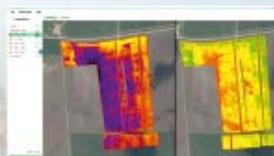


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ
АППАРАТАМИ**

Аналитический обзор



Москва 2020

Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство @ Переработка @ Агротексервис @ Агробизнес

ЖУРНАЛ

«ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» –

ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ, УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротексервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI.

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2020 г. с доставкой по Российской Федерации – 8712 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9936 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области (Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО);

ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486Х71280,

р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000.

В назначении платежа указать код КБК (000 0000 0000000 000 440),

ОКТМО 46758000.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60, Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».

Справки по телефонам: (495) 993-44-04, (496) 531-19-92;

E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Аналитический обзор



Москва 2020

УДК 528.8:633/635
ББК 32.97:40.7
Ц75

Рецензенты:

В.Л. Снежко, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Информационные технологии в АПК» (Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

И.В. Воронков, канд. техн. наук, начальник отдела отраслевых информационно-аналитических систем (АО «Геомир»)

Ц75 **Гольяпин В.Я., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Голубев И.Г., Балабанов В.И., Петухов Д.А. Цифровые технологии для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения беспилотными летательными аппаратами: аналит. обзор.** – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 88 с.

ISBN 978-5-7367-1575-6

Рассмотрено состояние земель сельскохозяйственного назначения и систем их мониторинга. Приведены описание, особенности конструкции, технические данные, программно-аппаратное оснащение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спектр задач, решаемых ими при дистанционном зондировании земли, а также геоинформационные системы для обработки и анализа пространственных данных аэрофотосъемок с БПЛА. Обобщены результаты исследований и опыт использования беспилотных летательных аппаратов для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Предназначен для специалистов агропромышленного комплекса, научных работников, преподавателей и студентов образовательных учреждений и лиц, принимающих управленческие решения по технической модернизации сельского хозяйства.

V. Ya. Golyapin, N.P. Mishurov, V.F. Fedorenko, I.G. Golubev, V.I. Balabanov, D.A. Petukhov. *Digital technologies for surveying the state of agricultural land by unmanned aerial vehicles: analytical survey* (Moscow: Rosinformagrotekh), 2020.

The state of agricultural lands and their monitoring systems are considered. The description, design features, technical data, software and hardware equipment of unmanned aerial vehicles and the range of tasks they solve during remote sensing of the earth, as well as geoinformation systems for processing and analyzing spatial data of aerial photography from UAVs are given. The results of research and experience of using unmanned aerial vehicles for monitoring agricultural lands are summarized.

ISBN 978-5-7367-1575-6

УДК 528.8:633/635

ББК 32.97:40.7

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2020

ВВЕДЕНИЕ

Земли сельскохозяйственного назначения являются стратегическим ресурсом, обеспечивающим продовольственную безопасность населения. Они выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат особой охране, направленной на сохранение их площади, предотвращение развития негативных почвенных процессов и повышение плодородия почв. Нерациональное и нецелевое использование сельскохозяйственных земель ведет к их деградации, которая заключается в утрате плодородия, зарастании, засорении и появлении иных негативных последствий, отрицательно влияющих на возможность получения сельскохозяйственной продукции. От рационального использования земельных ресурсов зависит функционирование всех отраслей сельского хозяйства и экономики в целом, поэтому важнейшей задачей государственного управления земельными ресурсами является организация мониторинга земель.

Минсельхозом России разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» со сроком реализации 2019-2024 гг., основной целью которого является внедрение цифровых технологий и платформенных решений, обеспечивающих технологический прорыв в АПК и достижение роста производительности труда на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 г. В рамках данного проекта запланировано формирование общей системы учета сельскохозяйственных земель. С ее помощью можно отследить, какая часть земель в действительности используется, а какая – пустует [1].

В настоящее время основным информационным ресурсом цифрового землеустройства является Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения [2]. Эта система обеспечивает Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, подведомственные организации и сельхозтоваропроизводителей оперативной, актуальной и достоверной информацией о землях сельскохозяйственного назначения, включая информацию о

местоположении, состоянии и фактическом использовании каждого земельного участка по регионам России, сельскохозяйственной культуре и состоянию сельскохозяйственной растительности в реальном времени.

Одним из источников, обеспечивающим оперативное получение объективной информации о землях сельскохозяйственного назначения, являются данные дистанционного зондирования Земли, которое осуществляется спутниками со съемочной аппаратурой высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, способствующей получению пространственной информации с высокой детальностью отображения местности. Однако для формирования современной, эффективной системы управления земельными ресурсами этой информации не всегда достаточно. Поэтому для обеспечения полноценного мониторинга земель, отвечающего современным требованиям сбора, анализа, хранения и использования информации, необходимо, наряду с традиционными методами применять новые системы наблюдения, основанные в том числе на использовании беспилотных летательных аппаратов. Как показывают исследования, аэрофотосъемка с использованием БПЛА является качественным и экономичным способом получения оперативных данных в виде цифровых снимков высокого разрешения при оптимальных затратах.

В издании приведены описание, особенности конструкции, технические данные, программно-аппаратное оснащение беспилотных летательных аппаратов и спектр задач, решаемых ими при дистанционном зондировании земли, а также геоинформационные системы для обработки и анализа пространственных данных аэрофотосъемок с БПЛА. Обобщены результаты исследований и опыт использования беспилотных летательных аппаратов для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.



1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ИХ УЧЕТ И МОНИТОРИНГ

По данным Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (далее – Росреестр), на 1 января 2019 г. земли сельскохозяйственного назначения занимали 382,5 млн га, что составляет 22,3% площади земельного фонда Российской Федерации (1712,5 млн га) [2]. В соответствии со ст. 77 Земельного кодекса Российской Федерации землями сельскохозяйственного назначения признаются земли, находящиеся за границами населенных пунктов и предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей. Земли данной категории выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат особой охране, направленной на сохранение их площади, предотвращение развития негативных почвенных процессов и повышение плодородия почв. В составе земель сельскохозяйственного назначения выделяют:

- ▶ сельскохозяйственные угодья – пашни, сенокосы, пастбища, залежи, земли, занятые многолетними насаждениями;
- ▶ несельскохозяйственные угодья – земли, занятые коммуникациями, внутрихозяйственными дорогами, лесными насаждениями, предназначенными для обеспечения защиты земель от воздействия негативных природных, антропогенных и техногенных явлений, водными объектами, а также зданиями, строениями, сооружениями, используемыми для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции.

Общая площадь сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения составляет 197,7 млн га (рис. 1), в том числе общая площадь пашни – 116,24 млн (58,8%), сенокосов – 18,72 млн (9,5%), пастбищ – 57,20 млн (28,9%), залежей – 4,31 млн (2,2%), многолетних насаждений – 1,23 млн га (0,6%). Площадь несельскохозяйственных угодий в структуре земель сельскохозяйственного назначения – 184,8 млн га.



Рис. 1. Структура сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения

Контроль использования и выполнения мероприятий по сохранению и воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения осуществляет Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (далее – Россельхознадзор) и ее территориальные органы. В 2018 г. по результатам контрольно-надзорных мероприятий территориальными управлениями Россельхознадзора выявлено 713,6 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, зарастающих сорной, древесной и кустарниковой растительностью. Однако эти сведения характеризуют лишь небольшую часть земель сельскохозяйственного назначения и не позволяют получить полной картины распространения неиспользуемых земель на территории Российской Федерации. В целом по стране по состоянию на 1 января 2019 г. по информации, предоставленной субъектами Российской Федерации, площадь неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения составляет 43,98 млн га, или 11,38% общей площади земель сельскохозяйственного назначения. В силу этого особенно важными становятся задачи выявления и инвентаризации неисполь-

зуемых земельных участков на землях сельскохозяйственного назначения.

В Российской Федерации согласно порядку осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, утвержденному приказом Минсельхоза России от 24 декабря 2015 г. № 664, государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения осуществляется подведомственными Минсельхозу России федеральными государственными бюджетными учреждениями, центрами и станциями агрохимической службы.

В рамках мониторинга состояния земель проводится учет показателей состояния плодородия в соответствии с порядком государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, утвержденным приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 4 мая 2010 г. № 150. К этим показателям относится содержание органического вещества (гумуса) в почве, фосфора и калия, а также кислотность почв.

Анализ в 2018 г. результатов мониторинга гумуса в почве, основного показателя, определяющего почвенное плодородие, показывает, что в обследованных 99,7 млн га преобладают слабогумусированные почвы площадью 37,0 млн га (37,1%). Почвы, в которых содержание гумуса меньше минимального, составляют 25,0 млн га (25,1%), на среднегумусированные почвы приходится 26,2 млн (26,3%), а площадь сильногумусированных почв не превышает 11,4 млн га (11,4%).

Итоги мониторинга пахотных угодий по кислотности почв показали, что по состоянию на 1 января 2019 г. в Российской Федерации из обследованных 100,3 млн га пашни кислые почвы занимают 35,1 млн га (35,0%). Почвы с наиболее благоприятным уровнем реакции среды, близким к нейтральному (рН 5,6-6,0), распространены на площади 19,0 млн га (18,9% общей обследованной площади). Почвы, характеризующиеся нейтральной реакцией (рН 6,1-7,5), занимают 30,2 млн га (30,1%), почвы с рН выше 7,5 определены на площади 16,0 млн га (16,0%).

Результаты мониторинга по показателям фосфатного режима почв показывают, что из 100,3 млн га обследованной пашни 21,9 млн га

(21,8%) занимают почвы с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора, 37,4 млн (37,2%) – со средним, 21,1 млн (21,0%) – с повышенным, 12,3 млн (12,3%), – с высоким и 7,7 млн га (7,6%) – с очень высоким.

Результаты мониторинга калийного режима пахотных почв показали, что из 98,9 млн га обследованной пашни наибольшую площадь занимают почвы с повышенным содержанием обменного калия – 27,4 млн га (27,7%). Почвы пашни с очень низкой, низкой и средней обеспеченностью подвижным калием занимают 1,1 млн га (1,1%), 7,5 млн (7,6%) и 17,7 млн га (17,9%) соответственно. На 26,5 млн га (28,1%) площади пашни распространены почвы, характеризующиеся высокой обеспеченностью подвижным калием, а на 18,7 млн га (18,9%) – с очень высокой обеспеченностью подвижным калием.

Одним из основных источников потерь ресурсов плодородия почвы и урожая, ухудшения окружающей среды остаются ветровая и водная эрозия, засоление и переувлажнение почв. Эрозия является наиболее масштабным и вредоносным видом деградации почв. Это связано с ее широким распространением, глубиной и необратимостью изменений почвенного покрова.

По результатам проведенных в 2018 г. обследований, на землях сельскохозяйственных угодий подверженные ветровой эрозии почвы выявлены на площади 1252,79 тыс. га, что составляет 9,1% общей обследованной площади, а распространение водной эрозии проявилось на площади 2048,08 тыс. га – 14,8% общей площади.

Деградация почв в результате засоления – процесс избыточного накопления в почвах водорастворимых солей в количествах, вредных для растений. По результатам проведенных обследований почвы, подверженные засолению, выявлены на площади 241,53 тыс. га, что составляет 1,7% общей обследованной площади сельскохозяйственных угодий. Почвы сельскохозяйственных угодий, подверженные переувлажнению, – на площади 722,51 тыс. га – 5,2% общей обследованной площади.

Развитие и распространение негативных процессов на землях сельскохозяйственных угодий Российской Федерации остаются од-

ним из главных источников потерь ресурсного потенциала почвенного плодородия и снижения урожайности сельскохозяйственных культур.

Своевременное выявление и предупреждение распространения и развития негативных процессов, а также принятие эффективных управленческих решений по рациональному наращиванию сельскохозяйственного производства на землях сельскохозяйственных угодий зависят в первую очередь от наличия актуальных и достоверных данных о качественном состоянии земель и происходящих в них изменениях. Постоянный контроль состояния почв земель сельскохозяйственных угодий через систему агропочвенного мониторинга становится все более необходимым с возрастанием антропогенных нагрузок на почвы.

Для обеспечения деятельности Минсельхоза России и подведомственных ему учреждений, сельхозтоваропроизводителей и других пользователей актуальной и достоверной информацией о местоположении земель сельскохозяйственного назначения, состоянии и фактическом их использовании, а также состоянии сельскохозяйственной растительности в 2018 г. введена в эксплуатацию Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (ЕФИС ЗСН). Техническое сопровождение ЕФИС ЗСН возложено на Департамент развития и управления государственными информационными ресурсами Минсельхоза России. Ведение информационного ресурса ЕФИС ЗСН осуществляет ФГБУ «Аналитический центр Минсельхоза России».

Задачами ЕФИС ЗСН являются: получение, хранение, обработка, анализ актуальных и достоверных сведений о землях сельскохозяйственного назначения; учет земель сельскохозяйственного назначения по видам сельскохозяйственных угодий; систематическое наблюдение за состоянием и использованием земель сельскохозяйственного назначения, показателями плодородия почв, развитием и распространением процессов их деградации, состоянием растительного покрова на сельскохозяйственных угодьях; визуализация результатов госу-

дарственного мониторинга земель, в том числе в виде тематических карт различной направленности; обеспечение авторизованных пользователей сведениями о сельскохозяйственных землях. Кроме этого, собирается информация о севооборотах, возделываемых сельскохозяйственных культурах и их состоянии, неиспользуемых землях, а также сведения о сельхозтоваропроизводителях.

Система обеспечивает представление информации от уровня отдельного поля, хозяйства до федерального уровня. Пространственная информация на геопортале ЕФИС ЗСН представлена в виде тематических слоев, интегрируемых на картографической или спутниковой основе, и содержит в качестве базовой информации векторные данные о контурах сельскохозяйственных угодий (отдельных полей) и связанную с ними атрибутивную тематическую информацию, состав и потенциальные источники которой приведены на рис 2.

ВИДЫ ИНФОРМАЦИИ \ ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ	РОУ АПК	Учреждения агропромышленной службы	Управление кадастра земель и сельскохозяйственного водоснабжения	Материалы космической съемки	БПЛА	Данные ГКН	Сельхозтоваропроизводители, наземные наблюдения	ФНС
Контуры сельскохозяйственных угодий	●	●	●	●	●	●		
Виды сельскохозяйственных угодий	●	●	●	●	●	●		
Данные о сельскохозяйственных культурах в контурах угодий	●	●	●	●	●	●		
Состояние сельскохозяйственных культур	●	●	●	●	●	●		
Данные об использовании земельных участков	●	●	●	●	●	●		
Сведения о правообладателе/пользователе земельного участка	●					●	●	
Показатели почвенного плодородия по контурам сельскохозяйственных угодий		●						
Информация о негативных процессах на сельскохозяйственных угодьях				●	●			
Информация о чрезвычайных ситуациях на землях сельскохозяйственного назначения	●			●	●			
Сведения о мелиоративных объектах и сооружениях			●					

Рис. 2. Основные виды данных в ЕФИС ЗСН и их возможные источники:
 РОУ АПК – региональные органы управления агропромышленным комплексом; БПЛА – беспилотный летательный аппарат;
 ГКН – государственный кадастр недвижимости;
 ФНС – Федеральная налоговая служба

Важной частью государственного мониторинга земель являются региональные информационные системы, обеспечивающие сбор и консолидацию данных о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на территории субъектов Российской Федерации. В 2018 г. информационные системы мониторинга состояния и использования сельскохозяйственных земель успешно функционировали в 22 регионах России. В создании региональных систем мониторинга сельскохозяйственных земель участвует ряд российских организаций – разработчиков программных продуктов: ООО «ЦентрПрограммСистем», компания «DATUM Group», ООО «Информационно-аналитические консалтинговые системы», ПАО «Ростелеком», ООО «ГЕОКАД плюс» и др.

Таким образом, в целом по стране по состоянию на 1 января 2019 г. площадь неиспользуемых земель составила 43,98 млн га, или 11,38% общей площади земель сельскохозяйственного назначения. В силу этого особенно важными становятся задачи выявления и инвентаризации неиспользуемых земельных участков. Однако задача ввода их в сельскохозяйственный оборот осложняется отсутствием актуальной и достоверной информации о неиспользуемых участках, их местоположении и границах, качественном состоянии.



2. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Важным источником, обеспечивающим оперативное получение информации о землях сельскохозяйственного назначения, являются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). ДЗЗ представляют собой процесс получения информации без непосредственного контакта с изучаемым объектом. С помощью специальных приборов регистрируют отраженные и излучаемые земной поверхностью электромагнитные волны. Измеряя излучение сельскохозяйственного поля (в основном в оптическом или радиолокационном диапазонах), можно определить свойства почв и посевов. Дистанционные методы и средства, основанные на получении и обработке цифровых снимков, имеют важные преимущества: легкость архивирования с сохранением максимального количества данных для дальнейшего анализа; возможность учета, инвентаризации и классификации земель сельскохозяйственного назначения с построением специализированных планов и карт; обнаружение чрезвычайных ситуаций на полях, оценка потенциала продуктивности и риска потерь урожая; мониторинг мелиоративного состояния сельскохозяйственных полей [2-5]. ДЗЗ непосредственно связаны с работой с различными видами программного обеспечения, применением алгоритмов анализа и обработки данных.

Дистанционные методы включают в себя космическую съемку, аэрофотосъемку с пилотируемых аппаратов, аэрофото- и видеосъемку с беспилотных летательных аппаратов.

В последние годы для получения данных ДЗЗ в сельском хозяйстве широко используют спутниковые снимки. Однако такой источник имеет недостатки: высокая стоимость; ограниченные возможности их получения в заданные сроки и с необходимой периодичностью; погрешности, вызванные погодными условиями, облачностью и дымкой.

Аэрофотосъемка с помощью самолётов или вертолетов требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что при-

водит к повышению стоимости конечной продукции. Применение стандартных авиационных комплексов также нерентабельно при съемке малых по площади территорий. В этом случае экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на одну единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съемке больших площадей.

