

землепользования. К пятому поясу охранной зоны относятся промышленные объекты, которые не нарушают определенного режима землепользования.

Развитие территорий национальных природных парков и их охранных зон происходит посредством строительства и реконструкции объектов, необходимых для обеспечения деятельности парка, инженерного обустройства и благоустройства территории, развития транспортной сети, системы связи, бытового обслуживания населения [10].

Для дальнейшего развития территории в пределах охранной зоны НПП «Дерманско-Острожский» первоочередными мероприятиями являются уменьшение негативного влияния сельского хозяйства на природные комплексы. Рекомендуется соблюдать целевое назначение земель, уменьшить использование пестицидов и других вредных веществ, которые могут нанести вред окружающей среде.

Кроме того, целесообразно осуществлять традиционный выпас скота регламентированно, на определенных участках. В связи с этим, необходимо планировать и проводить постоянные обследования заповедных природных участков с целью оценки состояния природной растительности и выявления негативных изменений природных комплексов.

Промышленные объекты не имеют негативного влияния на территорию парка, но на перспективу развитие промышленности в районе влияния национального природного парка целесообразно осуществлять в направлении восстановления и расширения народных промыслов и производства экологически чистой органической сельскохозяйственной продукции и туризма.

Регулирование землепользования в пределах охранных зон объектов природно-заповедного фонда путем регламентации видов хозяйственной деятельности с разработки правил использования земель и комплекса охранных мероприятий будет способствовать сохранению биологического и ландшафтного разнообразия объектов природно-заповедного фонда, устойчивому развитию прилегающих территорий и восстановлению экосистем региона.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Материалы кадастра территорий природно-заповедного фонда. / Министерство экологии и природных ресурсов Украины // Департамент заповедного дела. – 2014.

2. Горлачук, В.В. Управление земельными ресурсами / В.Г. Вьюн, И.М. Песчанская [та др.]; под общ. ред. В.В. Горлачука. – Изд. 2-е. – Львов: Магнолия плюс, 2006. – 443 с.
3. Третьяк, В. Понятие и сущность природоохранного землепользования в условиях новых земельных отношений / В. Третьяк, Ю. Лобунык // Землеустроительный вестник: научно-произв. журнал. – 2015. – № 3. – С. 29–33.
4. Сай, В. Особенности функционального зонирования земель природно-заповедных территорий / В. Сай, Ю. Хавар // Современные достижения геодезической науки и производства. – 2013. – Выпуск 1 (25). – С. 145–149.
5. Земельный кодекс Украины: 25 окт. 2001 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14/page5>. – Дата доступа: 15.02.2016.
6. О природно-заповедном фонде: закон Украины, 16 июн. 1992 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon5.rada.gov.ua/2456-12>. – Дата доступа: 10.02.2016.
7. Об охране окружающей природной среды: закон Украины, 25 июня 1991 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>. – Дата доступа: 10.02.2016.
8. ДБН 2.4.-1-94 «Планирование и застройка сельских поселений». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://promom.com.ua/b-2/b-2-4/2157-dbn-b-2-4-1-94-planuvanna-i-zabudova-silskih-poselen>. – Дата доступа: 10.02.2016.
9. О создании национального природного парка «Дерманско-Острожский»: указ Президента Украины, 11 дек. 2009 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1039/2009>. – Дата доступа: 10.02.2016.
10. Проект организации территории национального природного парка, охраны, воссоздания и рекреационного использования его природных комплексов и объектов: приказ Министерства охраны окружающей природной среды, 6 июля 2005 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0831-05>. – Дата доступа: 01.02.2016.
11. Публичная кадастровая карта Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.map.land.gov.ua/kadastrova-karta>. – Дата доступа: 15.02.2016.

Материал поступил в редакцию 02.03.2016

#### BUKHALSKA T.V., PANASUIK I.V. The logistics land management of environmental measures of National park Dermansko-Ostrozkyi protection zone

The article considers the features of the establishing of National park Dermansko-Ostrozkyi protection zone. The organization and land-use planning of the protection zone territory are proposed to realize via the determination of the special land use rules.

УДК. 62-529:631.8.022.3

Лысенко В.Ф., Опрышко А.А., Комарчук Д.С., Пасичник Н.А.

### ОПЕРАТИВНОЕ ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ПОСЕВОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЯ

**Введение.** В условиях глобальных рынков критерием оптимальности растениеводства является не максимальный урожай или качество продукции, а максимальная рентабельность производства, которая определяется соотношением ожидаемых цен на готовую продукцию и расходов на её получение. Максимальная экономическая эффективность достигается путем программирования урожая, одним из средств которого является рациональное использование минеральных удобрений, исходя из потребности в них посевов. Традиционные методы определения состояния посевов включают в себя наземные исследования, использования химических реагентов или различных тестеров и не приспособлены для массового применения при принятии оперативных решений для каждого участка поля.

Разработка и внедрение системы мониторинга состояния посевов с

использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является актуальной научно-технической проблемой, решение которой позволит получать оперативную информацию о состоянии посевов, как предпосылку для максимальной экономической эффективности хозяйств.

**Объектом исследования** является состояние посевов, которое оценивается исходя из спектральных характеристик растений, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов и наземных исследований.

**Предметом исследования** есть зависимость между спектральными характеристиками растений и уровнем обеспечения их элементами питания.

Лысенко В.Ф., Опрышко А.А., Комарчук Д.С., Пасичник Н.А., Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Украина, 03041, г. Киев, ул. Героев Оборонь, 15.

**Состояния вопроса.** Использование дистанционных методов диагностики питания растений пока не получило широкого распространения, что обусловлено их новизной и недостаточной изученностью в конкретных почвенно-климатических условиях и на конкретных культурах. В мире сейчас применяют бесконтактные датчики, такие как Greenseeker (Trimble Agriculture – США), CropSpec (Topcon Positioning Systems – Япония), N-sensor (Yara International – Норвегия), которые размещаются непосредственно на мобильном оборудовании и, исходя из цвета растений, определяют потребность и дозу удобрений [1, 2, 3]. Принцип действия датчиков базируется на способности хлорофилла растений отражать световые волны в ближнем инфракрасном диапазоне и поглощать в инфракрасном диапазоне (индекс NDVI). Более широкий частотный диапазон (400–800 нм) используется в датчиках Holland Scientific Crop Circle ACS-470 (США), что позволяет получать более полную информацию (индексы NDVI, NDRE) [3, 4, 5]. Но во всех этих датчиках используется дополнительное освещение образцов, что ограничивает возможность его использования на базе БПЛАов класса микро (масса до 10 кг, время полета – до часа), наиболее приемлемых для мелких и средних сельхозпроизводителей. Кроме того, данное оборудование не предназначено для предварительной оценки состояния посевов на разных стадиях роста, что необходимо при программировании урожая.

В работе Kang Yu, V.L.Wiedemann, X.Chen, G.Bareth [6] рассматривались различные спектры растений на разных стадиях роста, при разном положении листа по отношению к сенсорам, и определялись составляющие именно растений, а не грунта. Исследования, проведенные в лабораторных условиях, позволили получить спектральные портреты растений, но при использовании этих методик в полевых условиях необходимо учитывать случайный характер освещения и возможность выпадения конденсата.

В полевых условиях мониторинг посевов по азотному питанию, исходя из их спектральных характеристик, проводился YAO Xin-feng [7], но и в этом случае расстояние между посевами и сенсором было незначительным, и возможность использования методики для БПЛАа не рассматривалась.

Проведены исследования [8], в которых дистанционно с борта БПЛАа изучались спектры растений, но целью работы было выявление загрязнений поля химическими веществами, для чего использовался лазер для подсветки образцов, что энергетически сложно реализуемо для подсветки поля площадью от 10 Га. Солоха М. О. [9] описал опыт использования БПЛА для мониторинга посевов без использования дополнительного освещения, но целью его исследований было определение степени созревания и сортимент растений, т. е. условия питания растений не рассматривались. Аналогичная работа проводилась J. Gago [10], но изучалось состояние увлажнения растений и устанавливалось количество биомассы, а не потребность в элементах питания.

Индексы NDVI также получали при помощи аэро- и космической фотосъемки [11, 12, 13], но в этих исследованиях рассматривали усредненное значение, обусловленное разрешающей способностью сенсора, достаточное для прогнозирования урожая, но недостаточное для дифференциальной подкормки. В этих исследованиях предприняты попытки нивелировать влияние состава атмосферы на точность полученных результатов, выведены соответствующие коэффициенты.

Анализ литературных источников показывает, что для обеспечения листовой диагностики с расстояния более 2 м необходимо при каждом измерении учитывать степень освещенности по всему диагностируемому спектру. В наземных исследованиях это легко реализовывалось применением оптических шаблонов [14, 15, 16], на фоне которых проводилось исследование, что методологически трудно реализуемо на больших площадях. В работах [17, 18] освещение образца при исследованиях учитывали путем коррекции времени экспозиции с учетом метаданных файла изображения, но во всех случаях использовалось дополнительное освещение (вспышка фотоаппарата). Стандартное фотооборудование БПЛА может не комплектоваться вспышкой, следовательно, необходимо провести

дополнительные исследования, посвященные изучению спектральных характеристик растений при возможных режимах съемки.

**Материалы и методика исследования.** Для получения калибровочных эталонов зависимости спектров растения от количества внесенного питания были заложены экспериментальные посеы в вариантах, отличающихся дозой азотных удобрений. В качестве исследуемой культуры взяли кукурузу. Вегетационный опыт был заложен согласно методике [19] в фитотроне с автоматизированным управлением, находящемся на кафедре автоматики и робототехнических систем им. акад. И.И. Мартыненко Национального университета биоресурсов и природопользования Украины.

Сосуды для посева брали цилиндрической формы диаметром 25 см и высотой 25 см. В субстрат с низким содержанием органики и питательных веществ внесли разные дозы азота в виде минерального удобрения (аммиачной селитры). Для равномерности внесения удобрения растворяли в воде, после чего тщательно размешивали с субстратом. Поскольку на цвет растений влияет и спектральный состав освещения во время их роста [20], освещение обеспечивали при помощи специальных светодиодных лент, разработанных специально для тепличных хозяйств.

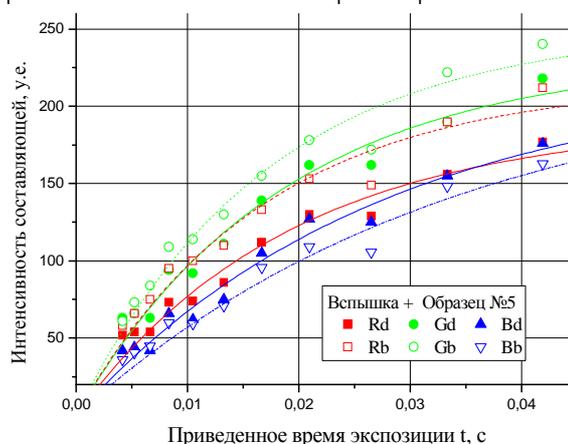
В первой серии опытов исследовались зависимости между временем экспозиции и интенсивностью составляющих RGB при наличии встроенной вспышки. Исследование обуславливалось тем, что использование вспышки может быть целесообразным при работе в темное время суток, а некоторые модели БПЛАов штатно оснащаются этим оборудованием. Для съемки использовали цифровой фотоаппарат Canon A460. Дополнительное внешнее освещение осуществлялось комбинированно лампами дневного света и лампами накаливания. Отдельно рассматривались группы растений, расположенных ближе (*b*) и дальше (*d*) от камеры в пределах единого кадра. Визуально в измерительной области находились абаксиальная и адаксиальная стороны листьев кукурузы. При исследованиях рассматривались верхние листья, поскольку именно они будут наиболее видны при съемках с летательного аппарата. Определялась зависимость интенсивности составляющих света от приведенной экспозиции:

$$t = t_e \times 2^k, \quad (1)$$

где  $t$  – приведенное время экспозиции;

$t_e$  и  $k$  – время и коррекция экспозиции, согласно метаданным снимка.

**Результаты исследований.** На рис. 1 представлены зависимости интенсивности составляющих RGB от приведенного времени экспозиции при использовании штатной вспышки фотоаппарата.



**Рисунок 1** – Зависимость интенсивности составляющей цвета от приведенной экспозиции

Характер аппроксимирующей зависимости выбирали исходя из граничных условий:  $I \in [0, 255]$ , при  $t = 0$  интенсивность составляющих

цвета равна нулю. Все зависимости были аппроксимированы математической зависимостью вида:

$$I^* = I \times (1 - e^{-t/m}), \quad (2)$$

где  $I^*$  – интенсивность составляющей цвета;

$I, m$  – коэффициенты;

$t$  – приведенное время экспозиции;  $t_e$  и  $k$  – время и коррекция экспозиции, согласно метаданным снимка.

Цифровая фотокамера БПЛА рассчитана на естественное освещение в безоблачную погоду и при наличии облаков, что определяется соответствующими режимами в настройках «баланс белого» и учитывается при формировании кадра. Этим двум режимам были посвящены дополнительные исследования, которые, как и при использовании вспышки, проводились в помещении со стабильным искусственным освещением. В ходе исследования рассматривались отдельно обе стороны листа растения (рис. 2).

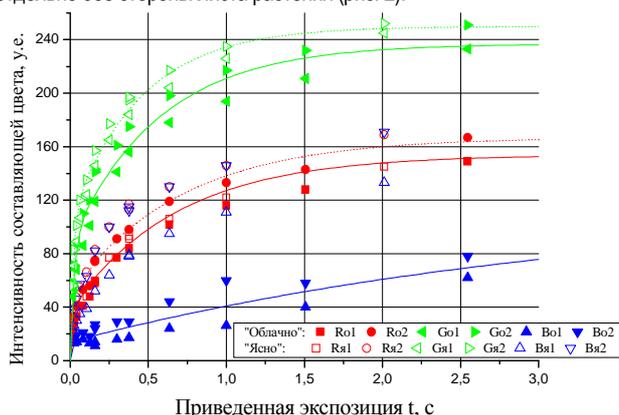


Рисунок 2 – Зависимость значений RGB от приведенного времени экспозиции

Аппроксимирующие зависимости для этих режимов съемки выводились исходя из среднearифметических значений интенсивности составляющих цвета для обеих сторон листа. Если при использовании вспышки при аппроксимации данных зависимостью 2 коэффициент детерминации превышал 0.97, то без вспышки для получения сходных значений коэффициента детерминации пришлось использовать более сложную зависимость (3):

$$I = I_1 \times (1 - e^{-t_1/m_1}) + I_2 \times (1 - e^{-t_2/m_2}). \quad (3)$$

Более сложная формула аппроксимации, очевидно, объясняется как особенностью алгоритмов пересчета черновых графических данных в формат JPEG, так и изменением базового времени экспозиции, определяемого фотоаппаратом, при проведении коррекции экспозиции, что не происходило при использовании вспышки.

На рисунке 3 представлено соотношение между отклонением среднего значения от расчетного по аппроксимирующей формуле для составляющих цвета листа и величины коррекции экспозиции.

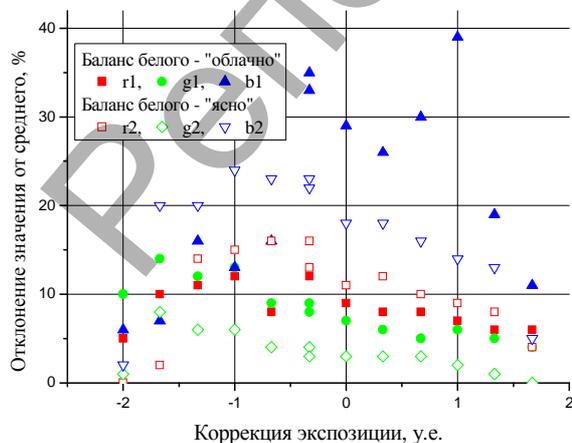


Рисунок 3 – Зависимость разницы в цвете сторон листка от значения коррекции экспозиции

Исходя из полученных результатов, минимальные отклонения наблюдаются для режима съемки «баланс белого-ясно» для красной и зеленой составляющих, соответственно именно эти каналы цвета и режим съемки наиболее приемлемы для полевых исследований с БПЛА.

На рисунке 4 представлены зависимости интенсивностей составляющих цвета от концентрации азота в биомассе кукурузы для фазы 5–6 листьев. Именно эта фаза роста и развития соответствует полному переходу растений на корневое питание и является эффективной для проведения подкормки.

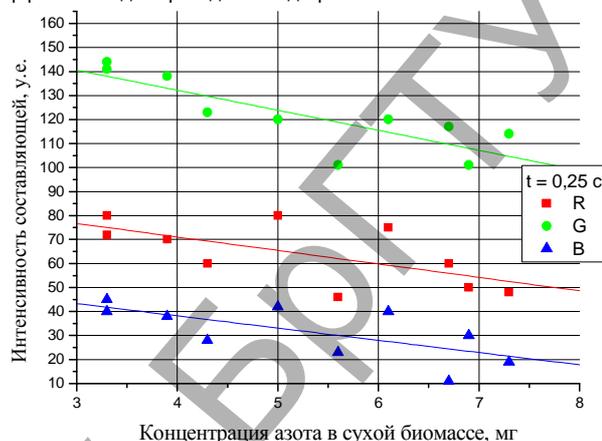


Рисунок 4 – Зависимость интенсивности составляющих цвета листа от количества N

Как видно из полученных данных, наиболее ярко зависимость наблюдается в зеленой и красной составляющих цвета. Большой разброс значений объясняется тем, что при исследованиях сторон листа значительный процент поверхности составляли жилки листа, имеющие более светлые оттенки. При съемках с дистанций в несколько десятков метров такое влияние на общий цветовой фон должно уменьшиться.

**Заключение.** Цифровой фотоаппарат может использоваться в полевых условиях для индикации уровня обеспечения растений кукурузы азотом, без дополнительного искусственного освещения.

Наиболее перспективными режимами съемки для фотоаппарата является значение «ясно» для параметра «баланс белого».

По предварительным данным, наиболее перспективными оптическими каналами для исследований в модели RGB являются зеленый и красный.

В вегетационном опыте в фитотроне целесообразно рассматривать не часть верхних листьев, а лист целиком.

Зависимость оптических показателей растений от обеспеченности их азотом на разных этапах развития требует продолжения и расширения исследований.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Yousofi, S. Comparative performance of remote sensing methods in assessing wheat performance under Mediterranean conditions / S. Yousofi, N. Kellas, L. Saidi, Z. Benlakehal, L. Chaou, D. Siad, F. Herda, M. Karrou, O. Vergara, A. Gracia, J. Arous, M. Dolores Serret // *Agricultural Water Management* – Vol. 164. – Part 1. – 31 January 2016. – P. 137–147.
2. Любченко, С. Азот потребує точності // *Пропозиція: укр. журн. з питань агробізнесу*. – 2013. – № 5. – С. 120–124.
3. Лекомцев, П.В. Оптимизация внесения азотных подкормок по оптическим характеристикам посевов яровой пшеницы / П.В. Лекомцев, Д.А. Матвеевко // *Изв. С.-Петербург. гос. аграр. ун-та*. – С.-П. – 2011. – N 24. – С. 62–67.
4. Матвеевко, Д.А. Оптимизация азотного питания яровой пшеницы по оптическим характеристикам посевов: материалы науч. сес. по итогам 2011 г. Агрофиз. ин-та. – С.-П., 2012. – С. 77–81.

5. Fei, Li Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices / Li Fei, Y. Miao, G.Feng, F. Yuan, S. Yue, X. Gao, Y. Liu, B. Liu, S. Ustin, X. Chen // *Field Crops Research*. – Vol. 157. – 15 February 2014. – P. 111–123.
6. Kang, Yu Estimating leaf chlorophyll of barley at different growth stages using spectral indices to reduce soil background and canopy structure effects / Yu Kang, V.L. Wiedemann, X. Chen, G. Bareth // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* – V. 97. – November 2014 – P. 58–77.
7. Xin-feng, Y. A New Method to Determine Central Wavelength and Optimal Bandwidth for Predicting Plant Nitrogen Uptake in Winter Wheat / Y. Xin-feng, Y. Xia, T.Yong-chao, N. Jun, L. Xiao-jun, C. Wei-xing, Z. Yan // *Journal of Integrative Agriculture* 2013. – Vol. 12(5) – P. 788–802.
8. Гніденко, В.В. Вимірювально-обчислювальна система на базі Авіаційного гіперспектрометра / В.В. Гніденко, М.В. Наливайчук, В.О. Яценко // *Наукові праці НУХТ* – № 48. – 2013. – С. 17–22.
9. Солоха, М.О. Динаміка спектральної яскравості посівів м'якої пшениці за даними аерофотозйомки // *Вісник ХНАУ*. – 2013. – № 2. – С. 57–62.
10. Gago, J UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture / J. Gago, C. Douthe, R.E. Coopman, P.P. Gallego, M. Ribas-Carbo, J. Flexas, J. Escalona, H. // *Agricultural Water Management*. – Volume 153. – 1 May 2015. – P. 9–19.
11. Визначення умісту гумусу в ґрунті неконтактними методами / С.Ю. Булигін, О.О. Опришко, Н.А. Гайбура, Д.І. Бідолах // *Вісник аграрної науки*. – 2005. – № 4. – С. 34–37.
12. Зинченко, В.Е. Использование космических съемок и наземных обследований для оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур / В.Е. Зинченко, О.И. Лохманова, В.И. Повх, В.П. Калиниченко // *Вестн. РАСХН* – N 1. – 2012. – С. 45–47.
13. Абрамов, Н.В. Управление продукционными процессами агробиоценозов с применением космических систем / Н.В. Абрамов, С.А. Семизоров // *Агропродовольственная политика России*. – 2012. – N 5. – С. 12–19.
14. Канаш, Е.В. Количественная оценка азотного статуса растений пшеницы по колометрическим характеристикам цифровых изображений посевов / Е.В. Канаш, П.В. Лекомцев, Д.В. Рушаков, Ю.А. Осипов // *Мат. всерос. науч. конференции «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве»*. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2015. – С. 123–127.
15. Цифровий дистанційний експрес-контроль вмісту гумусу в ґрунті: наукове видання / С.Ю. Булигін, С.П. Погурельський, О.О. Опришко // *Землеустрій і кадастр*. – 2007. – №1. – С. 23–27.
16. Удосконалена методика визначення вмісту гумусу в чорноземних ґрунтах на базі цифрової фотометрії: наукове видання / М.В. Андрішина, С.Ю. Булигін, О.О. Опришко // *Аграрна наука і освіта*. – 2007. – Т. 8. – № 5–6. – С. 80–84.
17. Методичні підходи для керування вибіркоким внесенням добрив / О.О. Опришко, І.М. Болбот, М.В. Андрішина, Н.А. Пасічник // *Аграрна наука і освіта*. – 2008. – Т. 9. – N 3. – С. 100–104.
18. Робототехнічний комплекс для культивування троянд / О.О. Опришко, Н.А. Пасічник, О.І. Бандурка // *Науковий вісник НУБІП*. – Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170(1). – С. 262–267.
19. Журбицкий, З. И. Теория и практика вегетационного метода. – М., 1968. – 260 с.
20. Белоусова, К.В. Влияние форм азотных удобрений на содержание пигментов при разных спектрах облучения растений в условиях фитотрона / К.В. Белоусова, М.О. Смирнов, В.В. Носиков, В.А. Литвинский, О.А. Щуклина // *Плодородие*. – 2012. – N 5. – С. 5–7.

Матеріал поступив в редакцію 01.08.2016

**LYSENKO V.F., OPRYSKHO A.A., KOMARCHUK D.S., PASICHNIK N.A. Expeditious remote sensing of crops as the tool for programming of the harvest**

Approaches to use of unmanned aerial vehicles in relation to programming of a harvest are considered. Perspective parameters of measurements by selection of the mode of shooting of plants of corn are determined by the digital camera.