравнены со значениями NDVI, собранными специализированным активным наземным сенсором GreenSeeker RT200. Сравнение показало, что коэффициент корреляции составил 0.84, что является почти идеальным результатом для сенсоров с принципиально разным принципом работы.

<b>Оборудование</b>	БПЛА SenseFly с базовой камерой S100 NIR	GreenSeeker RT200 ИК сенсор для системы дифференцированного внесения удобрений
		
<b>Базирование</b>	БПЛА	Сельхозтехника
<b>Излучение</b>	Пассивный сенсор (камера)	Активный сенсор

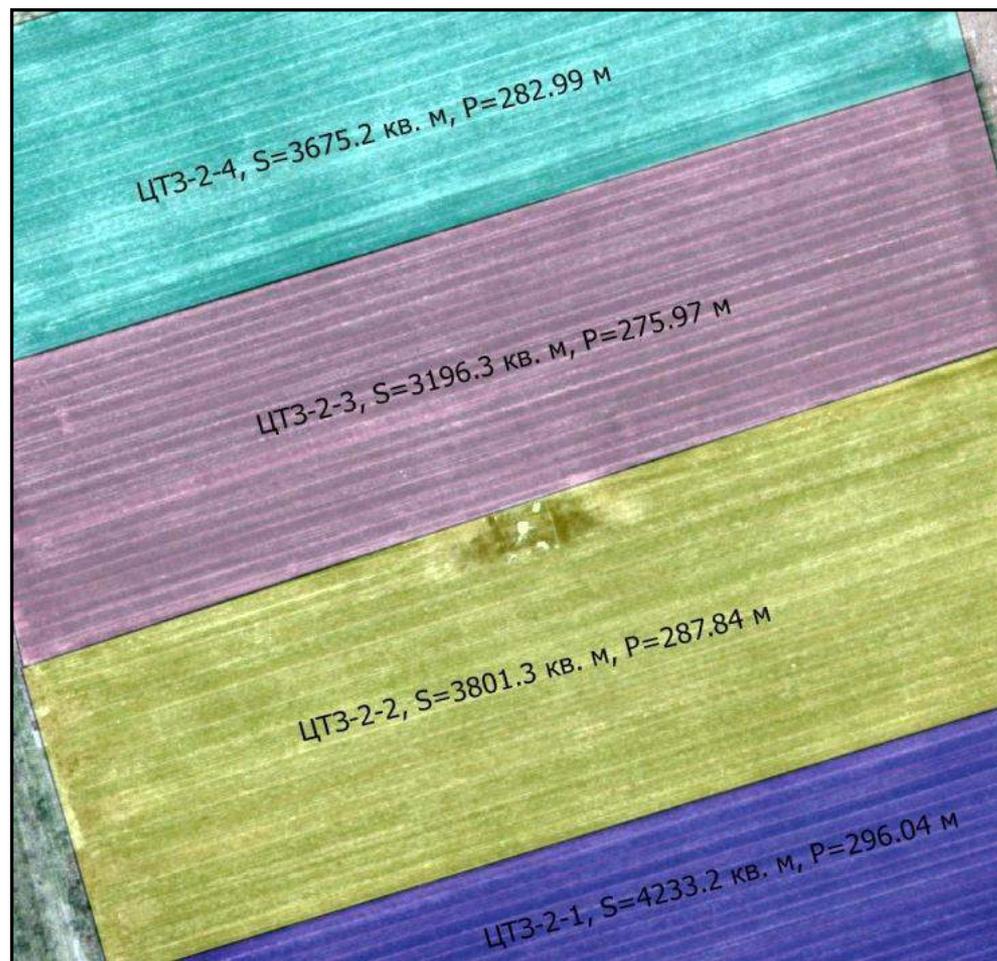


# Векторизация границ полей и измерение площадей

Ортофотопланы, построенные по данным беспилотной съемки, являются геопозиционированным метрическим материалом.