В связи с этим перспективной альтернативой является использование БПЛА, основные преимущества которых – рентабельность, возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов, высокая разрешающая способность при простоте съемочной аппаратуры, оперативность получения снимков. Это обеспечивает оптимальное соотношение между качеством данных и их стоимостью. Обработка снимков с БПЛА производится в автоматизированных фотограмметрических системах. Исходными данными для них являются изображения, полученные в процессе аэрофотосъемки, координаты центров фотографирования и координаты опорных точек. Результаты обработки – ортофотопланы, облака точек, трехмерные и цифровые модели местности.

Применение в сельском хозяйстве аэрофотосъемки с БПЛА позволяет решать следующие задачи: уточнение контуров полей и посевных площадей; выделение локальных участков угнетенной растительности на сельскохозяйственном поле; определение участков полей, подверженных водной эрозии; выявление агротехнических погрешностей; уточнение карт микрорельефа сельскохозяйственных угодий; техническое сопровождение процесса реализации технологических решений в точном земледелии; мониторинг состояния осушительных мелиоративных систем.

Уточнение границ сельскохозяйственных земель способствует более точному расчету затрат на выполнение агротехнических операций и расходов на химические средства защиты и удобрения. Раннее определение очагов угнетенности по аэрофотоснимкам позволяет произвести корректировку агротехнологий для сохранения урожая либо произвести адресную обработку посевов.

Проведение аэрофотосъемки в ранневесенний период нацелено на определение эрозионных участков поля и корректировку аг-

ротехнологии для предотвращения деградации почвенного слоя (рис. 3) [4].



Рис. 3. Эрозионные участки поля

Своевременно проведенный контроль выполнения агротехнических операций с помощью аэрофотосъемки направлен на избежание потерь потенциально возможной урожайности. На рис. 4 приведен фрагмент аэрофотоснимка посева зерновых. Потери урожая от неравномерности внесения агрохимикатов могут достигать 25%. Вовремя полученная информация и принятое на её основе оперативное решение помогут избежать потерь урожая и использовать весь потенциал поля и возделываемой культуры.



Рис. 4. Пример агротехнологических погрешностей

На основе данных аэрофотосъемки возможно построение высокоточной цифровой модели рельефа и моделирования движения водных потоков по поверхности поля (рис. 5). Данная информация способствует оценке объемов возможного выноса питательных веществ с поверхности при различных погодных условиях и расчёту объема работ по профилированию поля.

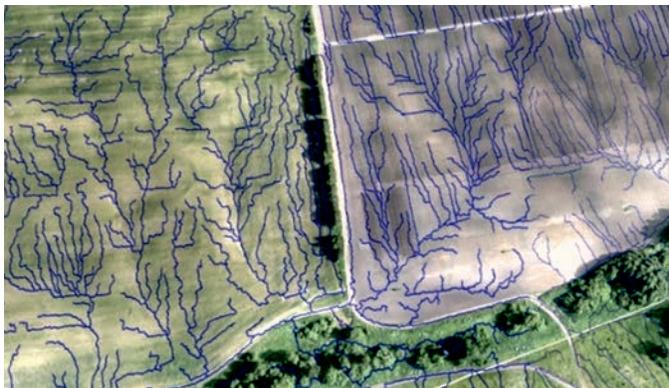


Рис. 5. Моделирование движения водных потоков

Аэрофотосъемка с БПЛА играет важную роль при возделывании культур в системе точного земледелия. Так, при проведении технологической операции «Подкормка» съемка с использованием мультиспектральной камеры позволяет оценить потребность зерновых культур в азотных удобрениях и впоследствии произвести их адресное внесение.

Учеными Агрофизического института на этапе внесения основного удобрения предложена закладка тестовых площадок с различными известными дозами азотного питания (рис. 6.) [6]. При проведении калибровки аэрофотоснимков с БПЛА эти площадки используются как эталонные в алгоритмах выделения однородных зон, что позволяет отказаться от проведения дополнительных агрохимических анализов и сэкономить время на выработку управленческих решений.



Рис. 6. Тестовые площадки с различными известными дозами азотного питания

Проведение дифференцированной подкормки на посевах способствует экономии минеральных удобрений до 30%, повышению урожайности культур до 16% и улучшению качества зерна.

Аэрофотосъемка территорий хозяйств позволяет определить состояние мелиорируемых земель и мелиоративных систем. Так, на рис. 7 показан фрагмент мелиоративной системы, которая подверглась капитальному ремонту за год до проведения съемки. На самом поле мелиоративная система в хорошем состоянии, но водоотведения в нужном объеме не происходит, поэтому наблюдается застой воды в канале из-за неработающего должным образом водоприемника. При обильных осадках потери урожайности на данном поле могут достигнуть 50%, а вовремя принятые меры позволят этого избежать.



Рис. 7. Фрагмент неработающего водоприемника, в котором наблюдается застой воды

Перспективно применение аэрофотосъемки с БПЛА для оценки состояния дренажных систем сельскохозяйственных полей. Она позволяет получить за один день раскладку территории среднего хозяйства. В аэрофотосъемку входят следующие компоненты: ортофотоплан, привязанный к глобальной системе позиционирования; высокоточная цифровая модель рельефа местности; модель водных потоков; расчет основных вегетационных индексов. Ориентация на глобальную систему позиционирования дает возможность: определять локализацию повреждений дренажных систем и существенно экономить ресурсы; получать реальную картину состояния посевов; принимать обоснованные управленческие решения; оценивать состояние гидротехнических сооружений и проводить противопаводковые мероприятия; рассматривать техническое состояние мелиорированных земель.

Таким образом, применение БПЛА при дистанционном зондировании земли позволяет решать широкий спектр задач для сельского хозяйства: уточнение контуров полей и посевных площадей; выделение локальных участков угнетенной растительности и подверженных водной эрозии; выявление агротехнических погрешностей; уточнение карт микрорельефа сельскохозяйственных угодий; мониторинг состояния осушительных мелиоративных систем.



3. СОВРЕМЕННЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве имеет огромный потенциал и с каждым годом интерес к их использованию растет в первую очередь при реализации задач точного земледелия. Прогнозируется, что к 2021 г. сектор АПК станет вторым по величине в использовании дронов [8]. В 2016 г. рынок сельскохозяйственных дронов достиг 864,4 млн долл. США. Он будет ежегодно расти на 30% и к 2022 г. составит 4,2 млрд долл. [9]. Согласно исследованию Всемирной организации беспилотных систем (the Organization for Unmanned Vehicle Systems Worldwide) только в сельском хозяйстве общая экономическая эффективность применения дронов к 2025 г. будет около 82 млрд долл. США [10].

БПЛА –летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного или вертолетного типа), оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полёта, достаточные для выполнения специальных задач. Каждый из видов БПЛА по-разному эффективен. Самолетный беспилотник с жестким типом крыла и высокими аэродинамическими показателями способен облетать большие территории, но из-за своей конструкции не может работать в режиме зависания. Для взлета обычно используется катапульт, посадка осуществляется на парашюте в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Мультироторный БПЛА (вертолетного типа), имеющий от двух до восьми пропеллеров, более прост в эксплуатации, позволяет эффективно вести съемку с одной точки и производить облет небольших земельных участков, но имеет ограниченные время полета и скорость передвижения. Гибридом БПЛА самолетного и вертолетного типа является конвертоплан. Особенность таких моделей – взлетают «по вертолетному», а в полете передвигаются подобно самолету, опираясь на крылья [5].

Для получения более детального анализа участков беспилотные летательные аппараты различных типов могут применяться совместно. Сначала выполняется сплошная съемка территорий с помощью беспилотного самолета, полученные снимки обрабатываются, и, ориентируясь на специальные методики, определяются проблемные зоны на полях. После этого запускается вертолетный БПЛА, который производит облет и анализ выделенных участков. Подобный способ позволяет реализовать преимущества каждого типа БПЛА и за счет этого добиться их максимально эффективного использования [11].

Беспилотники в зависимости от решаемых задач оснащаются полезной нагрузкой для фото- и видеосъемки (высокая чёткость изображения позволяет точно определять проблемные участки поля), разнообразными датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и оборудованием для внесения химикатов. В определении координат и скорости современных БПЛА, как правило, задействованы спутниковые навигационные приемники (GPS или ГЛОНАСС). Углы ориентации и перегрузки определяются с применением гироскопов и акселерометров [12, 13].

Существуют следующие способы управления БПЛА. Ручное управление оператором (или дистанционное пилотирование) с дистанционного пульта управления в пределах оптической наблюдаемости или по информации, поступающей с видеокамеры переднего обзора. При таком управлении оператор прежде всего решает задачу пилотирования: поддержание нужного курса, высоты и т.д. Автоматическое управление обеспечивает возможность полностью автономного полета БПЛА по заданной траектории на заданной высоте с заданной скоростью и со стабилизацией углов ориентации. Осуществляется с помощью бортовых программных устройств. При полуавтоматическом или дистанционном управлении полет осуществляется автоматически без вмешательства человека с помощью автопилота по первоначально заданным параметрам, при этом оператор может вносить изменения в маршрут в интерактивном режиме. Таким образом, он имеет возможность вли-

ять на результат функционирования, не отвлекаясь на задачи пилотирования.

Последние два способа в настоящее время являются наиболее востребованными, так как предъявляют наименьшие требования к подготовке персонала и обеспечивают безопасную и эффективную эксплуатацию систем беспилотных летательных аппаратов. Полностью автоматическое управление может быть оптимальным решением для задач аэрофотосъемки заданного участка, когда нужно снимать на большом удалении от места базирования вне контакта с наземной станцией.

БПЛА способны выполнять следующие операции:

▶ аэрофотосъемка, которая благодаря небольшой высоте полета является более детальной, чем съемка со спутника. Кроме того, беспилотные системы позволяют снимать даже в условиях порывистого ветра и облачности;

▶ видеосъемка. При этом производительность летательного аппарата достигает 30 км/ч, что снижает временные и финансовые затраты по сравнению с использованием наземных видов обследования;

▶ мультиспектральная съемка и создание карт вегетационных индексов (NDVI, PVI, WDI, SAVI, LAI и др.), по которым можно оценить объем и прирост биомассы, содержание азота и хлорофилла в листьях растений;

▶ 3D-моделирование – позволяет определять переувлажненные или засушливые территории, выемку грунта, создавать планы и карты увлажнения или осушения почвы, рекультивации участков или мелиорации земель;

▶ тепловизионная съемка с применением всего спектра инфракрасного излучения – ближнего, среднего и дальнего диапазона. Дает возможность определять сроки дифференцирования точек роста, что напрямую влияет на урожайность и сохранение продуктивных свойств растений со сбережением наследственных возможностей сорта;

▶ лазерное сканирование – применяется для анализа местности на труднодоступных или недоступных территориях. Обеспечивает

получение точной модели высокой плотности с детальным отображением рельефа при работе в условиях сильной загушенности насаждений.

Во время полета беспилотник в автоматическом режиме рассчитывает скорость и частоту срабатывания затвора (скорость кадров) так, чтобы обеспечить заданное перекрытие кадров. Снимки с БПЛА перекрываются на 60% в продольном и на 30% в поперечном перекрытии. В результате полета формируются набор фотографий и данные телеметрии, которые включают в себя координаты центра фотографирования, а также углы крена, рыскания и курса.

С помощью БПЛА в сельском хозяйстве могут решаться следующие задачи: инвентаризация сельхозугодий; сверка заявленной в документах площади с фактической; создание электронных карт полей (построение 3D модели полей); выявление на землях незаконных строений, водоемов, свалок мусора; осуществление экологического мониторинга сельскохозяйственных земель, охраны сельхозугодий; оценка химического состава почвы; определение засушливых участков или участков с избытком влаги; анализ зарастания сельскохозяйственных угодий деревьями и кустарниками; оперативный мониторинг состояния посевов (БПЛА позволяют быстро и эффективно строить карты по всходам); отслеживание нормализованного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) с целью эффективного внесения удобрений; оценка всхожести сельскохозяйственных культур; выявление пропусков при посеве культур; прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур; обнаружение очагов заражения и выявление гибели растений; опрыскивание посевов химическими препаратами для борьбы с вредителями и болезнями; оценка эффективности внесения средств защиты растений; оценка объема работ и контроль их выполнения.

В сфере животноводства БПЛА могут использоваться следующим образом: для контроля здоровья животных; мониторинга мест выпаса; ветеринарной помощи (доставка медикаментов); судебной экспертизы (оценка ущерба посевов, причиненного животными); экологического мониторинга; охраны животных на выпасе; мониторинга температуры животных для контроля их самочувствия.

Аэросъемка позволяет более эффективно проводить инвентаризацию сельскохозяйственных земель, контролировать посевы и выявлять износ или деградацию ресурсов, минимизировать угрозы, связанные с истощением земли. БПЛА могут рассматриваться в агростраховании как вспомогательный инструмент для проведения мониторинга посевов и урегулирования возникающих рисков.

Непосредственно перед уборкой данные, полученные с беспилотных летательных аппаратов, позволяют оценить состояние посевов и спрогнозировать будущий урожай. Кроме того, карты рельефа полей могут послужить основой для разработки систем мелиорации и ирригации.

Сегодня развитие техники и технологий делает использование БПЛА все более доступным [11]. Приборы, устанавливаемые на современных беспилотных аппаратах, во многом аналогичны устройствам, применяемым на спутниках, и используют те же физические законы для получения пространственной информации. Каждый из этих методов сбора данных обладает своими преимуществами и недостатками, однако в комплексе они создают эффективный инструмент контроля. Спутники отличаются высокой производительностью, а беспилотные системы – хорошей детализацией исследуемой территории, что позволяет получать более подробные пространственные сведения. Подобная информация достигает разрешающей способности выше 1 см/пиксель, обладает высокой точностью позиционирования относительно земных координат и позволяет определить координату объектов по высоте. Беспилотные летательные аппараты имеют еще одно существенное преимущество – доступность непосредственного применения работниками сельскохозяйственного предприятия. Для их использования достаточно пройти двухнедельное обучение основам управления данными устройствами.

БПЛА широко применяются в сельском хозяйстве многих зарубежных стран: США, Японии, Китая, Италии, Бразилии и др. В табл. 1 приведены основные данные БПЛА для сельского хозяйства, признанных лучшими за последние три года за рубежом [14, 15].

Основные данные зарубежных БПЛА

Марка (компания-изготовитель, страна)	Особенности и технические данные
<i>Самолетные</i>	
<p>Ebee SQ (SenseFly, Швейцария)</p> 	<p>Оснащен камерой Sequoia для мультиспектральной съемки и датчиком солнечного освещения. Время полета 55 мин, высота 120-2000 м, скорость 40-110 км/ч, масса 1,1 кг, цена 12000 долл. США</p>
<p>AgDrone (Honey Comb Corporation, США)</p> 	<p>Время полета 55 мин (+11мин при низкой скорости ветра), высота 130 м, максимальная скорость 82 км/ч, масса 2,25 кг, цена 10000 долл. США</p>
<p>Lancaster 5 (Precision Hawk, США)</p> 	<p>В дополнение к мультиспектральному датчику оснащен датчиками, которые измеряют в режиме реального времени влажность, температуру, давление, количество солнечной радиации. Время полета 45 мин, высота 91,4 м, масса 2,4 кг, полезной нагрузки – 998 г, цена 25000 долл. США</p>
<p>Phoenix 2 (Sentera, США)</p> 	<p>Запускается вручную, летит автономно по заданной схеме, которая может быть обновлена во время полета с помощью программного обеспечения пульта. Можно использовать с датчиками для сбора RGB, NIR и NDVI-изображений. Время полета до 70 мин, высота 120-5480 м, масса 2 кг, цена 18000 долл. США</p>

Марка (компания-изготовитель, страна)	Особенности и технические данные
<p>RX-60 (AgEagle, США)</p> 	<p>Обеспечивается автоматическая компенсация направления ветра. Выдаются карты состояния урожая сельскохозяйственных культур с указанием критических зон. Используя отснятые изображения, можно быстро создавать карты рекомендаций с помощью программ управления фермерскими хозяйствами и экспортировать их специалистам в поле. Время полета до 60 мин, рабочая скорость 50-79 км/ч, масса 3,2 кг, цена 17000 долл. США</p>
<p>Trimble UX5 (Trimble, США)</p> 	<p>Обеспечивается полностью автоматизированный процесс управления полетом с помощью полевого программного обеспечения Trimble Access. Возможен быстрый поиск приземлившегося аппарата с помощью радиопеленгатора. В зависимости от высоты полета в двух цифровых камерах предусмотрено использование сменных объективов с разным фокусным расстоянием. Время полета до 50 мин, скорость 80-85 км/ч, рабочая высота 75-750 м, масса 2,5 кг, цена 25000 долл. США</p>
<i>Вертолетные</i>	
<p>3DR Solo (3D Robotics, США)</p> 	<p>Предназначен для фото- и видеосъемок. Оборудован системой GPS и автопилотом Pixhawk 2. Способен автоматически взлетать, садиться, замирать на месте и возвращаться в исходную точку. Время полета до 20 мин, высота 122 м, дальность управляемого полета 1000 м, масса 1,8 кг, максимальная скорость 89 км/ч, цена 25000 долл. США</p>
<p>OMNI AG (Sentera, США)</p> 	<p>Квадрокоптер с размером по диагонали 700 мм. Может передавать данные об NDVI во время полета. Управление с помощью специального контроллера полета или смартфона. Максимальное время полета на одной зарядке до 25 мин, за один полет БПЛА снимает до 100 га с разрешением 5 см на пиксель и до 7 га с разрешением 1 см/ пиксель. Высота полета 61-122 м, взлетная масса 3,6 кг, цена 16995 долл. США</p>

Марка (компания-изготовитель, страна)	Особенности и технические данные
<p data-bbox="186 213 443 266">AgBot (Aerial Technology International, США)</p> 	<p data-bbox="514 213 965 470">Предназначен для мониторинга состояния полей, слежения за животными и других работ на фермах, автономного полёта, возвращения домой и автоматической посадки. Обладает самой большой дальностью полета среди дронов для фермеров – 26,7 км. Время полета 26 мин, максимальная скорость 61,7 км/ч, масса 4,7 кг, цена 9700 долл. США</p>
<p data-bbox="179 511 450 533">T600 Inspire 1 (DJI, Китай)</p> 	<p data-bbox="514 511 965 737">Обеспечивает аэрофото- и видеосъемку. Модульный подвес камеры. Возможны подключение второго пульта и работа в тандеме с напарником. Функция возврата домой, контроль через смартфон. Время полета 18 мин, максимальная высота 4500 м, максимальная скорость подъема 5 м/с, масса 2,93 кг</p>
<p data-bbox="190 765 440 787">Matrice 100 (DJI, Китай)</p> 	<p data-bbox="514 765 965 1075">Представляет собой четырехроторный коптер, имеющий отсеки для установки дополнительных модулей, что позволяет использовать его для любых нужд с учетом специфики выполняемых задач. Специальные подпрограммы отслеживают возникновение вибраций на каждом луче и оптимизируют обороты двигателя. Максимальная скорость движения 61-79 км/ч, время зависания 22-40 мин, взлетная масса 3,6 кг</p>

Основными отечественными компаниями, занимающимися разработкой и поставкой беспилотных авиационных систем, в том числе для сельского хозяйства, являются ГК «Геоскан», ООО НПП «АВАКС-GeoСервис», ГК ZALA AERO, ГК «Беспилотные системы», АО «Геомир» и др. (табл. 2, прил.) [16-31].

Таблица 2

Характеристика БПЛА отечественных компаний

Название и марка	Назначение, основные особенности
<i>Группа компаний «Геоскан»</i>	
Комплекс Геоскан 401 	Предназначен для получения детальных 3D-моделей локальных объектов и фотомониторинга. С вертикальным взлетом и посадкой, обеспечивает возможность работы в ограниченном пространстве. Продолжительность полета до 60 мин, максимальная высота 500 м, максимальная взлетная масса 9,3 кг, максимальная масса полезной нагрузки 2 кг
Комплекс Геоскан 101 	Предназначен для съемки небольших территорий. Для запуска необходимо поставить его на катапульту и нажать на кнопку на наземной станции. Посадка на парашюте в автоматическом режиме. Продолжительность полета до 1 ч, максимальная высота 4000 м, максимальная взлетная масса 3,1 кг, максимальная масса полезной нагрузки 0,8 кг
Комплекс Геоскан 201 Агро 	Предназначен для выполнения обследований и инвентаризации земель, сопровождения мелиоративного строительства, создания карты NDVI, планирования внесения удобрений и контролирования проведения агротехнических мероприятий. Продолжительность полета до 3 ч, максимальная высота 4000 м, максимальная взлетная масса 8,5 кг
Комплекс Геоскан Lite 	Предназначен для автоматической аэрофотосъемки. Полет проходит в автоматическом режиме. Взлет с пусковой установки, посадка на парашюте в автоматическом режиме. Продолжительность полета до 1 ч, максимальная высота 4000 м, максимальная взлетная масса 3,1 кг, максимальная масса полезной нагрузки 0,8 кг

Название и марка	Назначение, основные особенности
<p>Аэрофотосъемочный комплекс Геоскан Gemini</p> 	<p>Предназначен для оперативного картографирования, геодезических работ и кадастровой съемки. Оснащен встроенной камерой Sony UMC-R10C с разрешением 20,1 МР. Продолжительность полета 40 мин, максимальная взлетная масса 1,7 кг, площадь съемки за полет до 1 км²</p>
<i>ООО «Оптиплейн Аэродинамика»</i>	
<p>Гибридный коптер Optiplane S2</p> 	<p>В комплектации «Агро» предназначен для уточнения границ посевных площадей, подсчёта не пригодных для земледелия и заброшенных земель; составления картограмм точечного внесения удобрений; прогнозирования объемов урожая; планирования и контроля проведения агротехнических мероприятий в реальном времени. Гибридный, типа «винтокрыл», сочетает преимущества коптера и самолёта. Имеет вертикальные взлет и посадку. Может зависать над объектами. Продолжительность полета 60 мин, дальность 50 км, рабочая высота 1-3000 м, масса 3,7 кг, полезной нагрузки – 1,5 кг</p>
<i>ООО «Альбатрос»</i>	
<p>Малый беспилотный комплекс Альбатрос M1</p> 	<p>Используется при создании ортофотопланов, цифровых моделей рельефа местности и мультиспектральных моделей объектов малой и средней площади. Взлет с помощью эластичной катапульты, посадка на парашюте в автоматическом либо полуавтоматическом режиме. Размах крыльев 1,6 м, продолжительность полета до 1,5 ч, рабочая высота 50-500 м, максимальная взлетная масса 4 кг</p>

Название и марка	Назначение, основные особенности
<p data-bbox="172 205 445 258">Беспилотный летательный комплекс Альбатрос М3</p> 	<p data-bbox="503 205 965 545">Предназначен для создания высокоточных ортофотопланов, цифровых моделей рельефа местности и мультиспектральных моделей объектов любой площади. Комплектуется наземной станцией управления, эластичной катапульты для запуска, фотокамерой Sony A6000, мультиспектральной камерой Parrot Sequoia, гиросtabilизированным подвесом с видеокамерой. Размах крыльев 2,5 м, продолжительность полета до 3 ч, рабочая высота 50-1000 м, максимальная взлетная масса 6 кг</p>
<p data-bbox="139 636 478 689">Беспилотный летательный комплекс Альбатрос М5</p> 	<p data-bbox="503 636 965 916">Предназначен для создания высокоточных ортофотопланов, цифровых моделей рельефа местности и мультиспектральных моделей объектов. Используется для съемки больших площадей. Взлет с помощью эластичной катапульты, посадка на парашюте в автоматическом либо полуавтоматическом режиме. Размах крыльев 3,3 м, продолжительность полета до 4,5 ч, рабочая высота 50-1000 м, максимальная взлетная масса 15 кг</p>
<p data-bbox="248 1026 369 1049">Дрон Spider</p> 	<p data-bbox="503 1026 965 1253">Предназначен для аэрофотосъемки и прокладки проводов высоковольтных линий электропередач. Имеет защищенность от ветра, дождя и огня, что позволяет работать с ним в тяжелых условиях. Продолжительность полета до 35 мин, протяженность маршрута 25 км, максимальная скорость 18 м/с, максимальная взлетная масса 3 кг</p>

Название и марка	Назначение, основные особенности
<p>Дрон A6 Plus</p> 	<p>Предназначен для аэрофотосъемки, имеет хорошую защищенность от ветра, дождя и снега, что позволяет работать в тяжелых условиях. Комплектуется наземной станцией управления, видеокамерой и системой камер для 3D-моделирования. Продолжительность полета до 75 мин, протяженность маршрута 40 км, максимальная взлетная масса 7 кг</p>
<i>АО «ГЕОМИР»</i>	
<p>Беспилотный комплекс M5 AGRO</p> 	<p>Получение и обработка информации о состоянии полей и выполняемых на них операциях. Взлет – с помощью эластичной катапульты, посадка – на парашюте в автоматическом и полуавтоматическом режиме. Двигатель – электрический. Размах крыльев 3,3 м, продолжительность полета до 4,5 ч, рабочая высота 50-1000 м, максимальная взлетная масса 15 кг, максимальная протяжённость маршрута 320 км, длина 80 см</p>
<i>Группа компаний «ZALA AERO»</i>	
<p>Беспилотное воздушное судно ZALA 421-22</p> 	<p>Вертолетного типа, предназначен для проведения аэрофотосъемки, видеомониторинга, лазерного сканирования, доставки грузов. Продолжительность полета 35 мин, максимальная высота 1000 м, максимальная взлетная масса 8 кг, масса целевой нагрузки до 2 кг, габаритные размеры 1065x1065x240 мм</p>
<p>Беспилотное воздушное судно ZALA 421-16E2</p> 	<p>Имеет целевые нагрузки для аэрофотосъемки, мультиспектральной съемки, видеомониторинга в видимом и ИК-диапазонах. При взлете используется пневматическая или механическая катапульта. Продолжительность полета более 4 ч, максимальная высота 5000 м, максимальная взлетная масса 7,5 кг, целевой нагрузки – до 1,5 кг</p>

Название и марка	Назначение, основные особенности
<p>Беспилотное воздушное судно ZALA 421-08M</p> 	<p>Эффективен в проведении аэрофото- и видеосъемки на небольшом удалении. Не требует специально подготовленной взлетно-посадочной площадки, позволяет (при соответствующей подготовке) производить запуск «с рук». Продолжительность полета 80 мин, максимальная высота 3600 м, максимальная взлетная масса 2,5 кг, целевой нагрузки – 300 г</p>
<p>ООО НПП «АВАКС-ГеоСервис»</p>	
<p>Беспилотный летательный аппарат DELTA-M</p> 	<p>Используется при создании электронных карт полей, расчете NDVI и других индексов, инвентаризации сельскохозяйственных угодий. Виды полезных нагрузок – фотокамера, видеокамера, мультиспектральная камера, тепловизионная камера. Взлёт катапультный, посадка парашютная. Продолжительность полёта до 2,5 ч, высота 100-3000 м, взлётная масса 9 кг, полезной нагрузки – до 1,75 кг</p>
<p>Беспилотный летательный аппарат GAMMA</p> 	<p>Используется при создании электронных карт полей, расчете NDVI и других индексов, инвентаризации сельскохозяйственных угодий. Система автоматического спасения – парашют. Продолжительность полёта до 12 ч, высота 100-5000 м, взлётная масса 50 кг, полезной нагрузки – до 25 кг</p>
<p>Беспилотный летательный аппарат VZOR</p> 	<p>Используется при создании электронных карт полей, расчете NDVI и других индексов, инвентаризации сельскохозяйственных угодий. Виды полезных нагрузок – фотокамера, мультиспектральная камера. Запускается с рук, посадка парашютная. Продолжительность полёта до 2,5 ч, высота 150-3000 м, взлётная масса 4,9 кг, полезной нагрузки – до 1 кг</p>

Название и марка	Назначение, основные особенности
<i>ГК «Беспилотные системы»</i>	
<p>Беспилотное воздушное судно вертолетного типа X6M2</p> 	<p>Может применяться для картографирования, поиска, обнаружения и слежения за статичными и подвижными объектами в режиме реального времени и др. Благодаря встроенному автопилоту и автоматическому планированию полетного задания полностью исключается человеческий фактор. Продолжительность полёта до 55 мин, максимальная высота 3600 м, взлётная масса до 8 кг</p>
<p>Беспилотный конвертоплан Supercam SX350</p> 	<p>Предназначен для выполнения картографирования, совмещает в себе конструктивные преимущества БПЛА самолетного и вертолетного типа. Режимы полета – автоматический или полуавтоматический. Взлет и посадка – автоматические вертикальные. Размах крыльев 3,2 м, продолжительность полёта до 120 мин, рабочая высота 150-3000 м, максимальная взлётная масса 13,5 кг</p>
<p>Беспилотное воздушное судно Supercam S350</p> 	<p>Предназначен для выполнения панорамной и плановой аэрофото- и видеосъемки, а также для других аналогичных задач. Режимы полета – автоматический или полуавтоматический. Взлет с помощью эластичной или пневматической катапульты, посадка – на парашюте с системой отцепа строп. Размах крыльев 3,2 м, продолжительность полета до 4,5 ч, рабочая высота 150-5000 м, взлётная масса 11,5 кг</p>
<p>Беспилотное воздушное судно Supercam S-250</p> 	<p>Область применения в сельском хозяйстве – землеустройство и мониторинг, высокоточное сельское хозяйство, борьба с вредителями, мелиорация, управление стадами животных. Режимы полета – автоматический или полуавтоматический. Взлет с помощью эластичной или пневматической катапульты, посадка – на парашюте с системой отцепа строп. Размах крыльев 2,53 м, продолжительность полета 3 ч, рабочая высота 150-5000 м, взлетная масса 7,5-9,5 кг</p>

Название и марка	Назначение, основные особенности
<p>Беспилотный авиационный комплекс Supercam S150</p> 	<p>Предназначен для осуществления аэрофото-съемки и оперативного видеомониторинга. Конструкция предоставляет возможность совмещения нескольких типов полезной нагрузки. Взлет – эластичная катапульта, посадка – на парашюте в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Размах крыльев 1,5 м, продолжительность полета до 1,5 ч, рабочая высота 150-5000 м, максимальная взлетная масса 5,5 кг</p>
<p>Беспилотное воздушное судно Supercam S100</p> 	<p>Предназначен для выполнения задач, связанных с аэросъемкой местности, проведением наблюдений, эксплуатацией в сельскохозяйственной сфере и др. Режимы полета – автоматический или полуавтоматический. Взлет с помощью эластичной катапульты (рогатка) или «с рук», посадка – на парашюте в автоматическом либо полуавтоматическом режиме. Размах крыльев 1 м, продолжительность полета до 1 ч, рабочая высота 150-1000 м, взлётная масса 3,5 кг</p>
<p><i>Компания «Luftera»</i></p>	
<p>Беспилотный комплекс Luftera LQ-4</p> 	<p>Предназначен для выполнения широкого круга задач в таких областях, как картография, сельское хозяйство, маркшейдерия, строительство, мониторинг промышленных объектов. Взлет, посадка и выполнение полетного задания осуществляются в автоматическом режиме. Имеется функция автоматического возврата в точку старта. Продолжительность полета с нормальной нагрузкой 50 мин, максимальная высота 1000 м, максимальная горизонтальная скорость 70 км/ч, масса 5,4 кг</p>
<p>Беспилотный комплекс Luftera LQ-5</p> 	<p>Имеет широкую номенклатуру полезных грузов (в том числе гиперспектральную камеру). Продолжительность полета 60 мин, скорость до 70 км/ч, масса оборудования 3,5 кг, комплекса – 10,5 кг</p>

Название и марка	Назначение, основные особенности
<p>Конвертоплан Luftera LT-1</p> 	<p>Предназначен для выполнения широкого круга задач в таких областях, как картография, маркшейдерия, сельское хозяйство, строительство, мониторинг промышленных объектов. Обеспечивает вертикальный взлет и режим зависания, а также полет в экономичном горизонтальном режиме. Продолжительность полета с нормальной нагрузкой 2,5 ч, максимальная высота 4000 м, максимальная протяженность маршрута 210 км, максимальная горизонтальная скорость 110 км/ч, масса 6 кг</p>
<i>ООО «АС-КАМ»</i>	
<p>БПЛА АС-32-12</p> 	<p>Предназначен для съемки линейно-протяженных объектов на большом расстоянии (150-250 км), площадных объектов (сельскохозяйственных полей и др.). Продолжительность полета до 4,5 ч, высота полета 50-7000 м, дальность до 240 км, скорость 65-140 км/ч, масса 10-14 кг</p>
<p>БПЛА АС-32-10</p> 	<p>Предназначен для аэро- и фотонаблюдения, видеосъемки, наблюдения за объектами, частичными территориями и сельскохозяйственными угодьями. Продолжительность полета до 5 ч, высота 50-7000 м, дальность до 240 км, скорость 65-140 км/ч, масса до 13,5 кг</p>
<p>БПЛА АС-32-08</p> 	<p>Предназначен для мобильного мониторинга, съемок различных категорий (панорамная и плановая аэрофотосъемка), видеосъемки и др. Продолжительность полета до 3 ч, высота 50-5000 м, дальность до 130 км, скорость 60-120 км/ч, масса до 6 кг</p>
<i>Компания «RoboAvia»</i>	
<p>БПЛА Sapsan-3000</p> 	<p>Может использоваться в сельском хозяйстве, геодезии, нефтегазовой отрасли, горнодобывающем деле, охране и применяться как техника двойного назначения. Комплектация «Агро» включает в себя мультиспектральную камеру Parrot Sequoia и фотоаппарат Sony Alpha A6000. С помощью фотоаппарата</p>

Название и марка	Назначение, основные особенности
БПЛА Sapsan-3000	можно проводить инвентаризацию сельхозугодий и выявлять неиспользуемую землю, овраги, русла рек, незаконные постройки, технику или свалки и др. Продолжительность полета 2,5-4 ч, максимальная высота 3000 м, скорость 72-108 км/ч, максимальная взлетная масса 14 кг
<i>Компания «СОЕХ»</i>	
<p>Квадрокоптер «Пеликан»</p> 	Предназначен для аэросъемки и фотограмметрии территорий различного назначения, мониторинга изменений показателей растительности на сельскохозяйственных объектах. Продолжительность полета 45 мин, дальность 20 км, максимальная скорость 72 км/ч, масса полезной нагрузки 2 кг, с аккумуляторами без полезной нагрузки – 7,2 кг
<p>Квадрокоптер «Пеликан Мини»</p> 	Предназначен для аэросъемки и фотограмметрии территорий различного назначения, мониторинга изменений показателей растительности на сельскохозяйственных объектах. Продолжительность полета 25 мин, дальность 10 км, максимальная скорость 50 км/ч, масса полезной нагрузки 1 кг
<i>ООО «Инновационные Комплексные Системы»</i>	
<p>Беспилотное воздушное судно «Фиксар»</p> 	Самолет вертикального взлета и посадки. Может быть использован для инвентаризации сельхозугодий, создания электронных карт полей, мониторинга состояния посевов и полей. Продолжительность полета 240-310 мин, масса полезной нагрузки 5 кг, БПЛА – 13 кг
<i>Компания «Птеро»</i>	
<p>Беспилотная авиационная система «Птеро-G1»</p> 	Предназначена для выполнения аэрофото съемочных работ. В качестве силовой установки используется одноцилиндровый двигатель внутреннего сгорания. Продолжительность полета до 8 ч, высота 80-2500 м, скорость 85-125 км/ч, масса полезной нагрузки до 5 кг

Название и марка	Назначение, основные особенности
<i>ООО «АэроЛаборатория» (RusAeroLab)</i>	
БПЛА R.A.L. X4L 	Предназначен для выполнения любых фоторабот в автоматическом режиме, включая ортофото, картографию, топосъемку и все виды панорам (сферическая, круговая, линейная). Продолжительность полета до 90 мин, протяженность маршрута полета до 45 км, максимальная высота до 5000 м, максимальная скорость 55 км/ч, масса 6,5 кг
БПЛА R.A.L. X6 	Предназначен для выполнения любых фоторабот в автоматическом режиме, включая ортофото, картографию, топосъемку и все виды панорам (сферическая, круговая, линейная). Продолжительность полета до 50 мин, протяженность маршрута до 30 км, максимальная высота до 9000 м, максимальная скорость 60 км/ч, масса 5,5 кг
<i>Компания «ПЛАЗ»</i>	
Беспилотный авиационный комплекс «Грифон-41» 	Предназначен для выполнения аэрофотосъемки и видеонаблюдения в режиме реального времени на дальности до 15 км. Продолжительность полета до 60 мин, максимальная высота до 1000 м, масса полезной нагрузки до 2,5 кг, взлетная – 9 кг
<i>Компания «ДИАМ-АЭРО»</i>	
Беспилотная авиационная система «ДИАМ 6» 	Предназначена для выполнения аэрофотосъемочных работ и работ по доставке грузов. Вертикального взлета и посадки, выполнена по аэродинамической схеме «летающее крыло». Продолжительность полета до 90 мин, максимальная дальность 30 км, максимальная высота до 4000 м, масса полезной нагрузки до 1,4 кг, взлетная – 6 кг

Название и марка	Назначение, основные особенности
<p data-bbox="137 205 954 231"><i>Компания «4vision.ru» (официальный дистрибьютор компании «DJI» в России)</i></p> <p data-bbox="194 235 423 261">БПЛА Phantom 4 RTK</p> 	<p data-bbox="503 235 965 492">Позволяет отслеживать изменения состояния полей, генерировать стандартные карты для точных сельскохозяйственных операций и получать данные, необходимые для организации и планирования полей. Максимальное время полета около 30 мин, высота до 6000 м, максимальная скорость 58 км/ч, размер по диагонали 350 мм, взлетная масса 1391 г</p>
<p data-bbox="137 503 481 529">Комплекс Phantom 4 Multispectral</p> 	<p data-bbox="503 503 965 734">Предназначен для сбора данных о растениях и мониторинга окружающей среды с помощью интегрированной мультиспектральной системы обработки изображений. Максимальное время полета около 27 мин, высота до 6000 м, максимальная скорость 58 км/ч, размер по диагонали 350 мм, взлетная масса 1487 г</p>
<p data-bbox="150 765 465 790">Платформа DJI Matrice 210 V2</p> 	<p data-bbox="503 765 965 1052">Предназначена для фото- и видеосъемки с воздуха, наблюдения за посевами и стадами животных. Имеет системы подогрева батарей для работы при низких температурах, обхода препятствий и избегания столкновений в воздухе. Максимальное полетное время 13-38 мин, максимальный потолок над уровнем моря 3000 м, масса 3,84-4,57 кг, полезной нагрузки – 1,34, максимальная взлетная масса 6,14 кг,</p>
<p data-bbox="150 1072 465 1097">Платформа DJI Matrice 200 V2</p> 	<p data-bbox="503 1072 965 1359">Предназначена для фото- и видеосъемки с воздуха, наблюдения за посевами и стадами животных. Имеет системы подогрева батарей для работы при низких температурах, обхода препятствий и избегания столкновений в воздухе. Максимальное полетное время 13-38 мин, максимальный потолок над уровнем моря 3000 м, масса 3,8-4,53 кг, полезной нагрузки – 1,61-2,34, максимальная взлетная масса 6,14 кг</p>

Ряд БПЛА, предлагаемых компаниями и представленных в табл. 2 являются специализированными комплексами (платформами) с комплектацией, в том числе для обследования земель сельскохозяйственного назначения.

Беспилотный комплекс сельскохозяйственного назначения M5 AGRO АО «Геомир» (см. табл. 2) позволяет получать и самостоятельно обрабатывать информацию о состоянии полей и выполняемых на них операциях. В состав комплекта входят: БПЛА Альбатрос M5 ООО «Альбатрос», фотокамера Sony a6000, наземная станция управления и программное обеспечение для программирования, наблюдения и управления комплексом и фотограмметрической обработки данных. Дополнительно в комплект может быть включена мультиспектральная камера Parrot Sequoia+ с трехосевым стабилизатором. Обеспечивает следующие показатели: повышение скорости и точности получения информации с полей, их контроль на всех этапах производственного процесса, получение визуальной информации по качеству выполненных работ, накопление высокоточных снимков полей для их дальнейшего автоматического анализа. Это способствует проведению инвентаризации и аудита земельного фонда, построению электронных карт полей, карт вегетационных индексов NDVI и дифференцированного внесения удобрений, цифровых моделей поверхности, оценки качества посевов и эффективности внесения средств защиты растений, выявлению нарушений при проведении агротехнических операций. Результаты аэрофото съемки сельхозугодий можно интегрировать в систему комплексной автоматизации предприятия – облачный сервис «История поля», программы и оборудование для точного земледелия АО «Геомир».

Предназначение БПЛА Optiplane S2 ООО «Оптиплайн Аэродинамика» (см. табл. 2) в комплектации «Агро»: для уточнения границ посевных площадей, подсчёта неудобицы, составления картограмм точечного внесения удобрений, прогнозирования объемов урожая, планирования и контроля проведения агротехнических мероприятий в реальном времени. Гибридный, типа «винтокрыл», сочетает преимущества коптера и самолёта. Комплектуется фотоаппаратом Sony с разрешением не менее 24 Мп и фокусным расстоянием

не менее 20 мм, мультиспектральной камерой, бортовым двухчастотным GNSS-приемником GPS и ГЛОНАСС, наземной станцией управления на базе ноутбука с предустановленным программным обеспечением, голосовым информатором. Возможности БПЛА – создание картографической основы, цифровой модели рельефа, мультиспектральная съемка, мониторинг агротехнических мероприятий в реальном времени, наблюдение за территориями и объектами инфраструктуры.

Беспилотный комплекс Геоскан 201 Агро группы компаний «Геоскан» является специальной версией для сельского хозяйства на базе БПЛА Геоскан 201 PRO. Разработан для решения целого спектра задач сельского хозяйства: обследование и инвентаризация земель, сопровождение мелиоративного строительства, оперативное создание карт NDVI, планирование внесения удобрений и контроль проведения агротехнических мероприятий. Оборудован двумя камерами – фотокамерой RGB и модифицированной ИК-камерой. Данные с первой используются для создания ортофотоплана, карты высот, 3D-модели, со второй – для карты NDVI. В состав комплекса также входят ноутбук с установленным программным обеспечением для планирования полетного задания GeoScan Planner и специальное программное обеспечение по обработке данных Спутник Агро. После проведения обследования могут быть сформированы файлы с заданием на выполнение работ для сельскохозяйственной техники. Геоскан 201 Агро способен за один полет собрать данные на площади до 2200 га.

В ВИМ разработано платформенное решение для мониторинга селекционных полей (рис. 8), в состав которого входят: беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 Pro Plus; подвес, учитывающий расположение сенсоров БПЛА и особенности полета; мультиспектральная камера Parrot Sequoia с высокой разрешающей способностью съемки; программное обеспечение для пилотирования БПЛА и сбора материалов аэрофотосъемки – DJI GO, Mica Sence Atlas, Pix4D Capture; ПО для обработки мультиспектральных данных Pix4D Mapper; ПО для обработки аэрофотоснимков: Agisoft Metashape; почвенная лаборатория [32].



Рис. 8. Платформенное решение и комплектующие для мониторинга селекционных полей

На рис. 9 представлена схема основных этапов мониторинга и обработки полученной информации обследования полей беспилотными летательными аппаратами [33].



Рис. 9 Этапы мониторинга сельскохозяйственных полей БПЛА

4. ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОСНАЩЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

4.1. Полезные нагрузки

Полезная нагрузка предназначена для совместного использования с летательным аппаратом, предоставляет возможность выполнять те или иные работы и получать необходимые данные. В зависимости от вида выполняемых работ полезные нагрузки могут включать в свой состав фотоаппаратуру, мультиспектральные и киберспектальные камеры, видеокамеры стандартного и высокого разрешения, камеры инфракрасного диапазона (тепловизоры), высокоскоростные камеры, дозиметрические датчики и системы, лазерные сканеры, различные исполнительные механизмы, радиолокационное и прочее оборудование. Устройства, необходимые для сбора данных или выполнения требуемых задач, не должны превышать массу полезной нагрузки, указанной в технической характеристике БПЛА, чтобы не оказывать отрицательного влияния на длительность полета и другие его характеристики. Желательно, чтобы полезная нагрузка подключалась к бортовой сети БПЛА, а не к дополнительным источникам питания – это позволит избежать превышения веса [32, 34].

Одной из основных полезных нагрузок БПЛА при обследовании полей сельскохозяйственного назначения является фотоаппарат. Данные, полученные с его помощью, служат основой для создания ортофотопланов (табл. 3) [14-31]. Число снимков и затраты времени на обработку полученных результатов аэрофотосъемки зависят от производительности фотокамеры и её матрицы.

Таблица 3

Характеристика наиболее используемых фотоаппаратов для БПЛА

Название и марка	Назначение, основные особенности
 Sony DSC-RX1	Цифровая компактная фотокамера. Профессиональный уровень и качество DSLR. Полноразмерная матрица 24,3 Мп, процессор BIONZ, компактный корпус. Масса 453 г, габаритные размеры 113x65,4x69,6 мм

Название и марка	Назначение, основные особенности
Sony Alpha A6000 	Полнофункциональная беззеркальная камера с видеискателем, актуальным сенсором, быстрой и точной системой фокусировки. Габаритные размеры 120x66,9x45,1 мм. Одна из самых быстрых беззеркальных камер компании «Sony»
Sony Alpha A5000 	Легкая беззеркальная камера небольших размеров с матрицей типа APS-C CMOS разрешением 20.1 Мп, процессором обработки изображений Bionz X, встроенным модулем Wi-Fi, технологией NFC, поворотным LCD монитором 3" с разрешением 460800 точек
Sony Alpha NEX-5T 	Фотокамера NEX-5T делает снимки со скоростью и точностью зеркального фотоаппарата. Благодаря большой матрице с разрешением 16,1 Мп APS-C фотографии остаются яркими и четкими даже при низком освещении
Sony Alpha A7 	Полнокадровая камера со сменным объективом. Может быть использована при аэрофотосъемочных работах на больших высотах. Матрица 24,7 Мп CMOS, шторно-щелевой затвор

Для задач общего мониторинга предпочтительно использовать фотокамеру Sony Alpha A6000, поскольку у нее высокие разрешение и производительность съемки (га/ч при заданном размере пикселя). A6000 поддерживает быструю передачу файлов (фото- и видеороликов) на компьютер, смартфон и другие устройства через Wi-Fi, а NFC (технология беспроводной передачи данных малого радиуса действия) способствует ускорению процедуры спаривания устройств. Кроме того, все снимки можно сразу же загрузить в фирменное хранилище PlayMemories Online. Процессор BIONZ X фотокамеры за счет особых алгоритмов способствует улучшению детализации. Скорострельность аппарата определена 11 кадрами в 1 с, а скорость фокусировки по заявлению производителя составляет 0,06 с.

Другой наиболее востребованной задачей при обследовании земель сельскохозяйственного назначения является оценка состояния растительности. Она актуальна на всех стадиях созревания растений, позволяет оценить текущую урожайность и планировать комплекс работ для ее повышения в будущем.

Мульти- и гиперспектральные камеры для мониторинга изменений показателей растительности фиксируют свет, отражающийся от растений в разных диапазонах (цвет). Эти камеры формируют одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных диапазонах спектра электромагнитного излучения, а не только в оптическом. С помощью полученных спектральных данных в программном обеспечении проводится расчет вегетационных индексов NDVI, NDWI, NDRE, CIGreen и других, позволяющих выявить процессы и явления, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом спектре. На основе индексов создаются вегетационные карты с разнообразной информацией (степень засоренности посевов, оценка всхожести, плотность посевов, местоположение незасеянных пятен, содержание азота и влаги в листьях и др.).

Основное различие между использованием мульти- и гиперспектральных камер заключается в количестве спектральных полос (каналов) и их ширине. В то время как мультиспектральные изображения обычно содержат от 5 до 12 полос, гиперспектральные состоят из сотен или тысяч (размер каждой 5-20 нм) каналов (рис. 10).

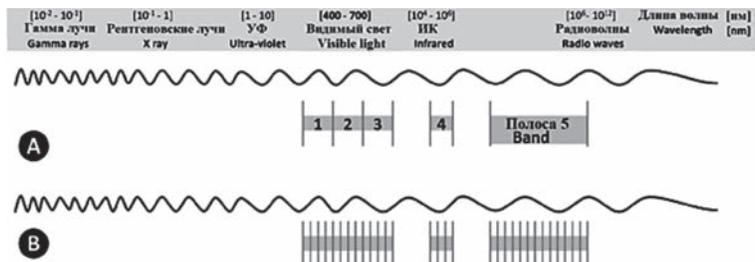


Рис. 10. Спектральные каналы и их ширина:

A – мультиспектральная камера (диапазон – пять широких каналов); B – гиперспектральная камера (диапазон – сотни узких каналов)

Камера Sentera High Precision NDVI & NDRE (рис. 11а) интегрируется на множество беспилотных платформ, включая DJI Phantom и Mavic, и позволяет получить доступ к данным о зрелости сельскохозяйственных культур. Датчик доступен в двух вариантах – NDVI и NDRE. Sentera High Precision создает детализированные снимки RGB или снимки ближней инфракрасной области спектра (NIR), позволяющие производить нормализованные карты урожая. Программное обеспечение Field Agent для Интернета, мобильных устройств и настольных ПК дает возможность анализировать и сравнивать NDVI. Основные характеристики: формат изображения JPEG и TIFF, разрешение 1,2 Мп CMOS, размер пикселя 3,75 μm , количество пикселей 1248 по горизонтали и 950 по вертикали, фокусное расстояние 4,14 мм, масса 30 г, память 32 Гб.

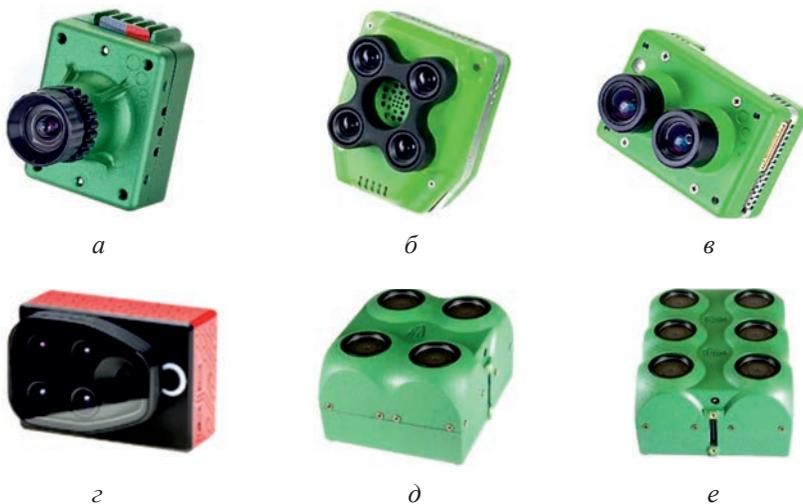


Рис. 11. Камеры Sentera High Precision NDVI & NDRE (а), Sentera Quad Ag (б), Sentera Double 4K Ag (в), Parrot Sequoia + (г), MAPIR Kernel 4 Camera Array (д), MAPIR Kernel 6 Camera Array (е)

Мультиспектральная камера Sentera Quad Ag с четырьмя сенсорами по 1,2 Мп предназначена для съемки сельхозугодий и расчета вегетационных индексов NDVI, NDRE (см. рис. 11б). Имеет один сенсор видимого спектра RGB, три монохромных сенсора на спектры 655, 725, 800 нм. Используется на БПЛА Sentera PHX, DJI Inspire 2, Inspire 1 и дронах платформ DJI Phantom 3 и 3DR Solo. Масса 170 г.

Мультиспектральная камера Sentera Double 4K Ag (см. рис. 11в) с двумя сенсорами предназначена для съемки сельхозугодий и расчета вегетационных индексов NDVI. Универсальная, совместима с любым БПЛА. Спектры – синий 446 нм (ширина 60 нм), зеленый 548 нм (45 нм), красный 650 нм (70 нм), 720 нм (40 нм), NIR 840 нм (20нм). Масса 80 г.

Мультиспектральная камера Parrot Sequoia + (см. рис. 11г) проводит съемку в видимом диапазоне и мультиспектральную съемку в четырех спектральных каналах. Снимки используют для расчета вегетационных индексов в сельском хозяйстве. Совместно с камерой используется датчик солнечного освещения, который устанавливается наверху летательного аппарата. Информация с датчика передается на камеру для корректировки снимка с учетом разности уровня света. Масса 72 г.

Мультиспектральная камера MAPIR Kernel 4 Camera Array (см. рис. 11д) предназначена для мониторинга состояния посевов. Требуемое программное обеспечение: DroneDeploy, Mission Planer, Pix4d. Масса 45 г.

Мультиспектральная камера MAPIR Kernel 6 Camera Array (см. рис. 11е) предназначена для мониторинга состояния посевов. Имеет шесть спектральных каналов. Требуемое программное обеспечение: DroneDeploy, Mission Planer, Pix4d. Масса 45 г.

Мультиспектральная камера (рис. 12а) предназначена для мониторинга состояния посевов. Имеет внешний GPS-приемник, обеспечивающий геометку каждому изображению. Предлагается как в широкоугольной, так и в узкоугольной версии объектива. Требуемое программное обеспечение – DroneDeploy, Mission Planer, Pix4d. Масса 76 г.



Рис. 12. Камеры MAPIR Survey3 (а), MicaSense RedEdge M (б), Micasense RedEdge-MX (в), БПЛА P4 Multispectral (г), Tetracam ADC Micro (д)

Мультиспектральная камера MicaSense RedEdge M (см. рис. 12б) снимает в пяти независимых спектральных каналах. Содержит узкополосные красные, зеленые и синие каналы для цветных изображений RGB, которые при обработке выравниваются со всеми видимыми и невидимыми полосами и индексами растительности. Имеет сенсор освещённости. Интегрируется различными платформами БПЛА, в том числе с беспилотным комплексом M5 AGRO (АО «Геомир»). Масса 231,9 г.

Мультиспектральная камера Micasense RedEdge-MX (см. рис. 12в) позволяет делать снимки одновременно в пяти узких диапазонах, захватывая как видимый спектр, так и ближний ИК. Благодаря этому за один пролёт можно получить полную информацию о площади и сформировать композитные псевдоцветные изображения наравне с RGB-снимками. Поставляется с датчиком солнечного спектра DLS 2. Фокусное расстояние объективов 5,5 мм. Масса 231,9 г.

Мультиспектральная камера БПЛА P4 Multispectral (см. рис. 12г) компании «DJI Agriculture» имеет шесть 1/2,9-дюймовых матриц CMOS, включая одну матрицу видимого излучения RGB и пять монохромных, для формирования мультиспектральных изображений. Встроенный спектральный датчик солнечного света в верхней части дрона определяет интенсивность солнечного излучения, что увеличивает точность и стабильность получения данных в разное время суток. Число эффективных пикселей каждой матрицы 2,08 млн (общее число пикселей 2,12 млн). Угол обзора 62,7°, фокусное расстояние 5,74 мм.

Мультиспектральная камера Tetracam ADC Micro (см. рис. 12д) позволяет получать мультиспектральные изображения высокого качества с небольших БПЛА для сельскохозяйственных, промышленных и экологических заказчиков. Камера и поставляющееся с ней программное обеспечение PixelWrench2 подходят для получения и обработки мультиспектральных изображений посевов и лесов, а также изучения различных экосистем. Имеет память 2 Гб (возможно расширение до 8 Гб). Фокусное расстояние объектива 8,43 мм, масса 90 г.

4.2. Программное обеспечение для планирования, выполнения полетных заданий БПЛА и обработки полученных данных

В рамках предполетного планирования необходимо подобрать программу, которая будет планировать полетные миссии с учетом специфики местности и погодных условий [34-36]. На данный момент наиболее востребованными приложениями являются Pix4Dcapture, DroneDeploy, Atlas Flight.

Pix4Dcapture –мобильное приложение для планирования съемки, которое автоматически создает оптимизированные планы полетов с привязкой к определенной области. Мобильное приложение позволяет выбрать тип полета, соответствующий целям полетного задания (рис. 13).



Рис. 13. План полета БПЛА в приложении Pix4Dcapture

После постановки задачи приложение проверяет дрон на возможные ошибки, при отсутствии которых его можно запускать.

Программное обеспечение DroneDeploy автоматизирует полет беспилотника и обеспечивает аэрофотосъемку (рис. 14). Спланировав и рассчитав маршрут, можно запускать дрон в полет, он автоматически сделает фото в нужных точках и под нужным ракурсом. После полета отснятые фото с SD-карты памяти необходимо загрузить на сервер DroneDeploy для обработки. После обработки фотопланы и 3D-модели можно посмотреть как через мобильное приложение, так и через браузер. DroneDeploy работает в облаке (доступ с любого места, с любого устройства).

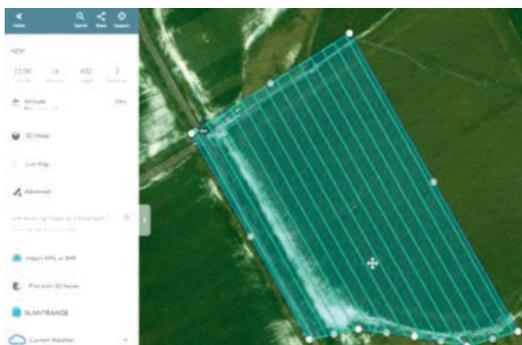


Рис. 14. План полета БПЛА в приложении DroneDeploy

Программное обеспечение Atlas Flight позволяет создать план полета, который состоит из ряда точек (координаты x , y , z). После ввода требуемых настроек полета Atlas Flight отправит путевые точки в БПЛА, который берет на себя управление – взлет, навигацию из одной путевой точки в другую и посадку. Программа удобна в использовании, так как в режиме реального времени при следовании дрона по заданию аэрофотоснимки загружаются на веб-сервис MicaSense Atlas, на котором создается ортофотоплан.

Программное обеспечение GeoScan Planner компании «Геоскан» позволяет строить полетные задания площадных и линейных объектов, использовать различные режимы полета (полет по точкам, с учетом рельефа и др.), загружать kml- и kmz-файлы, использовать различные картографические подложки. Достаточно выделить область съемки на карте или загрузить из файла, и программа сама построит полетное задание, отправит его на беспилотник и проконтролирует качество выполненного полета. Обеспечивает управление без пультов и навыков пилотирования [20].

Для настройки и управления дронов компании «DJI» используются программы DJI GO 4 и DJI Pilot. С их помощью можно не только управлять дроном, но и изменять настройки камеры, сенсоров, отслеживать статус всех систем устройства, редактировать отснятый материал и др. [37, 38].

Основным способом оценки параметров изучаемых объектов (почва, засоренность, объем зеленой массы и др.) являются обработка и интерпретация фотоснимков, полученных с БПЛА. Камера летательного аппарата снимает значительное число фотографий поверхности объекта, которые, в свою очередь, для их корректного объединения в единую карту, делаются со значительным перекрытием. Полученные во время мониторинга аэрофотоснимки необходимо склеить и преобразовать для дальнейшей работы с данными. На рынке существует множество программ с различными функционалами, в зависимости от целей и задач используются наиболее подходящие из них. Самыми популярными являются Agisoft Metashape, MicaSense Atlas, Pix4Dmapper [34].

Программное обеспечение Agisoft Metashape максимально раскрывает возможности фотограмметрии: позволяет обрабатывать изображения, получаемые с помощью RGB- или мультиспектральных камер, включая мультикамерные системы, преобразовывать снимки в плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, высокоточные геопривязанные ортофотопланы и цифровые модели рельефа/местности (ЦМР/ЦММ).

MicaSense Atlas – облачная платформа для обработки, хранения, управления, анализа и обмена мультиспектральных данных, полученных с помощью мультиспектральных камер. Это мощный инструмент для создания ортомозаик, растительных индексов и другой информации, который используется для интерпретации и понимания состояния полей. После обработки данных с помощью MicaSense Atlas полученные изображения преобразуются в управляемую информацию с помощью инструментов анализа и визуализации.

Inpho UAS Master – программа от известной компании «Trimble» для работы с БПЛА. Предлагает полный спектр работ с информацией, получаемой с беспилотника: создание ортофотопланов, карт рельефа, карт NDVI. Предусмотрена полная интеграция с другими фотограмметрическими модулями Inpho [35].

Широко известным программным продуктом, предназначенным для фотограмметрической обработки данных БПЛА, получения детальных ортофотопланов и трехмерных моделей объектов, является Pix4DMapper компании «Pix4D». В процессе камеральной обработки данных программа Pix4DMapper создает ортомозаику высокого разрешения, цифровую модель местности и рельефа, 3D-модель полета с геопривязкой аэрофотоснимков. Рассчитываются также вегетационные индексы NDVI, NDWI, NDRE, CIGreen. На его базе с целью упрощения процесса обработки данных и их оперативного вовлечения в рабочий процесс компанией создан новый продукт – Pix4DFields – специально для фермеров, агрономов и селекционеров [39]. Основные преимущества Pix4DFields: минимально необходимый функционал и интуитивно понятный интерфейс; процесс обработки максимально прост и нацелен на получение выходных данных; поддерживаются наиболее распространённые мультиспектральные камеры для БПЛА;

мобильность использования: высокая скорость построения ортофотоплана позволяет использовать приложение для валидации полученных результатов съёмки непосредственно в поле. Работа начинается с загрузки снимков, после чего автоматически осуществляется построение мозаики. Опционально могут быть добавлены границы полей, загруженные из внешнего источника или нарисованные непосредственно в окне программы на карте или готовой мозаике (рис. 15).



Рис. 15 Результат построения ортофотоплана и границы полей, введенные пользователем

Pix4DFields позволяет осуществлять расчёт спектральных индексов, выбор которых достаточно широк: NDVI, NDRE, SIPI2, LCI, TGI, VARI, BNDVI, GNDVI. Набор доступных индексов подбирается автоматически исходя из доступных спектральных каналов камеры. В интерфейсе программы можно не только просмотреть, но и сравнить результаты расчётов индексов (рис. 16).

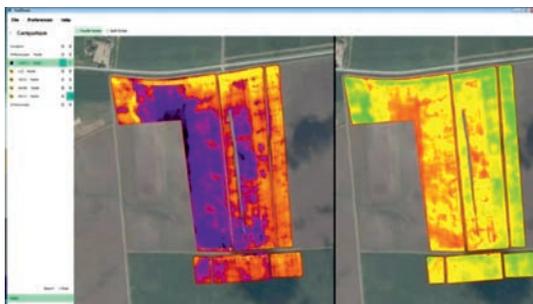


Рис. 16. Сопоставление вегетационных индексов

В приложении есть функция построения геозон для решения задач точного земледелия. Для этого необходимо выбрать исходный индекс, детальность и желаемое количество зон. Для каждой зоны может быть вписано предписание, например по внесению удобрений (в кг/га). Полученные результаты (мозаика, индексы, геозоны) могут быть выгружены в стандартные форматы для просмотра и работы с ними в ГИС.

Компания «DJI» предлагает программное обеспечение DJI Terra, которое преобразует данные с беспилотников в цифровые 3D-модели и карты [40]. Программный инструмент позволяет предприятиям и организациям, использующим беспилотные летательные аппараты DJI, получать, визуализировать и анализировать аэрофотоснимки для решения широкого спектра задач в различных отраслях, в том числе при картографировании сельскохозяйственных полей. С помощью DJI Terra также можно запланировать маршрут, по которому дрон будет следовать в автоматическом режиме. Благодаря различным настройкам можно задать необходимые условия полета, в зависимости от сложности исследуемой области и объекта съемки. DJI Terra совместима с компьютерами с ОС Windows и всеми текущими дронами DJI Phantom 4 Series.

Цифровая фотограмметрическая система PHOTOMOD компании «Ракурс» позволяет обрабатывать данные БПЛА с получением всех видов фотограмметрических продуктов – ЦМР, 3D-векторов, ортофотопланов, цифровых 2D и 3D-карт. PHOTOMOD объединяет широкий набор программных средств цифровой фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования земли, позволяющих получать пространственную информацию на основе изображений практически всех доступных съемочных систем, таких как кадровые цифровые и пленочные камеры, космические сканирующие системы высокого разрешения, а также радары с синтезированной апертурой. Добавление в PHOTOMOD специальных средств позволило нивелировать недостатки съемок с БПЛА (нестабильность полета, невысокая точность бортовых данных и др.) и получать качественные выходные результаты [41].

Agisoft PhotoScan Pro компании «Agisoft» является программой, предназначенной для обработки материалов аэрофотосъемки и получения ортофотопланов и цифровых моделей местности [42]. В качестве исходных данных для обработки выступают цифровые аэрофотоснимки и данные для привязки аэрофотоснимков – координаты центров фотографирования. После обработки создаются ортофотоплан, карта высот и 3D-модель. Отличается высокой степенью автоматизации выполняемых операций и не требует специальной квалификации для работы с ней.

4.3. Использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для определения пространственного местоположения БПЛА

БПЛА при аэрофотосъемке осуществляет полет на заданной местности в автоматическом и полуавтоматическом режимах, получает изображения с привязкой к географическим координатам, что позволяет использовать их для создания топографических карт. Одним из основных критериев гарантии выполнения поставленной перед БПЛА задачи является их автономное позиционирование в пространстве. Сейчас основным методом позиционирования не только для БПЛА, но и в других областях является глобальная система навигации. В общем случае ГНСС предназначена для определения пространственных координат, составляющих векторы скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения поправки показаний часов потребителя ГНСС в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства [3, 43].

В настоящее время самой развернутой системой спутникового позиционирования является американская система GPS NAVSTAR, которая обеспечивает предоставление услуг в глобальном масштабе. В составе орбитальной группировки GPS в штатном режиме используется 31 навигационный спутник. Каждый спутник передает радиосигнал, содержащий данные о местоположении, времени сигнала,

основных параметрах спутника и наземных станций слежения, объединенных в общую сеть. В системе GPS предусмотрено применение двух различающихся кодированных сигналов: кода Р (precision – точный) и С/А (clear acquisition – легко обнаруживаемый). Для развития системы GPS предусмотрены программы повышения точности гражданского навигационного сигнала, создания новых навигационных спутников с повышенными тактико-техническими характеристиками, реализации пространственного селективного доступа и др.

В Российской глобальной навигационной спутниковой системе (ГЛОНАСС) по целевому назначению используются 24 навигационных спутника. Система ГЛОНАСС – навигационная система двойного назначения, которая обеспечивает решение навигационных и координатно-временных задач в интересах как специальных, так и гражданских потребителей, позволяет осуществлять глобальную непрерывную навигацию путем использования сигналов стандартной и высокой точности с вероятностью 0,95 при 18 спутниках в группировке и 0,997 – при 24.

В отличие от системы GPS, реализующей кодовое разделение сигналов, в системе ГЛОНАСС используется частотное разделение сигналов. Если в системе GPS используются две частоты передачи сигналов, то в системе ГЛОНАСС – два диапазона частот. По аналогии с системой GPS диапазон частот сигнала стандартной точности называют диапазоном L1, а диапазон частот высокой точности – L2.

Работы по развертыванию ГНСС проводят страны Европейского союза (Galileo) и Китай (COMPASS/BciDou). Япония и Индия разворачивают региональные навигационные спутниковые системы – QZSS и IRNSS соответственно.

Базовым методом определения координат является вычисление расстояния от GPS-приемника до нескольких спутников, расположение которых считается известным. GPS-приемник определяет свое положение в теоретической трехмерной системе координат (x-y-z), затем эти значения конвертируются в координаты

наты широты, долготы и высоты над уровнем моря. Постоянно отслеживая свое местоположение в течение некоторого времени, GPS-приемник может рассчитать скорость и направление движения.

В настоящее время российские производители комплексов с БПЛА практически повсеместно используют приемники сигналов систем спутникового позиционирования совмещенного типа ГЛОНАСС/GPS. Для увеличения точности показаний данных с глобальной системы активно используются сети наземных стационарных вышек. Такие вышки являются реперными для системы навигации БПЛА, они определяют погрешности показаний глобальной системы навигации и отправляют поправки по радиоканалу на приемники БПЛА. Одной из распространенных на данный момент систем наземного типа, взаимодействующей с ГЛОНАСС/GPS, за счет которой на борт БПЛА приходят поправки к данным со спутников, является DGPS (Differential Global Positioning System – дифференциальная система глобального позиционирования). Как правило, DGPS обеспечивает более высокую точность, используя сеть стационарных наземных опорных станций по всему миру.

Основу навигационных систем беспилотных летательных аппаратов составляют приёмники глобальных систем спутниковой навигации, совмещённые с блоком инерциальных датчиков пространственной ориентации. Обычно это малогабаритный приемник с антенной, устанавливаемый на борт БПЛА и получающий данные со спутников.

Модульный ГНСС приемник Emlid Reach M+ (рис. 17а) позволяет решать задачи точного позиционирования современных беспилотных систем [44]. Обеспечивает поддержку сигналов GLONASS G1, GPS/QZSS L1, BeiDou B1, Galileo E1, SBAS. Emlid Reach M+, интегрируется в различные системы, требующие сантиметровую точность. Может управляться с помощью приложения ReachView.

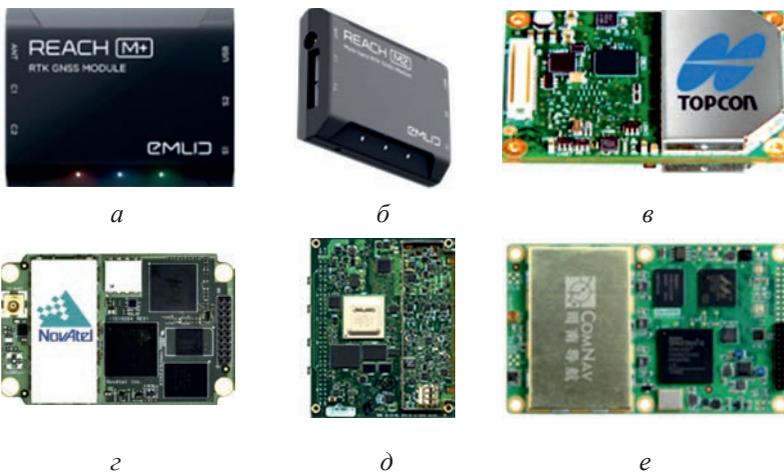


Рис. 17. Приемники ГНСС сигналов: Emlid Reach M+ (а), Emlid Reach M2 (б), B111 (в), NovAtel OEM617 (г), GNSS Javad (д), K708 (е)

Модульный ГНСС приемник Emlid Reach M2 (см. рис. 17б) для БПЛА предназначен для выполнения аэрофотограмметрических работ, построен на базе современного двухчастотного навигационного процессора швейцарского производства. Обеспечивает поддержку сигналов GLONASS (L1, L2), GPS/QZSS (L1, L2), BeiDou (B1, B2), Galileo (E1, E5) SBAS. Режимы работы – RTK, статика, кинематика, передача поправок. Память 16 Гб.

Плата ГНСС B111 (двухчастотный ГНСС приемник) компании «Торсон» (см. рис.17в) обеспечивает отслеживание спутниковых сигналов GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo, QZSS и SBAS и точность от субметровой (DGPS) до сантиметровой (RTK). Низкое энергопотребление, широкий набор интерфейсов передачи данных и поддержка большого количества внешних устройств делают плату B111 гибким и простым инструментом при интеграции в любой проект (БПЛА, сельское хозяйство, морская навигация, авиация и др.), где необходимо обеспечение точного позиционирования. Масса менее 20 г. Используется на БПЛА группы компаний «Геоскан» [45].

Двухчастотный ГНСС приёмник NovAtel OEM617 (см. рис. 17г) отслеживает сигналы всех существующих систем спутникового позиционирования – ГЛОНАСС, BeiDou, GPS, Galileo, QZSS – и поддерживает режим RTK. Обеспечивает позиционирование с метровым или сантиметровым уровнем точности.

