

**РЕЗЮМЕ**  
**ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ НАУЧНОГО ПРОЕКТА**  
**«Применение БПЛА и сенсоров для проведения мониторинга посевов при**  
**использовании технологии прямого посева»**

**Актуальность выполнения научно-исследовательской работы** обусловлена тем фактом, что в современных условиях поиска путей достижения продовольственной безопасности РФ за счет ведения сельскохозяйственного производства возникает необходимость увеличения производства сельскохозяйственной продукции путем научно-обоснованной интенсификации агротехнологий, внедрения достижений научно-технического прогресса. НИОКР направлена на решение проблемы повышения урожайности в засушливых местностях, а также на полях, расположенных на склонах. В настоящее время широко используются дистанционные и наземные методы для обследования посевов по их спектральной отражательной способности.

Дистанционная оценка состояния растительности обычно проводится с применением вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который рассчитывается на основе сопоставления отражения растительности в диапазонах красного и инфракрасного излучения. Значение NDVI зависит от густоты растительности, фазы ее развития, площади листовой поверхности, обводненности тканей во время съёмки и других факт

Цель выполнения научно-исследовательской работы: решение задач по вовлечению полученных и обработанных данных от беспилотных летательных систем в технологию прямого посева No-Till для повышения эффективности технологии и увеличения полученного урожая в условиях пониженной влажности почвы.

Исследования проводились в течение вегетационного периода с сентября 2019 по август 2020 года на посевах озимой пшеницы, которые были заложены на опытном поле ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН».

Первый участок располагался на склоне южной экспозиции, второй на плакоре. Делянки с традиционной обработкой и прямого посева располагались на посевах озимой пшеницы в полевом опыте. При возделывании озимой пшеницы сравниваются два способа обработки почвы – традиционная классическая обработка и ресурсосберегающая нулевая обработка (прямой посев).

Измерение NDVI посевов проводили в период всходов (третий лист), колошение и молочная спелость. Для сопоставления результатов наземной и дистанционной аэрофотосъёмки проводились одновременные наземные обследования. При наземных отборах определялись площадь флагового листа и второго листа, на основании полученных данных рассчитывалась площадь ассимиляционной поверхности посевов озимой пшеницы.

Работы по облёту территории проводились с помощью беспилотных летательных аппаратов серии ГеоСкан – Геоскан 201 и Геоскан 401. Для дальнейшего создания карт NDVI, к БПЛА устанавливают ИК-фотоаппарат

для мультиспектральной съемки на базе Sony Alpha A5000(NIR). Данные полученные в результате аэрофотосъемки представляют собой комплект материалов, которые включают в себя данные вегетационных индексов, формата .awp, что упрощает задачу их визуализации и дальнейшего анализа.

Визуализация этих данных заключается в построении модели NDVI в программном обеспечении «SputnikAgro» компании GeoScan.

Совместные обследования дистанционным и наземным методами (3 раза за сезон) позволили сравнить оценку NDVI по результатам аэрофотосъемки и результатами площади листовой поверхности листьев озимой пшеницы.

В формировании урожайности озимой пшеницы важную роль играет размер фотосинтетического аппарата. Динамика ассимиляционной поверхности посевов на исследуемых участках показывает, что в период всходов, когда формировался третий лист количество осадков было достаточным для формирования растений. В этот период площадь составляла на участке № 2 с традиционной обработкой  $0,35 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , на варианте с прямым посевом  $0,53 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Разница между показателями была существенной. На участке 1 с традиционной обработкой и на участке с прямым посевом разница показателей листовой поверхности была незначительной.

Наиболее тесная связь отмечена между показателем ассимиляционной поверхности посевов озимой пшеницы с индексом NDVI на участке № 2, который расположен на плакоре. Коэффициент корреляции составлял 0,84 и 0,82. Значимые различия между вариантами с традиционной обработкой и прямым посевом обнаружены в период всходов. На делянках, где применен прямой посев ассимиляционная поверхность посевов была выше, чем по традиционной обработке. Это можно объяснить тем, что количество влаги на этом варианте было больше, что позволило сформировать значительные размеры листьев.

На склоне коэффициент корреляции показывает среднюю степень связи между ассимиляционной поверхностью листа и индексом NDVI, коэффициент корреляции составляет 0,54 и 0,57.

В период колошения наблюдается прирост ассимиляционной поверхности посевов на всех вариантах. На участке 2 с традиционной обработкой площадь ассимиляционной поверхности листьев была ниже ( $4,39 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ), чем по варианту с прямым посевом ( $5,49 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ). В условиях склона между вариантами с традиционным посевом и прямым посевом существенной разницы не обнаружено. Достоверно ниже показатель ассимиляционной поверхности листьев была на участке склона с традиционной обработкой. Коэффициент корреляции между поверхностью листьев и индексом NDVI на вариантах на плакоре показывает среднюю степень связи.

В период молочной спелости ассимиляционная поверхность листьев возрастает и достигает на изученных вариантах от  $6,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$  до  $5,12 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Существенной разницы между вариантами на участке № 1 с традиционной обработкой и прямым посевом, а также на участке № 2 не обнаружено. Отмечается, что в условиях плакора показатель индекса NDVI и

ассимиляционной поверхностью имеют тесную связь, на склоне – среднюю степень связи .

Мониторинг посевов, проведенный с помощью БПЛА позволил составить карты вегетации исследуемых участков по трем срокам: всходы, колошение и молочная спелость.

В период всходов на склоне индекс NDVI варьировал от 0,3 до 0,5 единиц. На варианте по традиционной вспашке и варианте по прямому посеву разница не наблюдается, что подтверждается картой вегетации полей. В период колошения, наблюдается заметное нарастание зеленой окраски, индекс NDVI варьировал от 0,65 до 0,60 единиц. Площадь листовой поверхности нарастает до 5,75 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> и 5,95 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Разницы между вариантами не отмечалось. В период молочной спелости на исследуемом участке № 1 с традиционной обработкой и прямым посевом индекс NDVI снижался и составлял 0,40 – 0,45.

На плакоре на карте вегетации озимой пшеницы в период всходов выделяется заметное отставание развития растений на варианте с традиционной обработкой. Однако к периоду колошения площадь листьев увеличивается и индекс NDVI возрастает до 0,70 - 0,75 единиц. В период молочной спелости на участке № 2 индекс NDVI снижался и составлял 0,50 – 0,55 единиц.

На участке № 2 наблюдается тесная корреляционная связь индекса NDVI в фазу колошения и площади ассимиляционной поверхности посевов как на вариантах с традиционной обработкой, так и на вариантах по прямому посеву. Соответственно полученная урожайность озимой пшеницы на этом участке после уборки подтверждает эту тесную связь. На варианте с применением прямого посева отмечается увеличение урожайности озимой пшеницы на 0,23 т/га, индекс NDVI составлял 0,75 единиц. При урожайности 6,23 т/га индекс NDVI составил 0,70 единиц.

На участке № 1 урожайность озимой пшеницы на варианте с применением традиционной обработки составляла 5,52 т/га при индексе NDVI в фазу колошения – 0,60 единиц, при использовании прямого посева урожайность немного превышала предыдущее значение на 0,12 т/га значение индекса NDVI составляет 0,65 единиц.

Таким образом, в период всходов на плакоре наблюдается значимое увеличение показателей ассимиляционной поверхности листьев озимой пшеницы на варианте с применением технологии прямого посева No-Till. На склоне разница между показателями была несущественной. В течение вегетации культуры отмечается увеличение ассимиляционной поверхности листьев и увеличение индекса NDVI, независимо от вида обработки.

### **Список подготовленных и опубликованных научных работ**

1. Михайленко И.И., Смирнова Л.Г., Дорохин К.В., Гринева А.В. Экологическое земледелие – основа возделывания сортов озимой пшеницы // Актуальные проблемы

функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Белгород, 2020. С.619-623.

2. Михайленко И.И., Смирнова Л.Г., Евдокименкова М.И. Особенности пространственно-временной динамики запасов продуктивной влаги в эрозионных ландшафтах // Инновационно-технологические основы развития адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Международной научно-практ. конф. Курск, 2020. С.347-349.

3. Михайленко И.И., Смирнова Л.Г. Влияние фактора мезорельефа на содержание подвижных форм калия в черноземе типичном // Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири: материалы Междунар. научно-практ. конф. Омск, 2020. С.87-92.

4. Смирнова Л.Г., Михайленко И.И., Евдокименкова М.И. Адаптивный потенциал сортов озимой пшеницы Корочанка и Везелка в условиях склона // Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях: материалы Междунар. научно-практ. конф. Грозный, 2020. С. 66-69.

5. Смирнова Л.Г., Михайленко И.И., Смирнов Г.В., Кувшинова А.А. Особенности профильного и пространственного распределения нитратного азота в почвах эрозионных ландшафтов // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т.34. №5. С. 13-17.

## Глоссарий

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

**Ассимиляционная поверхность листьев** – площадь всех фотосинтезирующих органов растений.

**Цифровой ортофотоплан** - это фотографический план местности на точной геодезической опоре, полученный путём аэрофотосъёмки. Это цифровое трансформированное изображение местности (объекта), созданное по перекрывающимся исходным фотоснимкам.

**No-Till** – это технология, которая позволяет сеять семена растений без использования вспашки, культивации и т.д. Прорезая остатки прошлых культур, специальная сеялка кладет семена в почву и укрывает его землей.

**Мультиспектральная съемка** - осуществляется с помощью мультиспектральной камеры. При такой съемке формируются одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения. Различные комбинации этих изображений позволяют выявить процессы и явления, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом спектре.