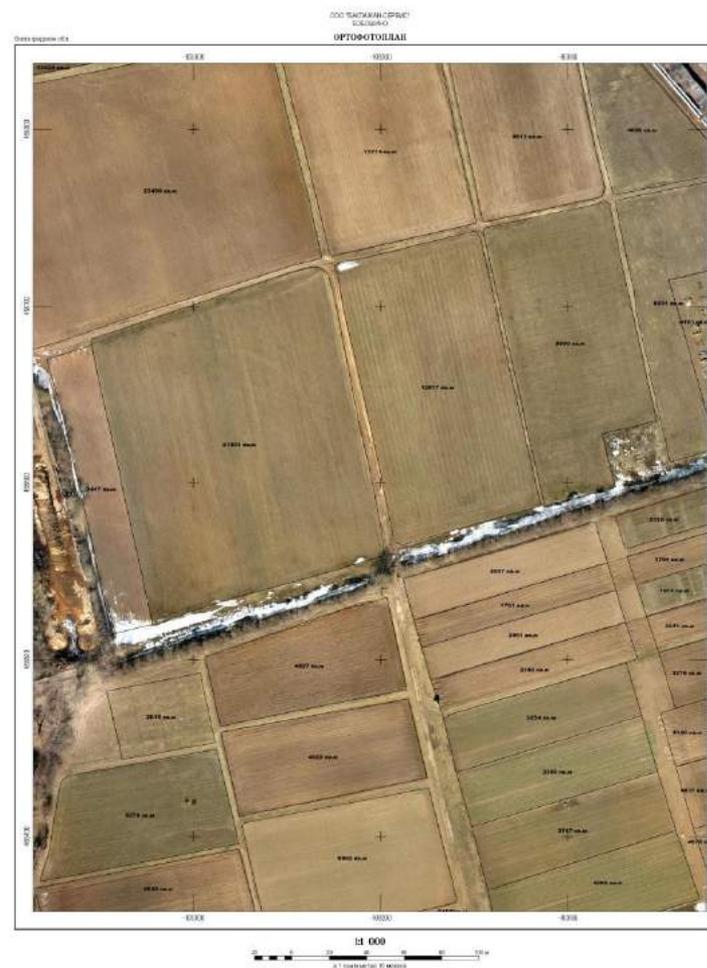
Следовательно одной из задач, которые могут быть решены с их помощью, является векторизация границ полей и участков для целей инвентаризации, планирования, измерения площадей и т.д.

Так же не составляет проблем измерить площадь поля, обработанного за день, оперативно оценить и проконтролировать объем дневной выработки.



# Векторизация границ полей и измерение площадей

Представлен пример оформления планшета ортофотоплана с отбивкой границ плотов и данными о площади каждого из них.



## Представление вычисленного индекса в векторном формате

RGB

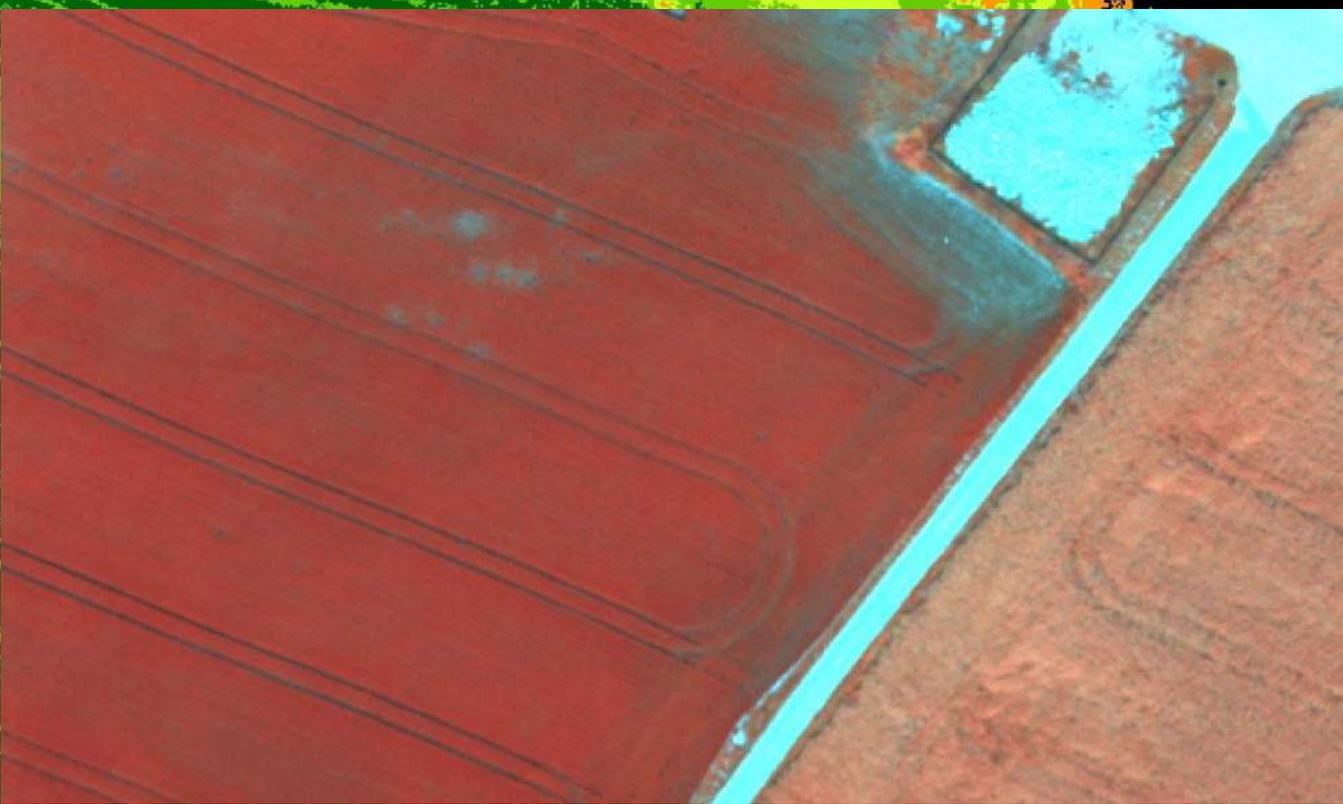
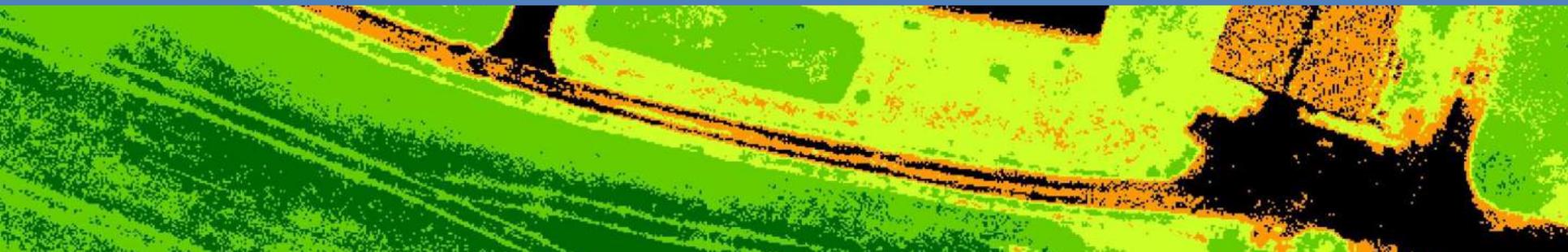
CIR

индекс в каждой  
точке

индекс по  
интервалам в  
изолиниях

*Векторное представление данных (индексных карт, карт урожайности) максимально удобно для хранения, обработки и использования в геоинформационных системах сельхозпредприятий.*

## Классификация объектов



### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ классы по NDVI

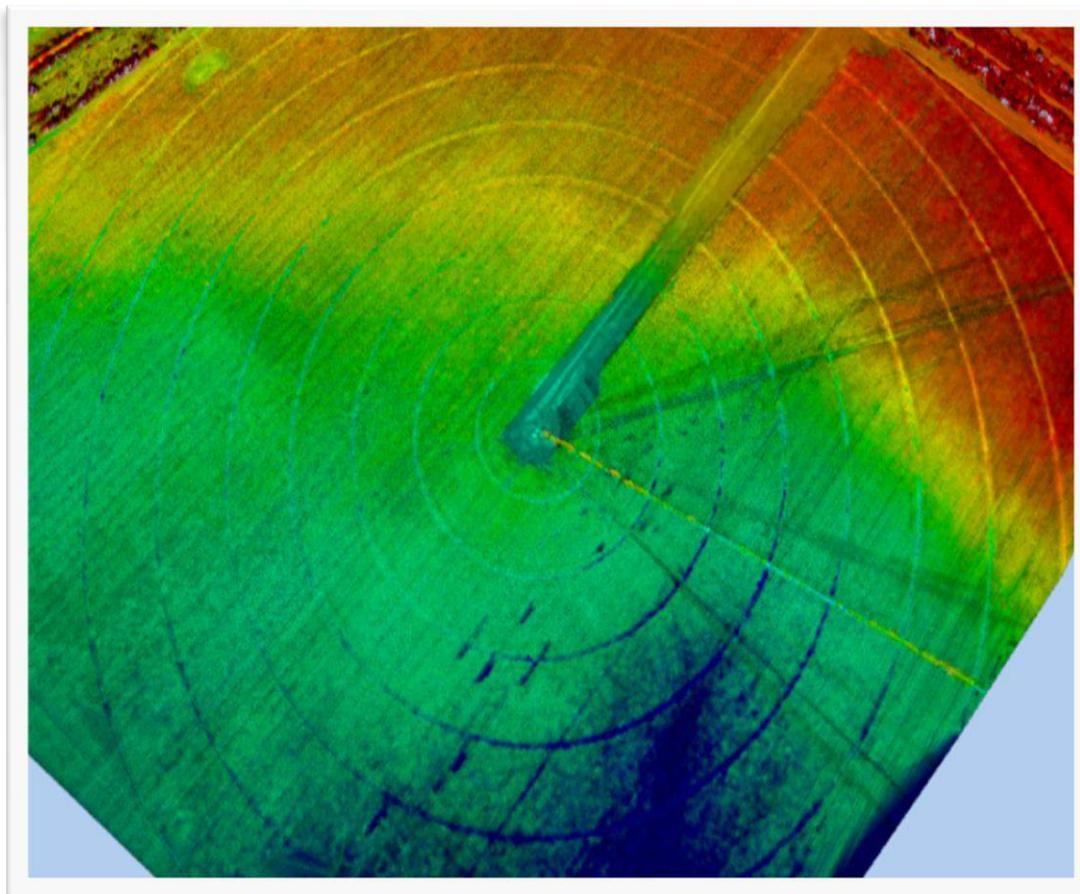
- камень, бетон, асфальт
- открытый грунт
- угнетенная растительность
- нормальная растительность
- бурно вегетирующая раст-ть

**ДАННЫЕ БПЛА МОЖНО КЛАССИФИЦИРОВАТЬ ЗА СЧЁТ ВОЗМОЖНОСТИ СЪЁМКИ В РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНАХ СПЕКТРА. ЭТО ПОЗВОЛЯЕТ ОТДЕЛИТЬ «ЖИВОЕ ОТ НЕЖИВОГО», ОЦЕНИТЬ ВСХОЖЕСТЬ, МАСШТАБЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЯМИ, БОЛЕЗНЯМИ И Т.Д.**

# Примеры представления и анализа цифровой модели рельефа и микрорельефа

## *Цифровая модель рельефа с высотной заливкой*

Дает агроному общее представление о поверхности и профиле поля, направлениях уклонов. При регулярном мониторинге и сравнении результатов можно делать выводы о наличии/отсутствии эрозионных процессов

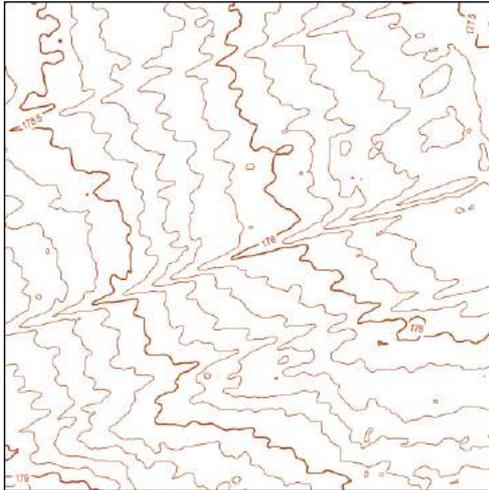


# Примеры представления и анализа цифровой модели рельефа и микрорельефа

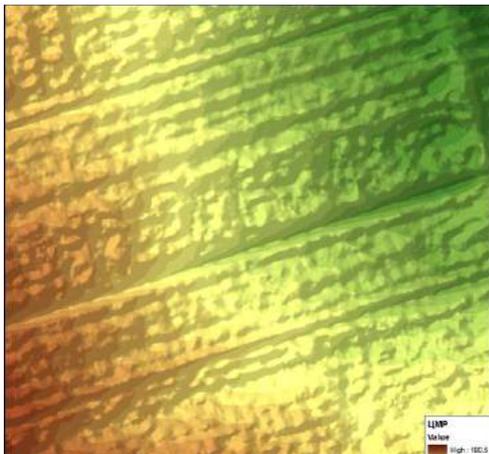


Пример оформления планшета карты уклонов полей

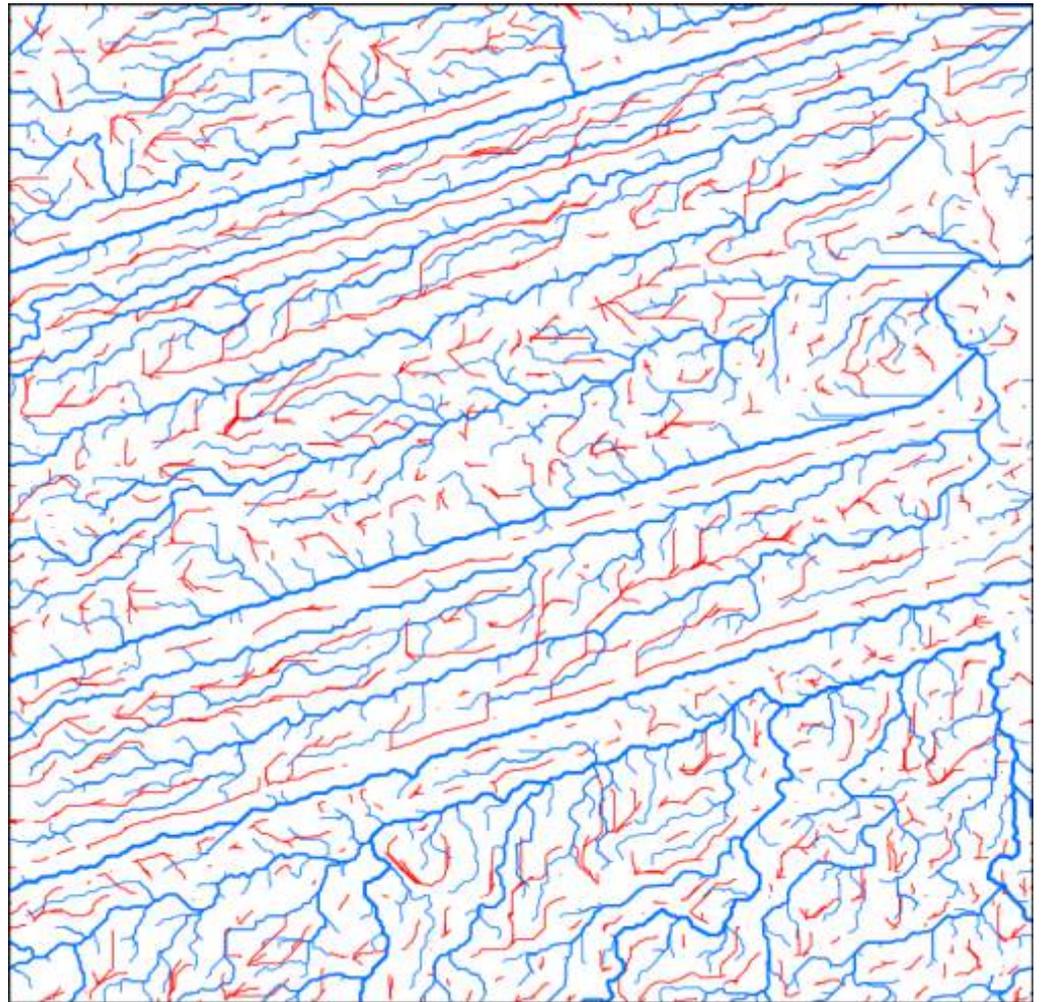
# Примеры представления и анализа цифровой модели рельефа и микрорельефа



*ЦМР в горизонталях с сечением 10 см*

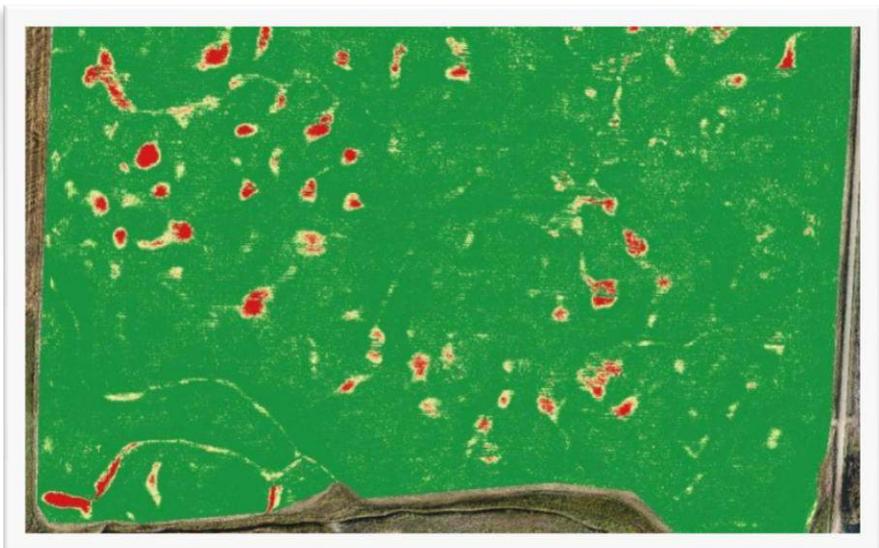


*ЦМР с высотной заливкой*



*Карта водоразделов и водотоков*

# Примеры представления и анализа цифровой модели рельефа и микрорельефа

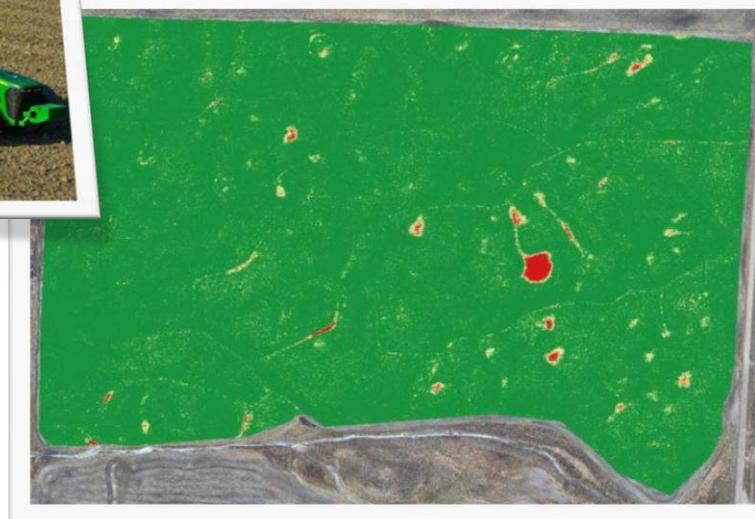


*Карта бессточных областей до коррекции*

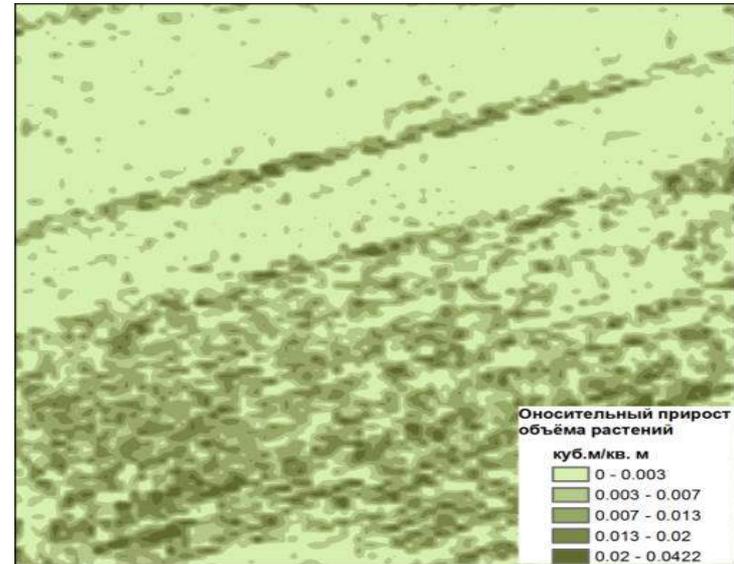
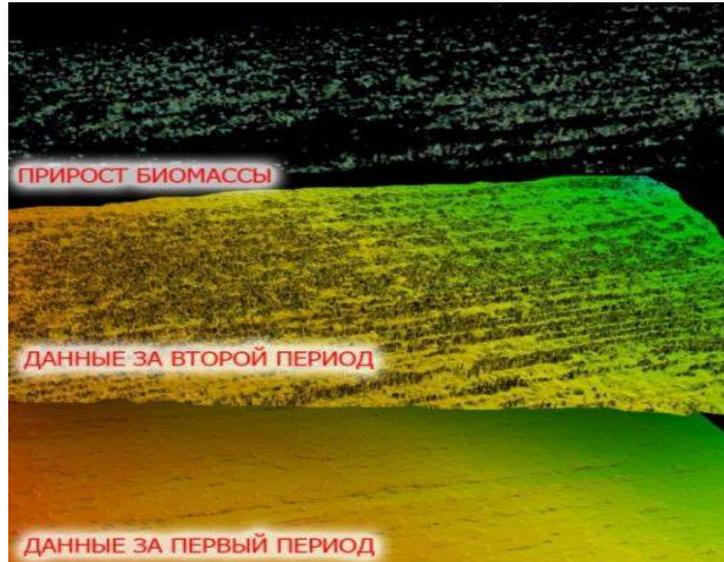


**Фактически карта бессточных областей является картой областей вероятной гибели посевов по причине вымокания**

*Карта бессточных областей после коррекции поверхности поля*



## Вычисление объема прироста биомассы



Цифровые модели местностей, построенные по данным беспилотной съемки за разные периоды, позволяют путем их сравнения рассчитать объем прироста биомассы за определенный период времени.

# Интеграция с сельхозтехникой: генерация файла предписаний для дифференцированного внесения удобрений



На примере – графическое отображение файла предписаний для программирования машины для внесения удобрений. Размер клетки (полигона) задается в соответствии с шириной захвата агрегата.

Дозу внесения удобрений определяет агроном, однако распределение удобрений по площади поля для исправления пестроты растений осуществляет программный алгоритм на основе данных, собранных беспилотным аппаратом. Могут быть учтены карты урожайности предыдущих лет.

Так же разработанный алгоритм позволяет пропорционально распределить по полю объем удобрений, имеющихся в наличии. Такой подход невозможно реализовать в случае применения сельхозтехники, работающей по технологии «On-line».

Технология «On-Line» подразумевает, что сенсоры растительного покрова, установленные на сельхозтехнике, немедленно дают команду на устройство внесения удобрений в зависимости от состояния растений в данной точке. Однако в этом случае агрономическая служба не имеет общей картины о состоянии посевов на всей площади и не может рассчитать необходимый объем удобрений для данного поля. Технология предварительного сбора информации «Off-Line» (NDVI, рельеф, карты урожайности) позволяет учесть все аспекты и использовать запас удобрений максимально эффективно.

## *Преимущества:*

- Возможность получать данные о сельхозугодьях быстро и оперативно. Руководство предприятия и агрономическая служба получает объективные и всеобъемлющие детальные данные о состоянии растений на площади до 1000 Га в течение пары часов (1 час полет + 1 час обработки результатов полета)
- Сбор данных без расхода моторесурса и затрат на ГСМ.
- Максимальная эффективность расходования удобрений и гербицидов для достижения максимальной урожайности. Использование дифференцированного подхода позволяет избежать перекармливания растений, или, наоборот, применить большую дозу там, где это необходимо. Кроме того, использование карт урожайности позволит избежать напрасных затрат в зонах с\х угодий с традиционно низкой урожайностью.
- Оперативный поиск проблемных зон развития растений.

## *Преимущества:*

- Контроль правильности, прямолинейности движения сельхозтехники, наличия проблемных мест при посеве.
- Объективный контроль фактической всхожести.
- Объективный контроль пестроты посевов на основе индексных карт NDVI.
- Контроль прироста биомассы и высоты растений, устойчивости к полеганию.
- Оперативный контроль за объемами дневной выработки.
- Простота и безопасность использования. Полностью автономный легкий БПЛА с наглядным графическим интерфейсом программирования. Не требует специальной подготовки. Нет ограничения по количеству взлетов-посадок в течение гарантийного срока. Максимально автоматизированная система обработки данных PostFlight Terra3D. Практически нулевые эксплуатационные расходы.

**Спасибо за внимание!**

***ООО «ГЕОСалют»***

***Картографические беспилотные комплексы***

***Москва, ул. Угрешская, д.2, стр. 23 (сектор «Наука»)***

***Тел.: +7(495)778-68-49***

***E-mail: [info@geosalut.ru](mailto:info@geosalut.ru), web: [www.geosalut.ru](http://www.geosalut.ru)***