Плата GNSS Javad (см. рис. 17д) используется во всем мире в летательных аппаратах, космической и автомобильной технике. В плате использованы высокотехнологичные стабильные цифровые фильтры (входное напряжение и температурный режим не меняются со временем), усовершенствованная технология определения межканальных смещений сигналов ГЛОНАСС. Встроенная память до 16 Гб. Масса 87 г.

Разработчик, производитель и поставщик высокоточного ГНСС-оборудования – компания «Ориент Системс» – предлагает для определения координат БПЛА во время всего полета с точностью до 1 см четыре модели плат: K708 (см. рис. 17е), K706, K501G и K500, которые обеспечивают прием GNSS-сигналов трех спутниковых систем – GPS, ГЛОНАСС и BeiDou. Встроенная память от 100 Мб до 8 Гб. Масса от 17,6 до 45 г [46].



5. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ОБЛАЧНЫЕ СЕРВИСЫ

Особенность применения информационных технологий в сельском хозяйстве состоит в том, что практически все используемые данные имеют пространственную (географическую) привязку [4, 47]. Если необходимо проанализировать распределение влажности почвы совместно с урожайностью, то эти данные должны находиться в одной системе координат и иметь необходимую координатную точность. Обрабатывать их могут программы, специализирующиеся на работе с пространственной информацией – географические информационные системы (ГИС) – системы сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о необходимых объектах. Особенность этих систем в том, что они позволяют интегрировать, вести и анализировать самые разные виды пространственно-распределенных показателей и описательных данных. Геоинформационные системы объединяют различную информацию в единый информационно-аналитический комплекс на основе пространственных данных [48], используются для создания и ведения кадастров земель и водных объектов, реестров собственности, экологического и погодного мониторинга, управления чрезвычайными ситуациями, оценки производственных рисков, анализа взаимосвязей различных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. По сути, ГИС – это объединение электронных карт, баз данных и средств их ведения и анализа. Возможности и гибкость этих систем обеспечивают их применимость как в масштабах всей страны, так и на уровне отдельного хозяйства. В сфере мониторинга земель ГИС-технологии используются для создания карт, данными для них служат результаты обработки материалов дистанционного зондирования с космических спутников, самолетов, БПЛА и непосредственные замеры на полях (рис. 18).

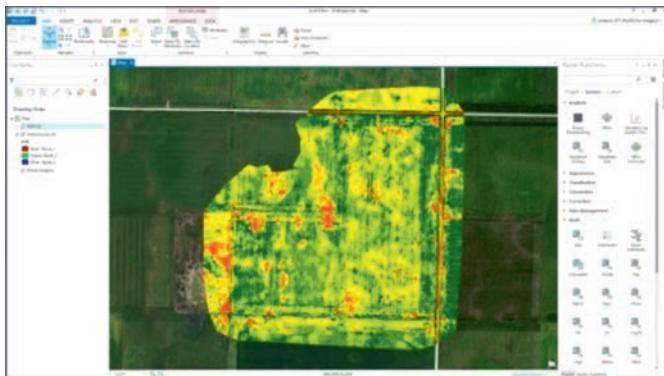


Рис. 18. Обработка снимков с БПЛА и вычисление вегетационных индексов в ГИС

Геоинформационные системы позволяют анализировать различные факторы. Например, средства топографического анализа позволяют строить на основе цифровых моделей рельефа карты экспозиций склонов, величин уклонов, определять коэффициенты инсоляции; средства гидрологического моделирования – определять интенсивность и направления поверхностного стока для оценки воздействия аграрной деятельности на окружающую среду. На основе топографического анализа и карт почв возможно построение карт эрозионного потенциала. Средства геостатистического анализа позволяют выявлять пространственно-временные зависимости урожайности от множества факторов, таких как влажность, кислотность, состав и другие характеристики почв, время и объем внесения удобрения и ядохимикатов и др.

Применение геоинформационных систем и данных аэросъемок возможно на разных уровнях управления сельским хозяйством. На федеральном уровне – ведение объединенной геоинформационной системы, используемой для ведения общего учета и создания кадастра сельскохозяйственных земель, прогноза урожайности в целом по стране, оценки благоприятных и неблагоприятных погодно-климатических факторов, слежения за долговременными тенденциями в отрасли и стратегического планирования. Также определяются осо-

бо охраняемые территории, и ГИС этого уровня могут использоваться для планирования мероприятий по их защите от неблагоприятного воздействия. Федеральный центр не только сам работает с такими данными, но и предоставляет их региональным центрам, причем как сами исходные данные, так и результаты их обработки, более пригодные для использования на местах для решения конкретных задач.

ГИС регионального уровня служат для решения задач учета сельхозугодий, определения ценности земель на основе многих факторов – мониторинга деятельности сельскохозяйственных предприятий, расчета ущерба и компенсационных выплат в случаях чрезвычайных ситуаций и др. Региональные сельскохозяйственные администрации могут использовать геоинформационные технологии также для оказания консультационных услуг непосредственно тем, кто обрабатывает землю.

В настоящее время имеется широкий выбор инструментальных пакетов программного обеспечения ГИС. К ним подключаются тематически ориентированные модули и приложения, предназначенные для управления моделями данных, построения цифровых моделей, обработки растровых изображений, выполнения расчетов, анализа и проектирования [48].

Наиболее известные ГИС, используемые в сельском хозяйстве, – это программные продукты компании КБ «Панорама», которая предлагает ГИС «Карта 2011» и ГИС «Панорама АГРО». Эти программные продукты позволяют осуществлять внутривладельческий учет земель, проводить пространственный анализ и мониторинг сельскохозяйственного производства. Геоинформационная система «Карта 2011» – универсальная программа, в которой реализован простой и удобный интерфейс, позволяющий создавать и редактировать электронные карты в многопользовательском режиме, совершать различные измерения и расчеты, строить трехмерные модели и ортофотопланы.

Программой, разработанной специально для внутривладельческого учета земель сельскохозяйственного назначения, является ГИС «Панорама АГРО» [49], обеспечивающая ввод и накопление сведе-

ний о севооборотах, характеристиках гранулометрического состава пашни, агрохимическом составе почв, фитосанитарном состоянии полей, урожайности и др. Результаты измерений и лабораторного анализа наносятся на карту, при этом каждая точка хранит информацию о координатах, высоте и показателях мониторинга. Далее по точкам строятся матрицы распределения характеристик по анализируемой местности, выполняются расчеты усредненных значений для рабочих участков и объектов учета. Одной из основных функций программы является ведение паспортов полей, включая ввод и редактирование атрибутивных сведений и геопространственную привязку, обеспечивающую режим синхронного отображения атрибутивных данных поля и его изображения на карте. Картографическая и атрибутивная информация об участке поля привязаны к году урожая, в результате ведется накопление данных – история полей.

Расширением ГИС «Панорама АГРО» является программа GIS WebServer AGRO [50, 51], которая ориентирована на специалистов в области земледелия и для работы со структурой посевных площадей и инфраструктурой сельскохозяйственного предприятия с применением веб-технологий. В нее добавлен режим ретроспективного анализа данных с БПЛА. Режим «Сельскохозяйственные угодья» обеспечивает создание и редактирование электронной шнуровой книги полей, выполнение агрохимических расчетов, просмотр и редактирование технологических карт выполнения агротехнических мероприятий на поле, анализ данных мониторинга и формирование различных отчетов.

Геоинформационная платформа ArcGIS компании «Esri CIS» позволяет запустить ГИС как фермерского хозяйства, так и агрохолдинга [52, 53]. ArcGIS создает и поддерживает базу геоданных по земельным ресурсам, расширяет область применения ГИС в организации и решает задачи на базе единой платформы: оперативно следит за состоянием сельскохозяйственных культур путем анализа снимков со спутников и БПЛА; проводит инспекцию полей с помощью готовых мобильных ГИС; анализирует работу техники и выявляет различные нарушения эксплуатации; интегрируется с существующими учетными системами; осуществляет переход к

точному земледелию. Система предоставляет набор инструментов для поддержания пространственной и атрибутивной целостности данных по земельным участкам. Пользователям доступна загрузка в систему точных кадастровых границ из выписок Росреестра или подключение картографических веб-сервисов. На основе встроенных или собственных данных о рельефе в ArcGIS проводится автоматизированный расчет морфометрических характеристик (углы наклона, крутизна, экспозиция склонов, направление стока, выделение водосборных бассейнов), позволяющих провести классификацию территории и применить комплексные характеристики, основанные на составлении специальных индексов. ArcGIS позволяет выявить закономерности в распределении количественных характеристик, определяющих влажность почвы, содержание солей и удобрений в ее поверхностном слое. Для пользователей платформы ArcGIS доступно два настольных приложения для обработки снимков с БПЛА: Drone2Map for ArcGIS и ArcGIS Pro Ortho Mapping, которые, как и другие продукты Esri, интегрированы в единую геоинформационную платформу. Благодаря приложению Drone2Map for ArcGIS может быть создано несколько видов продукции на основе наклонных снимков с летательного аппарата. Начинать проводить обработку снимков можно прямо в поле, для этого используется ускоренный метод обработки, который дает более грубые результаты, но позволяет быстро оценить отснятые кадры, чтобы принять решение о необходимости проведения дополнительного залета. Далее выполняется полноценная обработка, в результате которой можно создать следующие виды продукции: карты для инспектирования, ортофотомозаики, цифровые модели местности, текстурированные 3D-модели объектов; при использовании мультиспектральной камеры можно получить точные карты вегетационного индекса (NDVI) с шагом до нескольких сантиметров.

Геоинформационная система «ЦПС: АгроУправление» на платформе «1С: Предприятие» используется для организации геоинформационного центра как сельскохозяйственных производителей, так и крупных агрохолдингов [54]. Является комплексным решением автоматизации задач управления электронными картами, ве-

дения кадастрового и агрономического учетов, проведения мониторинга и земель и транспорта, учета работ на полях, управления инфраструктурой компании. Обеспечивает оперативный анализ и интерпретацию результатов дистанционного зондирования Земли (данные аэрофотосъемки спутниками и БПЛА): карт-схем индекса вегетации NDVI, однородности всходов полей, карт высот и уклонов для планирования севооборота, водную и ветровую эрозию почв.

Среди решаемых задач имеются следующие: управление и хранение электронных карт полей; инвентаризация и мониторинг земель сельскохозяйственного предприятия; учет полей, земельные правоотношения, кадастровый учет по собственному или арендованному земельному фонду; агрономический учет и анализ состояния земель и посевов.

Геоинформационная система Спутник Агро компании «Геоскан» ориентирована на решение задач точного земледелия [55]. Это простой в использовании и эффективный инструмент для просмотра и анализа пространственных данных, полученных путем фотограмметрической обработки аэрофотосъемки с БПЛА. Предоставляет необходимый набор инструментов для решения задач инвентаризации земель, контроля посевов и агротехнических мероприятий, планирования мелиорации. Программное обеспечение дает возможность полноценной работы с растровыми картами в любом спектральном диапазоне, данными о рельефе и векторными картами.

Развитие информационных технологий привело к созданию новой модели доступа к вычислительным ресурсам – облачных сервисов. Такие сервисы охватывают широкий круг возможностей: от простого хранения информации до предоставления нескольких сотен виртуальных компьютеров с огромными вычислительными ресурсами. Предоставление и сопровождение программного обеспечения, выделение вычислительных ресурсов, хранение и резервирование данных, обеспечение бесперебойной работы облачного обслуживания предоставляет поставщик услуг – облачный провайдер. Доступ к таким сервисам осуществляется с компьютера или мобильного устройства, имеющего выход в Интернет. Для малых компаний, особенно сельскохозяйственного профиля, разбросанных на боль-

ших территориях и разделенных на филиалы, у которых компьютерная техника является лишь инструментом, использование облачных сервисов является привлекательным [56].

«Геоаналитика.Агро» – облачный геоинформационный веб-сервис компании «СОВЗОНД», предназначенный для поддержки принятия решений в области сельского хозяйства, предоставляет доступ к массиву постоянно обновляемой информации о характере землепользования, состоянии сельскохозяйственной растительности и условиях произрастания, а также возможность создания и обновления границ полей (рабочих участков) сельскохозяйственных предприятий по снимкам с космоса и БПЛА высокого и сверхвысокого пространственного разрешения. Технологическую основу сервиса формируют геосистемное моделирование и интеллектуальный анализ данных, включая анализ временных рядов данных дистанционного зондирования Земли, метео- и другой геопространственной информации, использование моделей интерполяции, классификация по набору параметров. В сервисе для работы выбираются необходимые категории продуктов, из которых на сегодняшний день доступны следующие: «Почвы», «Рельеф», «Агрометеорологические условия» [57-59].

Продукты категорий «Рельеф» и «Почва» предоставляют информацию о локальных условиях произрастания растений, обусловленных морфометрией рельефа и почвенными условиями. Учет почвенных и геоморфологических условий позволяет решать многие задачи – от планирования севооборотов и проектирования мелиоративных сооружений до точного определения доз органических и минеральных удобрений и норм полива при возделывании определенных сельскохозяйственных культур. Данная категория включает в себя карты абсолютных высот местности и крутизны склонов. Дифференциация свойств почвенного покрова в значительной степени определяется рельефом местности и его морфометрическими характеристиками. Экологическое значение рельефа обусловлено влиянием топографических факторов, таких как экспозиция и крутизна склонов, расчлененность рельефа, относительная и абсолютная высота. Морфометрия рельефа – один из ключевых факто-

ров почвообразования, определяющих условия увлажнения почв, а также энергию склоновых процессов, приводящих к деградации земельных угодий и выводу земель из сельскохозяйственного оборота. Данная категория включает в себя карты водной эрозии почв, гидроморфности почвенного покрова.

Категория продуктов «Агрометеорологические условия» предназначена для осуществления мониторинга метеоусловий, оказывающих существенное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур и развитие растений. Это карты погоды, термических условий произрастания, условий увлажнения, снежного покрова и освещенности.

Облачный сервис «История поля» (АО «Геомир») – система дистанционного мониторинга и контроля сельскохозяйственных угодий, которая позволяет вести оперативный мониторинг состояния посевных площадей, планирование сельскохозяйственных операций, контроль техники, работающей на полях, полевые журналы и др. В число основных функций сервиса входит формирование электронных карт полей. Имеется модуль – спутниковый мониторинг полей и съемка с БПЛА. Используя фото- и мультиспектральные снимки с БПЛА, можно проводить анализ соответствия реальных границ полей кадастровым и осуществлять автоматическое выделение неоднородных зон на полях, лучших и отстающих полей в соответствии с плановыми показателями; формировать карты вегетационного индекса NDVI; контролировать процесс роста и развития культур на полях. Все данные в облачном сервисе «История поля» хранятся и накапливаются по годам. Это позволяет в любой момент посмотреть, что происходило на полях в предыдущие годы и к чему это привело. Одной из важных функций облачного сервиса «История поля» является использование снимков, сделанных БПЛА совместно со спутниковыми снимками. Их анализ дает возможность выявить и оценить динамику изменения проблемных зон на полях, а также состояние развития культур в целом. При обнаружении проблемных зон они могут быть выделены и автоматически переданы в мобильное приложение для дальнейшего наземного осмотра. Использование мобильного устройства с установленным мобильным приложением

значительно упрощает навигацию на полях и обнаружение проблемных зон [60].

Геоаналитическая платформа РусГИС ПАО «Ростелеком» предназначена для организации, визуализации и анализа пространственных данных, а также связанной с ними информации. Позволяет формировать информационно-аналитические и геоинформационные сервисы для органов государственной власти всех уровней и коммерческих организаций на основе принципов облачных технологий и сервис-ориентированной архитектуры. Сельхозпроизводители могут использовать платформу РусГИС для инвентаризации сельхозугодий, анализа и визуализации данных, в том числе для выявления кадастровых ошибок, управления земельными ресурсами, оценки состояния посевов и почв, мониторинга годичного цикла севооборота. Система сравнивает базы Росреестра, ФНС, ОМСУ, выявляет расхождения и строит отчеты. Дополнительно сюда привлекаются ортофотопланы, полученные с БПЛА или самолетов. Совместив их с данными Росреестра и местных администраций, выявляются свободные земельные участки, участки с признаками нецелевого использования и несоответствием фактических границ документам [61].



6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Перспективность использования БПЛА для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения в последние годы подтверждается ростом числа компаний, занимающихся их разработкой, номенклатуры предлагаемых моделей и спектра услуг, предоставляемых данными компаниями для сельского хозяйства. Также увеличивается количество исследований эффективности применения и практического использования БПЛА в сельском хозяйстве.

Компанией «Съемка с воздуха» (Москва) по заказу администрации Смоленской области выполнены работы в рамках проекта по инвентаризации сельскохозяйственных земель вблизи поселка Стомино. Были поставлены задачи: выявление неиспользуемых земель, упорядочение существующих территорий, составление актуальных карт. Для этого использовалось беспилотное воздушное судно Geodrone L с фотокамерой Sony Alpha A6000. Аэрофотосъемка проходила с использованием следующих параметров: высота съемки 450 м, скорость полета 65 км/ч, перекрытие 60%. После обработки результатов получены данные, привязанные к местной системе координат, ортофотопланы территории с пространственным разрешением до 7 см/пиксель. Точность привязки по контрольным опознавательным знакам составила до 10 см. Дополнительно получена цифровая модель высот для дальнейшего использования в ГИС [62].

