

## УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФБГНУ «Агрофизический  
научно-исследовательский институт»  
академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор

Якушев В.П.

«09» декабря 2016

## ОТЗЫВ

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Агрофизический научно-исследовательский институт» - на диссертационную работу Сторчак Ирины Геннадьевны «Прогноз урожайности озимой пшеницы с использованием вегетационного индекса NDVI для условий Ставропольского края», представленную на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

**Актуальность диссертационной работы.** Оптимизация сельскохозяйственного производства и его адаптация к неблагоприятным климатическим условиям требует применения современных методов мониторинга посевов и прогноза урожайности сельскохозяйственных культур. Для этой цели все более широкое применение находят методы дистанционного зондирования, т.е. получения информации о посевах на расстоянии, без контакта датчиков или сенсоров с поверхностью растительного покрова. В настоящее время техническое обеспечение дистанционного зондирования позволяет выполнять мониторинг посевов с высоким пространственным и спектральным разрешением. Однако методы и алгоритмы дешифрования дистанционно полученных данных о состоянии агрофитоценозов и их применение при управлении сельскохозяйственным производством и прогнозировании урожайности не соответствуют возможностям уже существующих приборно-аппаратных средств измерения. Диссертационная работа Сторчак И.Г., посвященная изучению зависимости между величиной дистанционно измеряемого вегетационного индекса (NDVI) от



морфофизиологических характеристик растений озимой пшеницы, определяющих продуктивность производственных посевов, способствует совершенствованию методов дистанционного обследования полей и точности прогноза урожайности, что является весьма актуальным.

**Научная новизна результатов исследований.** Автором диссертации для дистанционной оценки физиологического состояния посевов озимой пшеницы и прогноза их урожайности в условиях Ставропольского края **предложен** новый показатель, названный вегетационный фотосинтетический потенциал, в расчетную формулу которого входят вегетационный индекс (NDVI) и рассчитываемый на каждую дату измерений коэффициент поверхностной плотности посева. Установлено, что между величиной предложенного показателя и урожайностью сортов озимой пшеницы, выращиваемых на территории Ставропольского края, существует тесная корреляционная связь.

**Показано**, что корреляционная связь между урожаем зерна и средней величиной NDVI, дистанционно измеренного в весенне-летний период, становится более тесной, если проводить расчеты с учетом особенностей почвенно-климатических зон Ставропольского края, в которых произрастали изучаемые сорта озимой пшеницы.

**Значимость для науки и практики полученных результатов.** Научная значимость работы заключается в развитии теории мониторинга агрофитоценозов. Результаты диссертационной работы расширяют представления о связи урожайности и характеристик фотосинтетического аппарата (содержание хлорофилла, индекс листовой поверхности, поверхностный и хлорофилловый фотосинтетические потенциалы) сортов озимой пшеницы с вегетационным индексом (NDVI), обеспечивая возможность совершенствования методов дешифрования и интерпретации данных дистанционного зондирования и их применения в практике сельского хозяйства.

Разработанный показатель (вегетационный фотосинтетический потенциал), тесно коррелирующий с площадью ассимилирующей поверхности,

продолжительностью функционирования фотосинтетического аппарата и урожаем зерна, может быть использован для оценки физиологического состояния посевов озимой пшеницы и прогноза ее урожайности в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края. Для увеличения точности прогноза урожайности рекомендуется использовать среднее или максимальное значение NDVI за весенне-летний период. Максимальный NDVI позволяет дать наиболее точный и ранний прогноз урожайности.

**Достоверность полученных результатов** обусловлена использованием методов, соответствующих цели и задачам диссертационной работы, большим и разносторонним объемом экспериментальных данных, обеспечивается исследованием связей между показателями роста и продуктивности, включая NDVI, у различных сортов озимой пшеницы, в отличающиеся температурой и влажностью вегетационные сезоны, на полях, расположенных в различных агроклиматических зонах и характеризующихся различными агрохимическими характеристиками.

**Рекомендации по использованию результатов диссертации.** Результаты и выводы диссертации могут быть использованы в хозяйствах Ставропольского края разной формы собственности, а также научно-исследовательскими учреждениями сельскохозяйственной направленности и образовательных учреждениях соответствующего профиля.

**Оценка содержания диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, предложений по практическому использованию результатов исследований, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 160 страницах печатного текста, включает 25 таблиц и 37 рисунков. Список использованной литературы состоит из 146 источников, в том числе 34 на иностранных языках. По материалам диссертации опубликовано 12 научных работ. Из них 4 в изданиях, рекомендованных ВАК. Результаты исследования изложены четко и ясно, хорошо иллюстрированы и обсуждены. Автореферат достаточно полно освещает все разделы работы.

Совокупность опубликованных трудов полностью освещает все положения диссертации.

**К достоинствам диссертационной работы следует отнести** детальный анализ большого объема экспериментальных данных, полученных как при дистанционном зондировании, так и традиционными методами при наземном обследовании посевов. В работе содержится информация о динамике изменения морфофизиологических характеристик посева (индекс листовой поверхности, содержание хлорофилла, урожай зерна) и вегетационного индекса (NDVI) оцененного по результатам обследования территории Ставропольского края. Работа актуальна, обладает новизной и имеет значение для практики ведения сельскохозяйственного производства.

#### **Общие замечания.**

1. Не всегда корректно цитируются литературные источники. Например, на стр. 14 диссертации приводится фраза: «Ведущая роль в формировании, как общего урожая растений, так и хозяйственно ценной его части, принадлежит фотосинтезу» и дается две ссылки на работы итальянских авторов 2003 и 2008 годов. Разве до 2003 или 2008 года ничего не было известно о роли фотосинтеза в формировании урожая? Такие высказывания вообще не требуют цитирования.

2. На стр. 51 автор диссертации пишет «Для определения возможности использования данных дистанционного зондирования Земли с пространственным разрешением 250 метров, которые предоставляет сервис «БЕГА» ИКИ РАН, мы проанализировали значения вегетационных индексов NDVI всего поля ( $S_0$ ), а так же уменьшенных по периметру на 100 ( $S_{100}$ ) и 200 ( $S_{200}$ ) метров его частей. Такими действиями мы добиваемся механического увеличения пространственного разрешения спутниковых данных до 150 и 50 метров». Пространственное разрешение - величина, характеризующая размер наименьших объектов, различимых на изображении. Нельзя увеличить пространственное разрешение участка поля, отрезав его от поля, снимок которого сделан с низким пространственным разрешением.

3. На основании данных рис. 11 на стр. 54 делается вывод: «...что пики кривой NDVI практически полностью совпадают с температурными колебаниями». Вряд ли можно сказать, что они почти полностью совпадают. Можно, по-видимому, говорить об одинаковой направленности изменений этих показателей.

4. При обсуждении результатов исследования автором делаются противоречивые выводы. Например, на стр. 85, подводя итог обсуждению данных, иллюстрирующих связь между содержанием хлорофилла и NDVI, автор пишет: «Анализ коэффициентов корреляции между хлорофилловыми показателями растений озимой пшеницы и вегетационными индексами их посевов по этапам органогенеза за годы исследования позволяет сделать вывод о том, что взаимосвязь между этими характеристиками если и проявляется, то в начальный период роста и развития, но значительно в меньшей степени, чем в случае с площадью ассимиляционной поверхности и NDVI». Далее на стр. 100 делается противоположное заключение: «Результаты наших исследований показали тесную взаимосвязь между количеством хлорофилла в растениях озимой пшеницы и NDVI их посевов». По-видимому, нужно согласиться с первым утверждением, которое подтверждается результатами, полученными автором диссертации. Кроме того, в мировой литературе имеются работы, авторы которых пришли к такому же мнению, и в большинстве случаев NDVI не используют для оценки содержания хлорофилла в растительном покрове.

5. Значительная часть диссертационной работы посвящена изучению связи между NDVI и показателями, характеризующими фотосинтетический аппарат и урожайность. Автор диссертации рассчитывает коэффициенты корреляции и детерминации между изучаемыми показателями, а также приводит регрессионные модели, описывающие линейную связь между ними. Однако для оценки достоверности существования корреляционных зависимостей между признаками этого недостаточно. Необходим статистический анализ, позволяющий оценить точность уравнений регрессии и достоверность связи между изучаемыми характеристиками. Например, на рис.

21 на стр. 87 диссертации представлены регрессионные модели зависимости NDVI посевов от количества хлорофилла в органах растений озимой пшеницы в разные вегетационные сезоны. Видно, что  $R^2$  в 2012, 2013 и 2014 годы равен 0.96, 0.71 и 0.79 соответственно. Однако достоверно значимой является лишь модель 2012 года ( $p=0.02$ ). Связь между NDVI и содержанием хлорофилла в 2013 ( $p=0,17$ ) и 2014 ( $p=0.13$ ) году недостоверна, что может объясняться влиянием факторов не включенных в модель. Такими факторами может быть, например, разная обеспеченность растений азотом на опытных полях или существенно отличающиеся по содержанию хлорофилла сорта озимой пшеницы, выращиваемые на разных полях.

Если бы автор диссертации определила достоверность рассматриваемых регрессионных моделей, то обнаружила бы, что разработанный индекс (вегетационный фотосинтетический потенциал) находится в очень тесной и достоверной корреляционной связи с величиной урожая зерна во все годы проведения экспериментов ( $p=0.026$  в 2012 году,  $p=0.002$  в 2013 году и  $p=0.004$  в 2014 году). Для поверхностного фотосинтетического потенциала (ПФСП) такая связь достоверна только в 2014 году, а хлорофиллового потенциала – в 2013 году ( $p=0.002$ ).

6. На стр. 105 автор пишет «... полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что данные дистанционного зондирования Земли можно использовать как объективный показатель состояния посевов озимой пшеницы при анализе характеристик, полученных в рамках проведения почвенно-растительной диагностики минерального питания для разработки рекомендаций по применению азотных подкормок (формы, сроки и дозы)». Как на основе полученных при дистанционном зондировании данных, даже используя наиболее тесно связанный с урожайностью зерна разработанный показатель (вегетационный фотосинтетический потенциал) определить форму и дозу азотной подкормки?

Несмотря на имеющиеся замечания, в целом диссертационная работа может быть оценена положительно. Она актуальна, обладает новизной и

содержит информацию, позволяющую понять возможности и ограничения для применения NDVI – одного из наиболее широко используемых в сельском хозяйстве оптических критериев.

**Заключение.** Диссертационная работа Сторчак Ирины Геннадьевны представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему и соответствует критериям и требованиям ВАК РФ. Её содержание и структура соответствуют пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 №842. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют значение для российской науки и практики, развития научно-методических основ дистанционной диагностики состояния посевов и прогноза урожайности, решения задач оптимизации производства озимой пшеницы в условиях Ставропольского края и соответствует ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 - общее земледелие, растениеводство.

Отзыв составлен главным научным сотрудником, доктором биологических наук, исполняющей обязанности руководителя лаборатории экологической физиологии и биофизики растений ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» Канаш Еленой Всеволодовной.

Гл.н. сотр., доктор биол.н.

ФГБНУ АФИ

Е.В. Канаш

Отзыв обсужден и утвержден на расширенном заседании отдела светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем ФГБНУ АФИ (протокол № 9 от 9 декабря 2016 г).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Агрофизический научно-исследовательский институт", 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14 . Тел: +7 (812) 534-13-24, факс: +7 (812) 534-19-00, e-mail: office@agrophys.ru

Подпись Е.В. Канаш заверяю

Уч. секретарь ФГБНУ АФИ, к.т.н.



И.В. Тарасенкова