

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ
ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА****Логинов Н.А., Сабирзянов А.М.**

Реферат. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) для сельского хозяйства – это отличный планировщик и контролер множественных этапов сельскохозяйственных операций. БПЛА справляются с мониторингом и оценкой качества земель и прогнозирования будущей урожайности, а также контролем состояния посевов, обработки их быстрее и с минимумом затрат – на лицо экономическая выгода задействования аппаратов для крупных агропромышленных холдингов и индивидуальных фермеров. Основой проведения такого рода работ по определению индекса NDVI является отражение агроценозами солнечной радиации, что связано с количеством хлорофилла в фитомассе растений. Между этими двумя факторами существует тесная корреляционная зависимость – чем больше фитомасса, тем выше отражение солнечной радиации. В статье приведены некоторые результаты исследований по обработке аэрофотоснимков, полученных с БПЛА Геоскан 201 Агро. По итогам анализа аэрофотоснимков предлагается методика балльной оценки состояния посевов озимых культур в ранневесенний период с рекомендациями дальнейшего реагирования для сохранения будущего урожая на каждом поле.

Ключевые слова: аэрофотоснимки, управление посевами, озимая пшеница, мультиспектральные данные, балльная оценка, состояние посевов, беспилотный летательный аппарат.

Введение. Одной из причин получения низких урожаев озимых культур является неполное представление о состоянии посевов ранней весной после перезимовки, особенно на полях крупных агрохолдингов республики, а также упущение оптимальных сроков обработки посевов против многочисленных вредителей и химической прополки сорных растений из-за отсутствия своевременной информации.

Воздушная съемка, или точнее говоря, плановая аэрофотосъемка осуществляется с помощью БПЛА с камерой, которая снимает в видимом и тепловом диапазоне.

Материалы авиасъемки могут помочь как для решения комплексных задач управления сельскохозяйственными территориями, так и в узкоспециализированных направлениях [1]. Для растениеводческой отрасли АПК это очень важно в ранневесенний период, когда невозможно попасть в любую точку поля из-за таких причин, как труднодоступность, большие территории, нехватка времени (идет посевная кампания) и т.д. В такой момент в помощь приходит БПЛА, но многие затрудняются правильно, оперативно обработать полученные снимки, чтобы не упустить сроков принятия последующих мер сохранения будущего урожая.

Для получения оперативной информации, необходимой для констатации текущей ситуации, ее оценки и прогнозирования, экономически выгодно использовать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), оснащенные камерой высокого разрешения со спектрометром. Полученные аэрофотоснимки необходимо обработать в программе «Спутник Агро», поскольку она предназначена для визуализации

данных о состоянии сельскохозяйственных культур.

«Спутник Агро» применяется для просмотра мультиспектральных данных с БПЛА, обработанных в Agisoft Photoscan. Конвертирует инфракрасные кадры с мультиспектрального фотоаппарата. Визуализирует и анализирует ортофотопланы с данными индекса NDVI. Также строит карты уклонов, рельефа и водосток в максимально простой и высокопроизводительной геоинформационной системе для точного сельского хозяйства.

Актуальные и точные данные о площади обработки по каждому полю – фундаментальная основа современного сельского хозяйства. Точность информации о площади поля напрямую влияет на точность расчета затрат на его обработку. Инвентаризация земель с помощью БПЛА гораздо точнее и производительнее распространенных в настоящее время методов объезда поля по контуру или обрисовки по спутниковым данным. Технологии Геоскан позволяют точно определять границы и площади полей, определять реальное использование земель и тип растительного покрова.

В качестве примера возможного использования данных фотоснимков по угодьям можно привести исследования всходов озимой пшеницы, проведенные на полях Альметьевского муниципального района Республики Татарстан. Координаты территории Альметьевского района 54°55' северной широты и 52°07' восточной долготы. В физико-географическом отношении такое положение определяет значительную суровость и континентальность климата, что оказывает влияние на все компоненты природы.

Альметьевский муниципальный район яв-

ляется одним из самых экономически крепких и динамично развивающихся районов нашей республики. В связи с этим у него есть возможность перехода на высокотехнологические приемы возделывания сельскохозяйственных культур, включая использование дистанционного зондирования посевов для мониторинга вредителей и сорных растений.

Условия, материалы и методы исследований.

Методика исследований по определению состояния растительности по индексу NDVI. Основой проведения такого рода работ по определению индекса NDVI является отражение агроценозами солнечной радиации, что связано с количеством хлорофилла в фитомассе растений. Между этими двумя факторами существует тесная корреляционная зависимость – чем больше фитомасса, тем выше отражение солнечной радиации.

С другой стороны, растения не только отражают, но и поглощают солнечную радиацию. Поэтому для оценки состояния посевов применяется вегетационный индекс NDVI, который рассчитывается по формуле:

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

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра;

RED – отражение в красной области спектра.

При помощи данного индекса можно определить пораженность растений вредителями (резкая изреженность травостоя) и засоренность посевов. Для сравнения отметим, что для открытой почвы значение индекса снижается до 0,025 (табл. 1).

Прогнозирование урожайности является более сложным процессом, поскольку необходимо иметь среднюю величину (год – аналог), относительно которой сравнивается продуктивность изучаемой культуры конкретного года. Различная степень поглощения и отражения световой энергии и ИК-спектра позволяет одновременно определить несколько важных

показателей, определяющих реальное состояние растений [2, 3, 4, 5]. В зависимости от технической (оптической) оснащенности спутников можно определить до 160 различных вегетационных индексов. Однако практическое применение нашли 27 вегетационных индексов, основными из которых являются индексы первой группы, помимо NDVI, определяемые по степени поглощения и отражения широких полос света в ближней инфракрасной области спектра [6, 7].

Анализ и обсуждение результатов исследований. В ходе исследования основной задачей было определение состояния озимых культур после перезимовки по данным дистанционного зондирования, при помощи беспилотного летательного аппарата Геоскан 201 Агро. Данный беспилотный летательный аппарат позволяет получать снимки земельных массивов, в т.ч. сельскохозяйственных угодий. Это в свою очередь дает возможность получения объективной информации состоянии посевов (рисунок 1, табл. 2).

Разработанная балльная методика мониторинга состояния озимых культур после перезимовки по данным ДЗЗ (дистанционное зондирование земли) с БПЛА.

Оценка состояния посевов озимых культур в весенний период (после перезимовки) прово-



Рисунок 1 – БПЛА Геоскан 201 Агро

Таблица 1 – Значение индекса NDVI в зависимости от состояния посевов

Тип объекта	Отражение в красной области спектра, мкм	Отражение в инфракрасной области спектра, мкм	Значение NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Оптимальная густота	0,1	0,4	0,6

Таблица 2 – Технические характеристики БПЛА Геоскан 201 Агро

Характеристики	Показатели
Назначение	для задач сельского хозяйства
Масса пустого аппарата, кг	7
Макс. взлетная масса, кг	8,5
Тип двигателя, мощность, Вт	электрический, бесколлекторный
Время полета, мин	180