В Новокубанском филиале ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ) в 2017 г. для проверки соответствия заявленной площади земель тестового полигона НТЦ КубНИИТиМ, определения реальных контуров полей и составления электронных карт с контурами полей была проведена аэрофотосъемка [63, 64]. Предусматривалось также создание ортофотоплана, карт нормализованного относительного индекса вегетации NDVI и электронной карты с возможностью отображения кадастровых границ участков. Для этого использо-

вались комплекс на базе беспилотного летательного аппарата Геоскан 201 с мультиспектральной камерой Sony Alpha A5000, фотоаппаратом Sony DSC-RX-1, приемником глобальной навигационной спутниковой системы и программное обеспечение GeoScan Planner (для наземной станции управления полетом), Agisoft Photoscan (для фотограмметрической обработки снимков) и ГИС Спутник Агро (для визуализации данных о состоянии сельскохозяйственных культур). Результаты хронометражных наблюдений показали, что за время полета (3 ч 35 мин) БПЛА Геоскан 201 обработал 2088 га, при этом производительность за 1ч основного времени составила 583,2 га/ч. Полученные снимки позволили создать ортофотоплан тестового полигона, а для точного отображения границ полей были сделаны их электронные контуры в формате KML, которые при загрузке в программу «ГИС Спутник Агро» формируют электронную карту. Данные, полученные с БПЛА, показали, что заявленная посевная площадь (2088 га) тестового полигона фактически равна 2056,46 га, т. е. на 31,54 га меньше. Мультиспектральная аэрофотосъемка с помощью БПЛА позволила оперативно создать точные электронные карты полей тестового полигона и электронную карту вегетационного индекса NDVI, а также измерить длины гонов, площади, уклоны и объемы, что в дальнейшем планируется применить при разработке карт для внесения удобрений и химикатов.

Поверхностный смыл на сельскохозяйственных землях является наиболее распространенным видом эрозии почв, связанной с поверхностным стоком, образующимся при выпадении дождей или таянии снега и стекающим по склону в виде мелких ручейков. В Почвенном институте им. В.В. Докучаева проведено исследование возможностей индикации и картографирования ручейковых форм эрозии почв по данным, получаемым с беспилотных летательных аппаратов. Для проведения аэрофотосъемки использовали квадрокоптер DJI Phantom 4 с 12-мегапиксельной фотокамерой, а для предварительной обработки материалов съемки – фотограмметрическое программное обеспечение Agisoft PhotoScan Pro. Полученные и предварительно обработанные снимки импортировали в ГИС ILWIS и совмещали друг с другом на основе специально созданной

локальной координатной системы. После этого был проведен анализ дешифрируемости ручейковой сети по изображениям, полученным с разной высоты. В качестве критерия использовали величину (долю) совпадений результатов дешифрирования с исходной картой ручейковой сети площадок. Съёмка тестового участка проводилась с разной высоты и в разное время для определения потенциальной дешифрируемости ручейковой эрозии почв на основе автоматизированных подходов в ГИС. Установлено, что, несмотря на изменения рисунка ручейковой сети в течение теплого периода года, для оценки площадей ее развития достаточно однократной съёмки за сезон. Согласно полученным данным, интенсивность развития ручейковых форм эрозии почв наиболее успешно может быть идентифицирована по результатам съёмки с высоты 50 м над уровнем поверхности почвы. Успешность идентификации ручейковой сети зависит от типа, состояния посевов и времени съёмки. Наиболее эффективна съёмка в периоды с открытой поверхностью почв и максимально удаленные по времени от предыдущего дождя или снеготаяния. Полученные результаты предназначены для построения систем оперативного дистанционного мониторинга эрозии пахотных почв [65].

Эрозия почв является основным механизмом физической деградации и снижения плодородия сельскохозяйственных земель. Точная оценка темпов смываемого почвенного материала – необходимое условие для проведения всего комплекса агромероприятий, в том числе противоэрозионных, а также прогнозирования темпов восстановления почв. В ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» проведены исследования по использованию беспилотных летательных аппаратов для расчета объемов эрозии и аккумуляции на малых водосборах, расположенных в Республике Татарстан и Ставропольском крае. В качестве оборудования для съёмки использовался малый беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4. Обработка результатов съёмки включала в себя уравнивание снимков, создание плотного облака точек, его фильтрацию и сегментацию от артефактов и точек, не относящихся к рельефу, а также создание цифровой модели рельефа с шагом сети, равной 5 см. Весь цикл камеральных работ проводился в программном

обеспечении Agisoft Photoscan. В ходе проведенных работ получены высокоточные разновременные цифровые модели рельефа, количественные и качественные данные о смыве и аккумуляции на выбранных водосборах, оценены плановые изменения в струйчатом звене. Сделаны выводы: беспилотные летательные аппараты, обладая компактными габаритами и сравнительно низкой стоимостью, позволяют создавать высокоточные цифровые модели рельефа и местности для территории водосборов первого порядка площадью до 5 км² за одни сутки полевых работ. При этом при организации высокоточной привязки проведение повторных наблюдений позволяет проводить оценку изменений, произошедших на объекте исследования [66].

В исследованиях, проводимых ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», особая роль отводится применению беспилотников при управлении производственным процессом сельскохозяйственных культур. На полигоне института регулярно проводятся дистанционные обследования посевов с помощью беспилотных летательных аппаратов самолётного и вертолётного типов. На них размещаются цифровые камеры для получения аэрофотографий посевов в видимой и инфракрасной областях спектра электромагнитного излучения. Для проведения азотных подкормок на опытных полях закладываются тестовые площадки с известной дозой внесённых азотных удобрений. Средние значения колориметрических (цветовых) характеристик посева на каждой из тестовых площадок являются эталонными. Посредством сравнения с ними характеристик остальных зон поля проводится оценка потребности растений в азоте с помощью созданного специалистами автоматизированного метода построения калибровочных кривых по колориметрическим характеристикам аэрофотографий посевов. Такой подход позволяет провести оценку обеспеченности растений азотом на любом участке поля. Данный метод мониторинга посевов, оценки их потребности в азотном питании и прецизионного внесения удобрений является доступным, недорогим и достаточно точным [67].

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» совместно с другими научными учреждениями на протяжении ряда

лет также проводит научные исследования по применению дистанционных методов обследования осушенных мелиорированных земель с использованием беспилотных летательных аппаратов. По полученным аэрофотоснимкам определяется техническое состояние осушительных мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Результаты исследований используются для разработки мероприятий по улучшению мелиоративного состояния мелиорированных земель, обеспечению на них оптимального питательного, водно-воздушного и микробиологического режимов в течение всего вегетационного периода [68].

Российским государственным аграрным университетом – МСХА имени К.А. Тимирязева проведены оценка возможности использования спектрозональной аэрофотосъемки с применением БПЛА для мониторинга посевов озимой пшеницы по вегетационному индексу NDVI и сравнение результатов аэрофотосъемки с результатами наземного сканирования оптическим датчиком GreenSeeker® RT 200 в разные фазы развития посевов. Беспилотную съемку осуществляли с помощью БПЛА eBee AG SenseFly с камерой Canon S110 NIR. По результатам мониторинга посевов озимой пшеницы в разные фазы развития сделан вывод, что с применением аэрофотосъемки аппаратом достигается воспроизводимая картина пространственного распределения индекса NDVI, в высокой степени совпадающая с результатами наземного сканирования оптическим датчиком. По итогам аэрофотосъемки за несколько минут может быть сформирован файл-предписание для внесения азотных подкормок по технологии офлайн с учетом неоднородности посева [69].

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ установлено, что БПЛА могут быть использованы для картирования селекционных участков, определения координат их границ и взаимного размещения на поле, оценки всхожести посевов, незасеянных пятен и плотности биомассы, обеспеченности растений элементами питания, фитосанитарного состояния растений, качественной и количественной оценки физико-механических и агротехнических свойств почвы селекционных участков как одного из важных факторов управления продукционным процессом [70].

В ходе работ по наблюдению за селекционными посевами сои с помощью БПЛА выявлены следующие проблемы селекционеров: разметка участков поля под селекционные посевы производится с большими погрешностями; после работы техники теряются крайние точки участка, смываются границы; у селекционеров нет возможности зафиксировать места при взятии проб почвы, биоматериала и выполнении других задач. Для их решения выполнена аэрофото-съемка поля с БПЛА. По ее данным программой Agisoft Metashape составлены ортофотоплан и цифровая модель поверхности поля (рис. 19).



Рис. 19. Ортофотоплан и цифровая модель поверхности

Анализ показал, что максимальный перепад рельефа составил 2 м по длине 600 м и не более 0,5 м по ширине 100 м. С учетом полученных данных на поле было выбрано место для разметки участка под селекционные посевы. С помощью мобильного устройства и приложения NextGIS Mobile зафиксированы координаты крайних точек поля и мест взятия проб почвы. В программном обеспечении QGIS на ортофотоплан нанесены координаты крайних точек поля и мест взятия проб почвы для дальнейшего анализа и восстановления общей картины и разметки. Это позволяет сохранить информацию о конфигурации поля на момент разметки, зафиксировать координаты участка и восстановить его границы при их утере [71].

Также в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ проведены исследования по оценке перезимовки всходов озимой пшеницы на селекционном поле с использованием легких беспилотных летательных аппаратов. Платформа для мониторинга посевов озимой пшеницы состояла из БПЛА DJI Phantom 4 pro, мультиспектральной камеры Parrot Sequoia и подвеса для ее крепления. Для обработки данных использовалось программное обеспечение Pix4Dmapper и Agisoft Metashape. В программе Agisoft Metashape была создана цифровая модель поверхности, которая показала, что засеянный участок озимой пшеницы расположен в верхнем левом углу поля, а само поле имеет естественный уклон, и эту особенность необходимо учитывать при орошении и внесении средств химзащиты. По результатам обработанных данных были созданы ортофотоплан высокого качества с геопривязкой данных, цифровая модель поверхности, рассчитаны четыре вегетационных индекса (NDVI, NDWI, NDRE, ClGreen) и созданы их вегетационные карты. Сделаны выводы, что полученный ортофотоплан отвечает основным требованиям селекционеров, но приблизить детально и разглядеть каждое растение невозможно. Для изучения и мониторинга небольших селекционных участков подходит БПЛА DJI Phantom 4 pro, но возникает потребность в миниатюрной камере с механическим затвором, способной делать снимки в разрешении 6К. В целом данные с БПЛА полностью подтверждаются данными селекционеров, полученными с помощью наземных методов исследования [72].

Одной из важнейших задач современного земледелия является поддержание благоприятного фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур. Рациональная организация защиты растений от сорных растений (СР) основана прежде всего на объективной оценке засоренности посевов, вредоносности и прогнозе состояния агрофитоценоза в будущем. На полях научного севооборота ВНИИБЗР (г. Краснодар) синхронно с наземными были проведены дистанционные воздушные обследования тестовых участков с помощью БПЛА. С целью определения возможности применения БПЛА для мониторинга сорной растительности испытаны два аппарата вертолетного типа – гексакоптер «ФитоСан-1А» (опыт-

ный образец, собранный сотрудниками ВНИИБЗР) и квадрокоптер «DJI Phantom 3 Advanced», а также аппарат самолетного типа «Геоскан 101». В результате исследований установлено, что БПЛА имеют ряд преимуществ над традиционными методами учета сорных растений. БПЛА вертолетного типа позволяют проводить детальное обследование посевов с возможностью посадки на поле и регистрации даже малого числа всходов сорняков с последующим определением по фотоснимкам их видовой принадлежности. Они обеспечивают получение изображений из любой точки поля, что особенно актуально при оценке засоренности труднодоступных мест и высокорослых культур. БПЛА самолетного типа позволяют оперативно получить общую оценку посевов с бóльшей площади за меньшее время, что актуально при использовании спектральных камер. Данные исследований засоренности полевых культур в нескольких хозяйствах позволяют экстраполировать результаты исследований, полученных на полях стационара, на территорию степной зоны возделывания Краснодарского края [73].

В ФГБОУ ВО Тверская ГСХА ведутся исследования и разработана методика фотограмметрии и дистанционного зондирования по определению участков земли, заражённых борщевиком Сосновского, различными методами, в том числе беспилотным летательным аппаратом [74].



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ научно-технической информации показывает, что земли сельскохозяйственного назначения выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат особой охране, направленной на сохранение их площади, предотвращение развития негативных почвенных процессов и повышение плодородия почв. В целом по стране по состоянию на 1 января 2019 г. площадь неиспользуемых земель составила 11,38% общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Однако задача ввода их в сельскохозяйственный оборот осложняется отсутствием актуальной и достоверной информации о неиспользуемых участках, их местоположении и границах, качественном состоянии. Для обеспечения полноценного мониторинга земель, отвечающего современным требованиям сбора, анализа, хранения и использования информации, необходимо, наряду с традиционными методами, применять новые системы наблюдения, основанные, в том числе на использовании беспилотных летательных аппаратов.

Выявлено, что применение аэрофотосъемки с БПЛА позволяет решать широкий спектр задач: инвентаризация сельхозугодий, уточнение контуров полей и посевных площадей; выделение локальных участков угнетенной растительности; определение участков полей, подверженных водной эрозии; выявление агротехнических погрешностей; уточнение карт микрорельефа сельскохозяйственных угодий; техническое сопровождение процесса реализации технологических решений в технологии точного земледелия; мониторинг состояния осушительных мелиоративных систем.

Установлено, что БПЛА могут быть использованы для картирования селекционных участков, определения координат их границ и взаимного размещения на поле, оценки всхожести посевов, незасеянных пятен и плотности биомассы, обеспеченности растений элементами питания, фитосанитарного состояния растений, качественной и количественной оценки физико-механических и агротехни-

ческих свойств почвы селекционных участков как одного из важных факторов управления производственным процессом.

БПЛА, в зависимости от решаемых задач, оснащаются полезной нагрузкой для фото- и видеосъемки, мультиспектральными камерами, разнообразными датчиками и малогабаритными бортовыми компьютерами. В определении координат и скорости современных БПЛА, как правило, задействованы спутниковые навигационные приемники. Углы ориентации и перегрузки определяются с помощью гироскопов и акселерометров. Ряд БПЛА, предлагаемых компаниями, являются специализированными комплексами (платформами) с комплектацией, в том числе для обследования земель сельскохозяйственного назначения. В сравнении со спутниковыми, пространственные данные с беспилотных летательных аппаратов отличаются хорошей детализацией исследуемой территории, что позволяет получать более подробные пространственные сведения. Подобная информация обладает высокой точностью позиционирования относительно земных координат и позволяет определить координату объектов по высоте. Для планирования, выполнения полетных заданий БПЛА и обработки полученных данных на рынке существует и предлагается множество программных средств зарубежных и отечественных компаний. Беспилотные летательные аппараты обладают еще одним существенным преимуществом – доступностью применения непосредственно работниками сельскохозяйственного предприятия.

Осуществлять внутрихозяйственный учет земель, проводить пространственный анализ и мониторинг сельскохозяйственного производства позволяют геоинформационные системы (ГИС). Данными для них служат результаты обработки материалов дистанционного зондирования как с космических спутников и самолетов, так и с БПЛА. Их использование возможно на разных уровнях управления сельским хозяйством – федеральном и региональном.

БПЛА широко применяются в сельском хозяйстве многих зарубежных стран: США, Японии, Китая, Италии, Бразилии и др. По данным зарубежных источников, лучшими признаны следующие модели: DJI T600 Inspire 1 (Китай), Ebee SQ (Швейцария), AgDrone, Lancaster 5, Phoenix 2, RX-60, Trimble UX5, 3DR Solo, OMNI AG и

AgBot (США). Основными отечественными компаниями, занимающимися разработкой беспилотных авиационных систем, в том числе для сельского хозяйства, являются ООО НПП «АВАКС-GeoСервис», ГК «Геоскан», ГК ZALA AERO, ГК «Беспилотные системы» и др.

Таким образом, перспективной альтернативой и дополнением к традиционным методам мониторинга земель является использование БПЛА, основные достоинства которых – рентабельность, возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов, высокая разрешающая способность при простоте съемочной аппаратуры, оперативность получения снимков, что обеспечивает оптимальное соотношение между качеством данных и их стоимостью. Перспективность использования БПЛА для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения в последние годы подтверждается ростом числа компаний, занимающихся их разработкой, номенклатурой предлагаемых моделей и спектра услуг, предоставляемых данными компаниями для сельского хозяйства. Также растет количество исследований эффективности применения и практического использования БПЛА в сельском хозяйстве.



ЛИТЕРАТУРА

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.
3. **Щеголихина Т.А., Гольдяпин В.Я.** Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч. аналит. обзор. – ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.
4. **Балабанов В.И., Федоренко В.Ф., Гольдяпин В.Я.** и др. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 240 с.
5. **Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольдяпин В.Я., Голубев И.Г.** Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.
6. **Якушев В.П., Якушев В.В., Блохина С.Ю.** Научные основы построения интеллектуальных систем для точного земледелия // Вестн. защиты растений. – 2020. – № 103(1). – С. 25-36.
7. **Петрушин А.Ф., Митрофанов Е.П.** Оценка состояния дренажных систем сельскохозяйственного поля с помощью данных дистанционного зондирования // Вестн. рос. с.-х. науки. – 2017. – № 4. – С. 17-20.
8. БПЛА компании «АгроДронГрупп» соберут данные о полях ГК «АгроТерра» [Электронный ресурс]. URI: https://agbz.ru/news/bpla-kompanii--agrodrongrupp--soberut-dannyye-o-polyah-gk--agroterra/?sphrase_id=216943 (дата обращения: 10.06.2020).
9. Российская венчурная компания вложила в сельскохозяйственные дроны [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2018/03/20/754349-rvk> (дата обращения: 10.06.2020).
10. Дроны и БПЛА [Электронный ресурс]. URL: <https://agrodron.com.ua/ru/> (дата обращения: 10.06.2020).
11. Беспилотники в сельском хозяйстве – контроль на дистанции [Электронный ресурс]. URL: https://agbz.ru/articles/bespilotniki-v-selskom-hozyaystve--kontrol-na-distantsii/?sphrase_id=216943 (дата обращения: 10.06.2020).

12. Хорт Д.О., Личман Г.И., Филиппов Р.А., Беленков А.И. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии // Фермер. Поволжье. – 2016. – №7. – С. 34-37.

13. Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольяпин В.Я., Федоренко И.В. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 232 с.

14. Best Drones For Agriculture 2020: The Ultimate Buyer’s Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://bestdroneforthejob.com/drone-buying-guides/agriculture-drone-buyers-guide/> (дата обращения: 10.06.2020).

15. Best Agricultural Drones 2020 – Reviews and Specs [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dronethusiast.com/agricultural-drones/> (дата обращения: 10.06.2020).

16. Сельскохозяйственные беспилотники [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geomir.ru/catalog/bpla/> (дата обращения: 10.06.2020).

17. Наши продукты [Электронный ресурс]. URL: <http://optiplane.ru/#product> (дата обращения: 16.06.2020).

18. Профессиональные беспилотники БПЛА, готовые к поставке [Электронный ресурс]. URL: <http://alb.aero/catalog> (дата обращения: 10.06.2020).

19. Беспилотные воздушные суда [Электронный ресурс]. URL: <https://zala-aero.com/production/bvs/> (дата обращения: 12.06.2020).

20. Продукты [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products> (дата обращения: 16.06.2020).

21. Беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]. URL: <https://uav-siberia.com/catalog/uavs/> (дата обращения: 12.06.2020).

22. Продукция [Электронный ресурс]. URL: <http://unmanned.ru/uav/> (дата обращения: 12.06.2020).

23. Продукция [Электронный ресурс]. URL: <http://luftera.ru/products/> (дата обращения: 12.06.2020).

24. БПЛА [Электронный ресурс]. URL: <https://ascam.aero/oborudovanie/samoletyi/> (дата обращения: 12.06.2020).

25. RoboAvia – Разработка и производство беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. URL: <https://robo-avia.ru/> (дата обращения: 12.06.2020).

26. Дроны для промышленности [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.coex.tech/> (дата обращения: 12.06.2020).

27. Общее описание беспилотной авиационной системы [Электронный ресурс]. URL: <http://ptero.ru/uasptero/uasptero.html> (дата обращения: 12.06.2020).

28. Продукция [Электронный ресурс]. URL: <https://aerolab.ru/products.html> (дата обращения: 12.06.2020).

29. Разработки [Электронный ресурс]. URL: <https://www.plazlink.com/products.html> (дата обращения: 12.06.2020).

30. Разработка и производство многоцелевых беспилотных комплексов [Электронный ресурс]. URL: <https://diam-aero.ru/> (дата обращения: 12.06.2020).

31. Сельскохозяйственные полетные платформы DJI [Электронный ресурс]. URL: <https://4vision.ru/catalog/selskohozyajstvennye.html> (дата обращения: 12.06.2020).

32. **Артюшин А.А., Курбанов Р. К., Захарова О.М., Марченко Л.А.** Выбор типоразмерного ряда беспилотных летательных аппаратов и полезной нагрузки для мониторинга сельскохозяйственных полей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – Вып. 4(37). – С. 36-43.

33. Мониторинг сельхозугодий [Электронный ресурс]. URL: <https://enterprise.4vision.ru/otrasli/selskoe-hoziaistvo/monitoring/> (дата обращения: 12.06.2020).

34. **Курченко Н.Ю., Ильченко Я.А., Труфляк Е.В.** Разработка программного обеспечения для обработки снимков, полученных с беспилотных летательных аппаратов. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 60 с.

35. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Балабанов В.И., Манохина А.А.** Оптический полевой мониторинг в оригинальном картофелеводстве // Наука в центральной России. – 2019. – № 6(42). – С. 91-99.

36. **Курбанов Р.К., Захарова О.М., Захарова Н.И., Горшков Д.М.** Программное обеспечение для мониторинга и контроля показателей селекционных процессов посевов сои // Инновации в сел. хоз-ве. –2019. – № 3(32). – С. 122-132.

37. DJI GO 4 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dji.com/ru/downloads/djiapp/dji-go-4> (дата обращения: 12.06.2020).

38. DJI Pilot [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dji.com/ru/downloads/djiapp/dji-pilot> (дата обращения: 12.06.2020).

39. «СовЗонд» представляет для аграриев обзор программных продуктов Pix4D с бесплатной месячной подпиской [Электронный ресурс]. URL: https://agbz.ru/news/sovzond--predstavlyaet-dlya-agrariyev-obzor-programmnyih-produktov-Pix4D-s-besplatnoy-mesyachnoy-podpiskoy/?sphrase_id=216943 (дата обращения: 12.06.2020).

40. DJI Terra: мир в цифровом формате [Электронный ресурс]. URL: <https://www.djimsk.ru/> (дата обращения: 15.06.2020).

41. ЦФС PHOTOMOD [Электронный ресурс]. URL: <https://tacurs.ru/program-products/tsfs-photomod/> (дата обращения: 15.06.2020).

42. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan [Электронный ресурс]. URL: <http://unmanned.ru/files/photoscan-pro-ru.pdf> (дата обращения: 15.06.2020).

43. **Завгородняя Д.В.** Использование ГНСС-технологий для определения пространственного местоположения беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс]. URL: <https://russiandrone.ru/publications/ispolzovanie-gnss-tehnologiy-dlya-opredeleniya-prostranstvennogo-mestopolozheniya-bespilotnogo-leta-aerogeo/> (дата обращения: 15.06.2020).

44. Роверы [Электронный ресурс]. URL: <https://aerostream.pro/ru/product-category/accessories/%d1%80%d0%be%d0%b2%d0%b5%d1%80%d1%8b/> (дата обращения: 15.06.2020).

45. Сборка и эксплуатация комплекса Геоскан 401 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoscan.aero/themes/geoscan/assets/products/tabs/401/manual/index.html> (дата обращения: 15.06.2020).

46. БПЛА [Электронный ресурс]. URL: <https://orsyst.ru/4uav> (дата обращения: 15.06.2020).

47. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: <https://blogs.esri-cis.ru/2018/08/09/gis-for-agriculture/> (дата обращения: 15.06.2020).

48. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве России // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 3. – С. 103-106.

49. **Железняков В.А., Демиденко Р.А.** Построение систем учёта земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://gisinfo.ru/item/73.htm> (дата обращения: 15.06.2020).

50. GIS WebServer AGRO использует данные с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга сельскохозяйственных угодий [Электронный ресурс]. URL: <https://gisinfo.ru/newspages-news-1619-0> (дата обращения: 15.06.2020).

51. GIS WebServer AGRO [Электронный ресурс]. URL: <https://russian-fieldday.ru/upload/iblock/e4d/%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0%20%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%BE.pdf> (дата обращения: 15.06.2020).

52. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. URL: <https://www.esri-cis.ru/industries/natural-resources/agriculture/> (дата обращения: 15.06.2020).

53. Беспилотниками уже никого не удивить: данные с БПЛА в ArcGIS [Электронный ресурс]. URL: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=24061&SECTION_ID=1095 (дата обращения: 15.06.2020).

54. Геоинформационная система «ЦПС: АгроУправление» [Электронный ресурс]. URL: https://1cps.ru/products_line/cpsagrouppravlenie-geoinformacionnaya-sistema-gi (дата обращения: 15.06.2020).

55. Спутник Агро [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/software/sputnik/agro> (дата обращения: 16.06.2020).

56. **Бегенина Л.Ю.** Тенденции развития облачных технологий и их практическое применение // Техника и оборуд. для села. – 2014. № 3. – С. 41-44.

57. Геоаналитика.Агро [Электронный ресурс]. URL: <https://sovzond.ru/products/online-services/geoanalitika-agro/> (дата обращения: 16.06.2020).

58. Компания «Совзонд» [Электронный ресурс]. URL: <http://gisgeo.org/assets/files/%D0%97%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0-%D0%A1%D0%BE%D0%B2%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B4.pdf> (дата обращения: 16.06.2020).

59. **Былинина Ю.В.** Перспективы использования геоинформационных систем в агропромышленности // Конкурентоспособность территорий: матер. XX Всерос. экон. форума молодых ученых и студентов (27-28 апреля 2017 г.). – Екатеринбург: Уральский гос. экон. ун-т. – С. 23-27.

60. История поля [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geomir.ru/catalog/programmy-dlya-selskogo-khozyaystva/istoriya-polya/> (дата обращения: 16.06.2020).

61. РусГИС – платформа для сложных задач с аналитикой и геоданными [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/rostelecom/blog/343580/> (дата обращения: 16.06.2020).

62. Аэрофотосъемка земель сельскохозяйственного назначения с БПЛА с целью векторизации [Электронный ресурс]. URL: https://rusdrone.ru/project_pilot/aerofotosemka-zemel-selskokhozyaystvennogo-naznacheniya-s-bpla-s-tselyu-vektorizatsii/ (дата обращения: 16.06.2020).

63. Результаты исследований способов выявления внутрислоевого неоднородности почвенного покрова: отчет № 05-2017 о НИР. – Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), 2017. – 116 с.

64. **Воронков И.В.** Разработка методического и аппаратно-программного обеспечения мониторинга посевов: науч. докл. – пос. Правдинский, 2017. – 20 с.

65. **Каштанов А.Н., Вернюк Ю.И., Савин И.Ю.** и др. Картографирование ручейковой эрозии пахотных почв по данным с беспилотных летательных аппаратов // Почвоведение. – 2018. – № 4. – С. 506–512.

66. **Гафуров А.М.** Использование беспилотных летательных аппаратов для оценки почвенной эрозии // Научные ведомости. – 2019. Т. 4., – № 2. – С. 182-190. (Естественные науки).

67. **Якушев В. П., Блохина С.Ю.** Состояние и перспективы использования дистанционного зондирования Земли в интересах сельского хозяйства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15. – №5. – С. 257–262.

68. **Дубенок Н.Н., Янко, Ю.Г., Петрушин А.Ф.** Перспективы использования данных дистанционного зондирования в оценке состояния мелиоративных систем и эффективности использования мелиорированных земель // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве: матер. II Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 26–28 сентября 2018 г.). – С. 26-37.

69. **Железова С.В., Ананьев А.А., Вьюнов М.В., Березовский Е.В.** Мониторинг посевов озимой пшеницы с применением беспилотной аэрофотосъемки и оптического датчика GreenSeeker® RT200 // Вестн. Оренбургского гос. ун-та, 2016. – № 6 (194). – С. 56-61.

70. **Личман Г.И., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Курбанов Р.К.** Использование БПЛА для мониторинга состояния селекционных участков //

Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: (матер. IX Междунар. науч.-практ. конф.). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – С. 311-315.

71. **Курбанов Р К., Горшков Д.М., Захарова Н И., Захарова О М.** Применение геоинформационных решений для обследования селекционных полей // Инновации в сел. хоз-ве. – 2019. – № 3. – С. 140-146.

72. **Курбанов Р К., Захарова Н И., Захарова О. М., Горшков Д.М.** Оценка перезимовки всходов селекционной озимой пшеницы с помощью БПЛА // Инновации в сел. хоз-ве. – 2019. – № 3 (32). – С. 133-139.

73. **Шумилов Ю.В., Лунева Н.Н., Ермоленко С.А.** и др. Использование беспилотных летательных аппаратов для целей фитосанитарного мониторинга в отношении сорных растений. [Электронный ресурс]. URL: http://vestnik.vizrspb.ru/assets/documents/issues/2018/4/vestnik_18-4_4_Shumilov.pdf (дата обращения: 16.06.2020).

74. **Кудрявцев А.В., Никифоров М.В., Орлова О.С.** и др. Результаты цифрового мониторинга полей на засоренность борщевиком Сосновского // Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времен : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч. практ. конф. (11-13 февраля 2020 г.). – Тверь: ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, 2020. – С. 198-202.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Компании, оказывающие услуги по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения беспилотными летательными аппаратами

Название	Адрес	Телефон, адрес сайта и электронной почты
АО «ГЕОМИР»	141006, Московская область, г. Мытищи, Олимпийский просп., 50	Тел. +7 (495) 788-85-90. E-mail: info@geomir.ru, office@geomir.ru. https://www.geomir.ru
Компания «АероТехАгро»	630090, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Инженерная, 18	Тел. +7 (923) 144-53-58. E-mail: agro@aerotech.group. http://aerotech.group/
ГК «Геоскан»	194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 22л	Тел +7 (812) 363-33-87. E-mail: info@geoscan.aero. https://www.geoscan.aero/ru
Компания «Сервис Гео»	119435, Москва, Большой Саввинский пер., 9, стр. 1, оф. 320	Тел. +7 495 720 68 84. E-mail: info@srvgeo.ru. https://srvgeo.ru/
Компания «Беспилотные технологии»	630008, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Кирова, 29, оф. 305	Тел. +7 (913) 370-67-49. E-mail: tg.bpla@gmail.com. http://www.bplatech.ru/
ООО «Передовые аэротехнологии» – «АэроГеоКад»	634055, Томская обл., г. Томск, просп. Развития, 8, оф. 75-12	Тел. 8 952 155 97 35. E-mail: unmanned70@mail.ru. https://www.aerogeocad.ru/
ГК «Беспилотные системы»	426011, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. 10 Лет Октября, 24-62	Тел.: +7 3412 51-51-65, +7, 912 743-46-85. E-mail: info@unmanned.ru. http://unmanned.ru/
Компания «ПРОМаэро»	443011, Самарская обл., г. Самара, ул. Тихвинская, 24а	Тел. 8 (800) 707-06-91. E-mail: info@prom.aero. http://prom.aero/
ООО «Агродронгрупп»	115201, Москва, Сколково, ул. Луговая, 4, стр. 4	Тел.: +7 (499) 3508565, +7 (905) 7180683. E-mail: info@agrodronegroup.ru. http://agrodronegroup.ru/
ООО «Авиационные роботы»	192019, Санкт-Петербург, ул. Мельничная, 8л, ком. 625	Тел. +7 (812) 603-46-07. E-mail: sales@aviarobots.ru. http://aviarobots.ru/

Продолжение приложения

Название	Адрес	Телефон, адрес сайта и электронной почты
Компания «Робофлот»	129085, Москва, ул. Годовикова, 9 (Технопарк «Калибр»)	Тел. +7 499 938 56 60. E-mail: info@roboflot.ru. https://www.roboflot.ru/
Компания «ZALA AERO»	426011, Удмуртская Республика, г. Ижевск, а/я 9050	Тел.: +7 (800) 550-421-4. +7 (495) 66-55-120. E-mail: info@zala.aero. https://zala-aero.com/
Компания «Русгеоком»	129327, Москва, ул. Коминтерна, 7, корп. 2	Тел. +7 (495) 604-00-00. E-mail: geo@rusgeocom.ru. https://www.rusgeo.com/
ООО «Альбатрос»	141009, Московская обл., г. Мытищи, ул. Карла Маркса, 2	Тел. 8-800-222-33-16. E-mail: info@alb.aero. http://alb.aero/
ООО «Простор»	192019, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, 14, корп. 4, оф. 109	Тел. +7 (812) 648-47-42. E-mail: manager@skyindustry.ru. https://skyindustry.ru/
Компания «Совзонд»	115563, Москва, ул. Шипиловская, 28а (Бизнес-центр «Милан»)	Тел.: +7 (495) 642-8870, +7 (915) 206-0665. E-mail: sovzond@sovzond.ru. https://sovzond.ru/
Компания «SLYSKY»	125493, Москва, ул. Михалковская, 13, корп. в	Тел. +7 (495) 724-15-21. E-mail: info@slysky.ru. https://slysky.ru/
Компания «DATUM Group»	344011, г. Ростов-на-Дону, Доломановский пер., 70г	Тел. +7 863 303-30-70. E-mail: group@datum-group.ru. https://datum-group.ru/
Компания «4vision»	115201, Москва, Каширский пр., 17, стр. 5	Тел.: +7 495 150-09-34, +7 800 333-67-91. E-mail: info@4vision.ru. https://4vision.ru/
Компания «Съемка с воздуха»	105064, Москва, ул. Казакова, 15	Тел. +7 (495) 12-52-082. E-mail: info@rusdrone.ru. https://rusdrone.ru
ООО «АС-КАМ»	344068, г. Ростов-на-Дону, ул. Нариманова, 121	Тел. +7 863 230 69 69. E-mail: info@ascam.aero. https://ascam.aero/

Продолжение приложения

Название	Адрес	Телефон, адрес сайта и электронной почты
ООО «Бизнес Технологии»	630001, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Жуковского, 102, оф. 504/2 (БЦ «Кларус»)	Тел +7 (383) 230-07-37. E-mail: info@btair.ru. http://btair.ru/
Компания «ПТЕРО»	115432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, 12, стр. 11	Тел. +7 (499) 553-03-98. E-mail: uav@ptero.ru. http://ptero.ru/
Компания «Геокад»	630034, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Троллейная, 35	Тел. +7 (383) 352-15-50. E-mail: info@geocad.ru. http://www.geocad.ru/
Компания «Аэромакс»	115432, Москва, просп. Андропова, 18, корп. 9	Тел. +7 495 748 35 77. E-mail: office@aerom.ax. https://aerom.ax/

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ИХ УЧЕТ И МОНИТОРИНГ	5
2. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....	12
3. СОВРЕМЕННЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	18
4. ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОСНАЩЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	40
4.1. Полезные нагрузки	40
4.2. Программное обеспечение для планирования, выполнения полетных заданий БПЛА и обработки полученных данных	46
4.3. Использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для определения пространственного местоположения БПЛА.....	52
5. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ОБЛАЧНЫЕ СЕРВИСЫ.....	57
6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
ЛИТЕРАТУРА	77
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	84

**Владимир Яковлевич Гольдяпин,
Николай Петрович Мишуров,
Вячеслав Филиппович Федоренко,
Иван Григорьевич Голубев,
Виктор Иванович Балабанов,
Дмитрий Анатольевич Петухов**

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ
ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**

Аналитический обзор

Редактор *М.А. Обознова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Г.А. Прокопенковой*
Корректор *В.А. Белова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 12.08.2020 Формат 60x84/16
Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная
Печ. л. 5,5 Тираж 500 экз. Изд. заказ 68 Тип. заказ 203

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1575-6



9 785736 715756

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министерства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложениях к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

**Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138)
и редакцию с любого месяца и на любой период,
перечислив деньги на наш расчетный счет.
Стоимость подписки на 2020 г. с учетом доставки
по Российской Федерации – 4752 руб. с учетом НДС (10%);
396 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.**

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех»,
п/с 20486Х71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России
по ЦФО БИК 044525000 ОКТ МО 46758000

**Журнал уже получают тысячи сельхозтоваро-
производителей России и стран СНГ**

В Информационном бюллетене Минсельхоза России
Вы можете разместить свои аналитические
и рекламные материалы, соответствующие целям
и профилю журнала. Размещение рекламы
можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех»
перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92,
(495) 993-55-83,
(495) 993-44-04.

e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru

