



**СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ С/Х КУЛЬТУР  
ПО ВЕГЕТАТИВНОМУ ИНДЕКСУ NDVI,  
ПОЛУЧЕННОМУ С ПОМОЩЬЮ КВАДРОКОПТЕРА**

**Автор:** ученик 8 класс МБОУ «Никифоровская СОШ №2» Дмитриевцев Александр

**Педагог-куратор:** учитель химии МБОУ «Никифоровская СОШ №2» Дмитриевцева Наталья Александровна

## Общее описание проекта

Мониторинг состояния посевов – главный источник информации об их всхожести, а также о наличии сорняков, болезней и других проблем на поле. Мониторинг позволяет своевременно выявлять отклонения в росте и развитии растений, определять причины и принимать оперативные управленческие решения.

Мониторинг – трудоемкий процесс. Он требует много времени. Это касается и больших полей, и маленьких участков, разбросанных по территории нескольких сельских советов.

В лучшем случае агроном должен выезжать на поле и осматривать посевы каждый день. По молодым всходам всегда можно пройтись вглубь поля. Но если посевы зрелые – особо не находишься. Растения могут доходить до двух метров в высоту и выше. Это существенно затрудняет анализ посевов.

При обследовании «ногами» тяжело увидеть полную картину на всем поле. А отсутствие информации – это потенциальные убытки.

Сегодня существует много способов мониторинга посевов на протяжении сезона. Долгое время в агропромышленном секторе применялся консервативный метод ведения производства, пока сельскохозяйственные дроны не спровоцировали резкий скачок в развитии отрасли.

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве относительно новое направление, но уже широко зарекомендовавшее себя.

Под БПЛА подразумеваются дроны (квадрокоптеры, октокоптеры, гексакоптеры и др.), самолеты (летающее крыло и др.) оснащенные специальным оборудованием для проведения фотосъемки в различных спектральных диапазонах

Современные задачи диктуют достаточно высокие требования как к качеству получаемых данных (фотографий), также без внимания не оставлен вопрос скорости их обработки. В связи с этим современные беспилотники (БПЛА) представляют собой не просто летательные аппараты, а целый комплекс аппаратных и программных решений. При этом сами устройства должны быть просты в эксплуатации и обслуживании.

С помощью беспилотников агрономы получают ценную и полезную для ведения сельского хозяйства информацию. После обработки исходных снимков, снятых БПЛА сельскохозяйственного назначения, получают три базовых типа данных: ортофотоплан, цифровую модель местности (ЦММ) и карту высот, а также карты вегетационных индексов таких как NDVI, SAVI, WI, NDWI, WDRVI, ARI, TCARI, MSAVI и др.

Конечно же самым актуальным сегодня является вопрос получения карты вегетационных индексов таких как NDVI, SAVI, WI, NDWI, WDRVI, ARI, TCARI, MSAVI и др., особенное место занимает вегетационный индекс NDVI.

Данный проект направлен на изучение применения квадрокоптера в сельском хозяйстве для получения карты вегетативного индекса NDVI.

## Описание исследования

**Цель исследования:** выявление возможности внедрения дронов для мониторинга и изучения состояния посевов

**Объект исследования:** квадрокоптер как инструмент изучения состояния сельскохозяйственных посевов.

**Задачи исследования:**

1. Изучить и актуализировать теоретический материал о применении квадрокоптеров в сельском хозяйстве, в том числе для мониторинга посевов.
2. Познакомиться с одним из самых распространенных вегетационных индексов – вегетационным индексом NDVI
3. Провести анализ и обобщение изученного материала

**Результаты исследований:**

Применение дронов вот уже несколько лет революционным образом меняет облик сельского хозяйства. Одной из марок, которые особенно широко популяризируется является бренд DJI. Под ним выпускаются модели не только любительские и направленные на съемку видео или фото, но и сугубо ориентированные, в том числе и на фермеров.

Беспилотные технологии являются эффективным средством обеспечения исследования и функционирования объектов земельной инфраструктуры. С использованием таких технологий решаются следующие задачи:

- ✚ информационное обеспечение работ по страхованию и учёту имущества, землеустроительных и кадастровых работ;
- ✚ мониторинг полей и сельскохозяйственных угодий с повышенной экологической нагрузкой
- ✚ создание различных картографических материалов для изучения объектов земельного хозяйства

В лаборатории точного земледелия Мичуринского государственного аграрного университета мне удалось познакомиться с **квадрокоптером DJI Inspire 1 2.0 с подвесом Zenmuse X3 с камерой** (приложение 1)

Как же это работает? Работа квадрокоптера в режиме локального мониторинга проходит следующим образом. По сигналу наземной навигационной инерциальной интегрированной системы на монитор портативного компьютера выводится карта местности исследования и координаты транспортного средства или оператора. При помощи клавиатуры программируется траектория полёта, скорость полёта, высота и конечная точка маршрута. После набора нужной высоты, квадрокоптер начинает движение по траектории, передавая координаты своего движения и видеоизображение в реальном времени.

На дисплей портативного компьютера выводятся карта исследуемой местности, координаты видеоизображения, видеоизображение участка поверхности и конечная точка маршрута. В ходе полёта квадрокоптер может зависать над указанной точкой, менять скорость полёта и высоту зависания.

Посадка происходит в автоматическом режиме. При дополнительном оснащении дрона аккумуляторами или введении в сторй второго дрона появляется возможность осуществления длительного или непрерывного патрулирования района.

В качестве дополнительного оснащения так же могут служить приборы для широкопрофильного исследования окружающей среды, а точнее для сбора различной информации (химической, биологической или радиолокационной)

Какие результаты можно получить с помощью спутников и дронов? (рис.1)

	 СПУТНИК (10м - 250м)	 СПУТНИК (60 см - 1.5м)	 ДРОН
Реальная площадь поля, его рельеф	✗	✗	✓
Состояние поля, наличие луж, солончаков, подтоплений, заболачиваний	✗	✓	✓
Площадь выполненных технологических операций	✗	✗	✓
Качество выполненных операций	✗	✗	✓
Состояние и динамика вегетации на основании индекса NDVI	✓	✓	✓
Наличие сорняков на поле	✗	✗	✓

Рисунок 1. Возможный результаты исследований с/х угодий с помощью спутников и дронов

Применение квадрокоптеров сильно упрощает сбор необходимой информации о состоянии посевов. В отличие от спутника, дроны более мобильный инструмент, с большей детализацией данных. За счёт того, что высота полета квадрокоптера обычно находится в рамках от 100 до 300 метров над поверхностью земли, возможно получить снимки с разрешением в сантиметрах на пиксель. Квадрокоптеры позволяют собирать огромное количество информации в кратчайшие сроки. В среднем один экипаж способен за день обработать до 2 500 гектар (прил.2)

Как это происходит на практике? (рис.2)

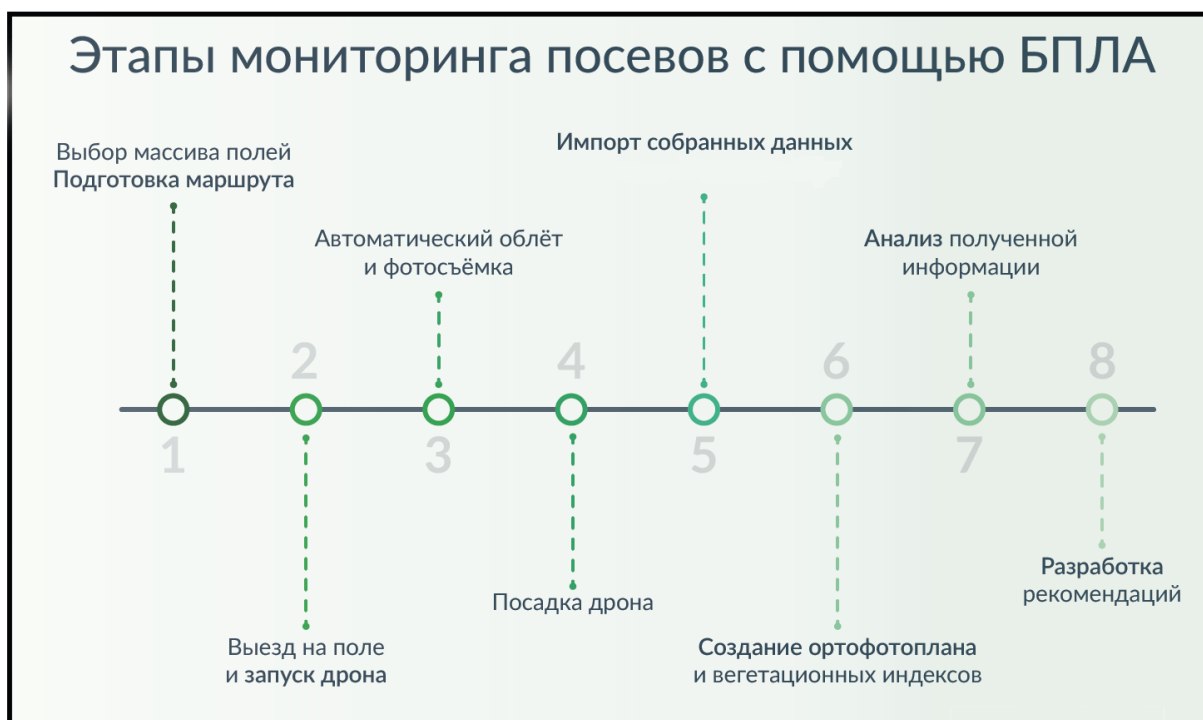


Рисунок 2. Этапы мониторинга посевов с помощью БПЛА

Особенность дронов – возможность использования спектральных камер (рис.3), которые позволяют получать фотографии в ближнем инфракрасном спектре. На основании таких снимков происходит расчет NDVI индексов. Обычные камеры также можно применять для этих целей после проведения некоторых модификаций или дополнительной обработки данных.

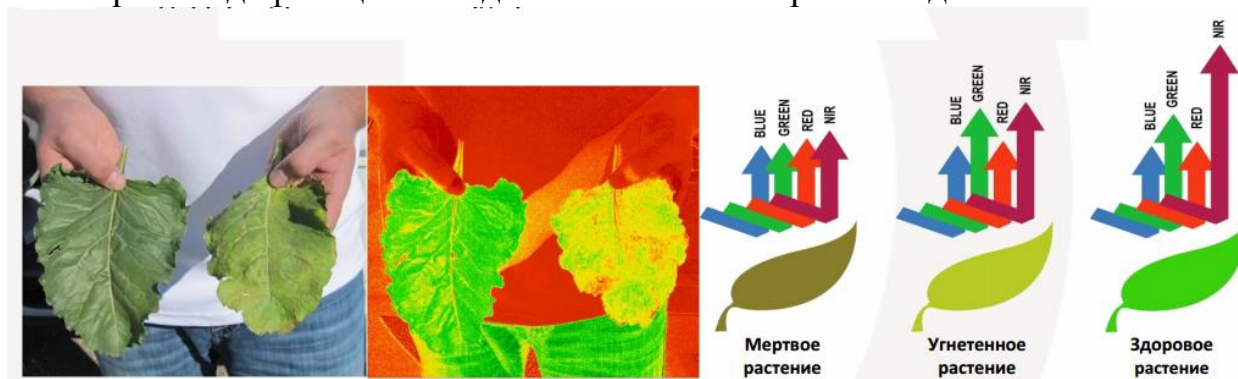


Рис. 3. Результат использования спектральных камер

Рису

**NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) индекс – «Нормализованный Относительный Индекс Растительности»** считается наиболее популярным в растениеводстве. Основываясь на данных об активности биомассы, индекс применяется при оценке состояния посевов в конкретный момент времени или в динамике.

Зеленые растения в процессе фотосинтеза поглощают основную часть видимого светового спектра и отражают волны ближнего инфракрасного.

NDVI индекс рассчитывается как разница значений красного и ближнего инфракрасного спектра, разделенная на их сумму.



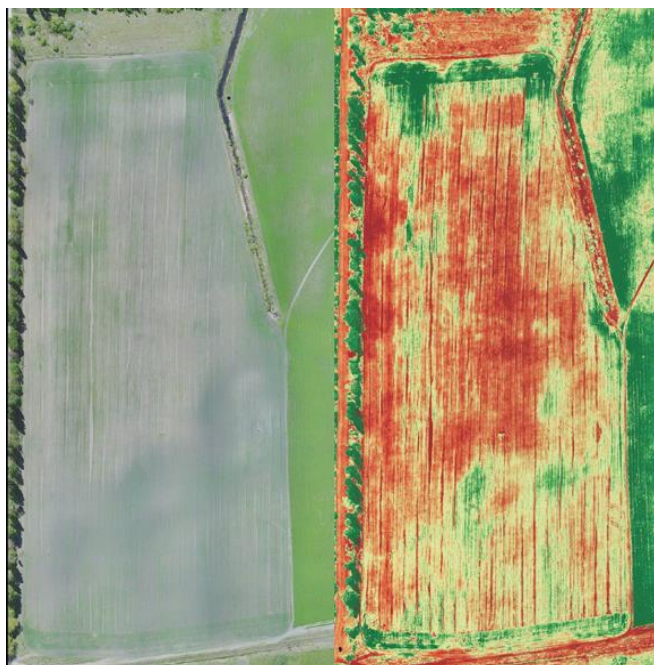
$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

где, NIR — инфракрасный канал, RED — красный канал.

В результате значения NDVI меняются в диапазоне от – 1 до 1. Для зеленой растительности, которая обладает большой отражательной способностью в ближней инфракрасной области спектра и хорошо поглощает излучение в красном диапазоне, значения NDVI не могут быть меньше 0. Причинами отрицательных значений в основном являются облачность, водоемы и снежный покров.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В видимой области спектра (0,4-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр.

Характеризуя плотность растительности, NDVI указывает на те участки поля, которые нуждаются в пересеве, внесении СЗР и удобрений (прил.2).



На исследуемом участке мы видим *слева* снимок поля с дрона, а *справа* – это же поле после построения NDVI индекса состояния всходов ярового ячменя. Красные зоны – с угнетенной растительностью. Зеленые – здоровые растения. Сверху и снизу по краям поля – пересевы (рис.4).

Рисунок 4. Снимок поля с дрона

## Заключение

Таким образом, выявленные при помощи вегетационного индекса (NDVI), полученного с помощью квадрокоптера, качественные критерии нарушенности растительных сообществ в результате антропогенного воздействия дадут возможность агрономам принимать наиболее верные в долгосрочной перспективе решения, направленные на повышение урожайности естественных сообществ.

Кроме того, по данным многочисленных научных публикаций, по индексу NDVI с высокой точностью можно прогнозировать урожайность посевов. Вегетационный индекс NDVI изменяется весь сезон и его значения различны во время роста, цветения и созревания растений. В начале вегетационного сезона индекс нарастает, в момент цветения его рост останавливается, затем по мере созревания, NDVI снижается. В зависимости от почвенного плодородия, метеоусловий и технологии возделывания посевов скорость развития биомассы будет разной. Поэтому по среднему значению NDVI на поле легко сравнивать состояние посевов во время вегетации: на одних полях посевы развиваются быстрее (лучше), на других – медленнее (хуже).

Наиболее точный прогноз урожайности посевов по индексу NDVI можно дать в момент прохождения пика значения NDVI. Например, для посевов озимой пшеницы при возделывании по интенсивной технологии, значение NDVI во время пика достигает 0,80–0,88 (по данным Центра точного земледелия РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева). Пик NDVI обычно приходится на момент начала фазы колошения. Зная потенциальную урожайность сорта, агрономы ГК «РУСАГРО» могут прогнозировать, что при таком значении NDVI урожайность будет максимальной для данного сорта. Если в фазу колошения NDVI достигает значения всего 0,60–0,65, то это значит, что урожайность будет ниже максимальной на 25–30 %. Ведь NDVI связан с зеленой биомассой растений, а урожайность – это некая (известная для каждой культуры) процентная часть биомассы.

Анализируя изученный материал, можно отметить такие сильные и слабые стороны квадрокоптеров, используемых в сельском хозяйстве:

### **Плюсы:**

- ✓ высокая мобильность и оперативность проведения съемки;
- ✓ точность от 2 сантиметров;
- ✓ возможность съемки в условиях облачности;
- ✓ высокая производительность.

### **Минусы:**

- ✓ влияние погодных условий на качество проведения съемки;
- ✓ наличие «no fly zone» возле аэропортов, военных и других режимных объектов;
- ✓ стоимость покупки дрона.

## Источники информации:

1. <https://robo-sapiens.ru/stati/selskohozyaystvennyie-dronyi/>
2. <https://dronomania.ru/professionalnye/drony-dlya-kontrolya-selskohozyajstvennyx-ugodij-i-polej.html>
3. <https://smartfarming.ua/ru-blog/monitoring-sostoyaniya-posevov-v-techenie-sezona>
4. [http://agrosite.org/publ/programmnoe\\_obespechenie/ndvi\\_index/8-1-0-30](http://agrosite.org/publ/programmnoe_obespechenie/ndvi_index/8-1-0-30)
5. Лаборатория точного земледелия Мичуринского государственного аграрного университета



Приложение 1.