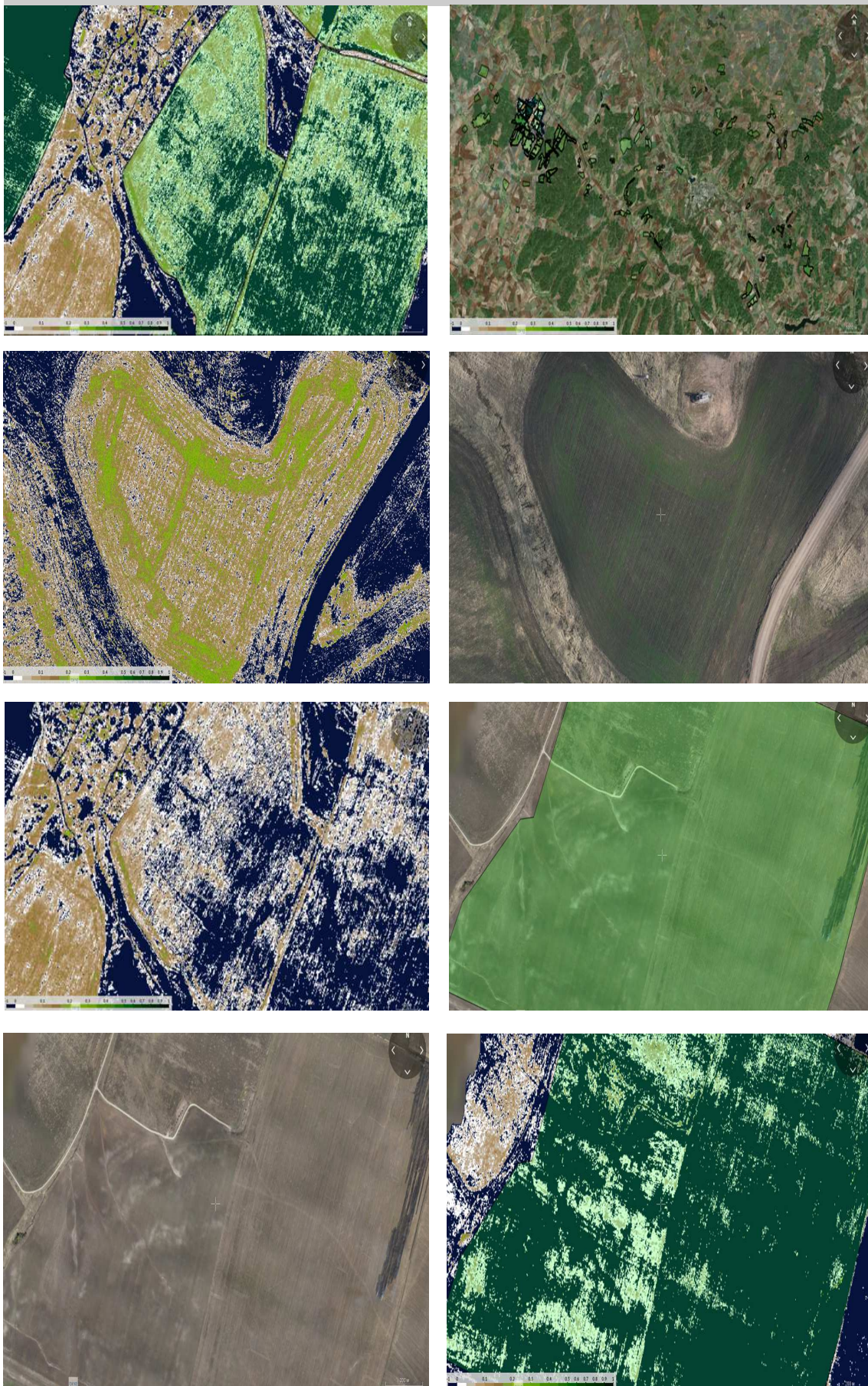


Рисунок 2 – Снимки обследуемых участков в программе Sputnik Agro

дилась по предварительно разработанной методике грубой оценки состояния полей по ортофотоплану и спектральному анализу территорий.

При обработке спектральных снимков в разных диапазонах, а также ортофотопланов каждого участка выявились особенности участков, по которым определили орографическое состояние полей, покрытие растительностью, а также вид растительности. Это дало нам возможность разработать свою балльную методику состояния посевов озимых культур по полученным данным с БПЛА. Данная методика является удобной для представления общего состояния посевных площадей после перезимовки озимых культур.

Сначала оценивается по ортофотоплану общий вид поля, его параметры, засорен ли участок, изрежены ли посевы. Для этого необходимо параллельно работать с данными NDVI.

При этом обособленно оцениваются все показатели по 5-бальной шкале. Например, где нет всходов или не посеяно совсем – 0 баллов, а где посевы в хорошем состоянии, но есть огрехи или есть небольшие островки с изреженностью то 3,5 или 4 балла. Засоренность оценивается по NDVI – сплошное отражение растениями, рядков не видно.

Диапазоны NDVI для грубой оценки:

Темно-синий – нет растительности.

Коричневый – мелкая растительность, в основном всходы – рядками или мелкие сорняки сплошное отражение коричневым цветом.

Зеленый – крупная растительность (деревья, кусты) или сильная сплошная засоренность.

На некоторых участках поля можно определить причину изреженности посевов. Островки на низинных участках (по ортофотоплану) – выпревание, вымокание, удушение, т.е. плохая перезимовка.

Балльная оценка состояния посевов на полях после всходов:

0 баллов. Поле с осени не засеяно, или засеяно, но нет всходов. Нет рядков в подложке NDVI. Рекомендация – пересев яровыми.

1 балл. Поле засеяно, но почти не видно

всходов, рядков местами (островками) трудно разглядеть (общая площадь сохранившихся посевов – не более 30%), при этом они сильно изрежены (оценивается по NDVI). Засоренность – очень высокая (более 50%). Рекомендация – пересев яровыми.

2 балла. Поле засеяно, рядков видно, но не густые (общая площадь сохранившихся посевов 30-50%), при этом они изрежены (оценивается по NDVI). Засоренность – высокая (более 40%). Рекомендация – подсев ячменя, подкормка с высокой нормой внесения азотных удобрений, внесение стимулятора роста, гербицидная обработка посевов.

3 балла. Поле засеяно, рядков хорошо видно (общая площадь сохранившихся посевов 50-75%), при этом они на некоторых частях поля изрежены (оценивается по NDVI). Имеются огрехи при посеве. Засоренность – средняя (20-40%). Рекомендация – подсев определенных участков поля (ячмень, 120 кг/га), подкормка с высокой нормой внесения азотных удобрений, внесение стимулятора роста и гербицидная обработка.

4 балла. Посевы хорошие, но наблюдается изреженность. Сохранность посевов 75-85%. Есть некоторые огрехи при посеве. Засоренность не более 20%. Рекомендация – подкормка азотными удобрениями и гербицидная обработка.

5 баллов. Отличные посевы. Рядков четко видно, нет изреженности, засоренности, огрехов. Рекомендация – подкормка аммиачной селитрой из расчета 100 кг/га в физическом весе.

Выводы. По полученным результатам подготовлены аэрофотоснимки состояния посевов озимых культур Альметьевского муниципального района по хозяйствам. Проведена оценка по ортофотоплану, выявлены участки с плохой всхожестью посевов, а также эрозионно-опасные участки. Всем руководителям и специалистам сельхозформирований района была представлена информация о текущем состоянии посевов озимой пшеницы на каждом участке, а также даны рекомендации о сохранении будущего урожая этих культур, где посевы погибли и сильно изрежены – рекомендации по пересеву яровыми зерновыми культурами.

Литература

1. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года № 1292-р от 30.06.2010 г. (<http://www.mcx.ru/navigation/page/show/320.htm>)
2. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // GEOMATICS. – №3. – 2009. – С. 28-32.
3. Данные дистанционного зондирования со спутника LANDSAT-7 (<http://www.sovzond.ru/satellites/436/441.html>)
4. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // GEOMATICS. – №2, 2011. – С. 98-102.
5. Вегетационные индексы (<http://gis-lab.info/qa/vi.html>).
6. Савин И.Ю., Барталев С.А., Лупян Е.А., Толпин В.А., Хвостиков С.А. Прогнозирование урожайности

сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных: возможности и перспективы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, – 2010. – Т.7. – №3. – С. 275-285.

7. NDVI – теория и практика (<http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>).

8. Толпин В.А., Барталев С.А., Матвеев А.М., Лупян Е.А. Возможности анализа архивов спутниковых данных для выбора годов - аналогов в системе дистанционного мониторинга сельскохозяйственных земель агропромышленного комплекса (СДМЗ АПК) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2009. – Выпуск 6. – Т. II. – С. 560-571).

Сведения об авторах:

Логинов Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: loginov_2311@mail.ru

Сабирзянов Алмаз Мансурович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: sabiralmaz@mail.ru
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF OPERATIONAL EVALUATION OF THE WINTER CROPS CONDITION IN THE EARLY CURRENT PERIOD WITH THE APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Loginov N.A., Sabirzyanov A.M.

Abstract. An unmanned aerial vehicle (UAV) for agriculture is an excellent planner and controller for multiple stages of agricultural operations. UAVs cope with monitoring and assessing the quality of land and forecasting future yields, as well as monitoring the condition of crops, processing them faster and with a minimum of costs - the economic benefit of using machines for large agro-industrial holding companies and individual farmers is on the face. The basis for this kind of work to determine the NDVI index is the reflection of solar radiation by agrocenoses, which is related to the amount of chlorophyll in the plant's phytomass. There is a close correlation between these two factors - the larger the phytomass, the higher the reflection of solar radiation.

The article presents some of the results of research on the processing of aerial photographs obtained with UAV Geoscan 201 Agro. According to the results of the analysis of aerial photographs, a method of scoring the state of winter crops in the early spring period is proposed with recommendations for further response to preserve the future harvest in each field.

Key words: aerial photographs, crop management, winter wheat, multispectral data, scoring, crop condition, unmanned aerial vehicle.

References

1. *Kontseptsiya razvitiya gosudarstvennogo monitoringa zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya i zemel, ispolzuemykh ili predostavlennykh dlya vedeniya selskogo khozyaystva v sostave zemel inykh kategoriy, i formirovaniya gosudarstvennykh informatsionnykh resursov ob etikh zemlyakh na period do 2020 goda № 1292-r ot 30.06.2010g.* (The concept of development of state monitoring of agricultural lands and lands used for or provided for agriculture as part of lands of other categories, and the formation of state information resources about these lands for the period up to 2020 №1292-r dated June 30, 2010). Available at: <http://www.mcx.ru/navigation/page/show/320.htm>

2. Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. Spectral properties of vegetation and vegetation indices. [Spektralnye svoystva rastitelnosti i vegetatsionnye indeksy]. // *GEOMATICS*, №3, 2009. – P. 28-32.

3. *Dannye distantsionnogo zondirovaniya so sputnika LANDSAT-7.* (Remote sensing data from the LANDSAT-7 satellite). Available at: <http://www.sovzond.ru/satellites/436/441.html>

4. Cherepanov A.S. Vegetation indices. [Vegetatsionnye indeksy]. // *GEOMATICS*, №2, 2011. – P. 98-102.

5. *Vegetatsionnye indeksy.* [Vegetation indices]. Available at: <http://gis-lab.info/qa/vi.html>.

6. Savin I.Yu., Bartalev S.A., Lupyan E.A., Tolpin V.A., Khvostikov S.A. *Prognozirovaniye urozhaynosti selskokhozyaystvennykh kultur na osnove sputnikovyykh dannykh: vozmozhnosti i perspektivy.* // *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* (Prediction of crop yields based on satellite data: opportunities and prospects. // Modern problems of remote sensing of the Earth from space). 2010. Vol.7. №3. – P. 275-285.

7. *NDVI – teoriya i praktika.* (NDVI - Theory and Practice). Available at: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>.

8. Tolpin V.A., Bartalev S.A., Matveev A.M., Lupyan E.A. *Vozmozhnosti analiza arkhivov sputnikovyykh dannykh dlya vybora godov - analogov v sisteme distantsionnogo monitoringa selskokhozyaystvennykh zemel agropromyshlennogo kompleksa (SDMZ APK).* // *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* (Possibilities of analyzing satellite data archives for the selection of years - analogues in the system of remote monitoring of agricultural lands of the agro-industrial complex (SDMZ APK). // Modern problems of remote sensing of the Earth from space). 2009. Issue 6. Vol. II. – P. 560-571.

Authors:

Loginov Nikolay Aleksandrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: loginov_2311@mail.ru

Sabirzyanov Almaz Mansurovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: sabiralmaz@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan