

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ — НОВОЕ СЛОВО В ПРОГРЕССИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

К.В. Васин (НПК «Джи Пи Эс Ком»)

В 2000 г. окончил факультет фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». С 2012 г. работает в НПК «Джи Пи Эс Ком», в настоящее время — руководитель аэросъемочного отдела.

С.Г. Герасимова (НПК «Джи Пи Эс Ком»)

В 1996 г. окончила географический факультет по специальности «физико-географ, ландшафтовед», а в 2009 г. — факультет журналистики по специальности «деловая журналистика» Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Работала в институте «Гипрогор», компаниях «Геокосмос» и «Алхимик Стрэтеджи». С 2012 г. работает в НПК «Джи Пи Эс Ком», в настоящее время — руководитель отдела маркетинга.

Сельское хозяйство РФ существенно уступает по эффективности сельскому хозяйству развитых стран мира. Эта ситуация остается неизменной не один десяток лет, и лучше всего ее характеризует один из основных показателей рентабельности сельскохозяйственного производства — урожайность. И дело здесь вовсе не в климатических условиях — урожайность аналогичных культур в Скандинавии или Канаде, где природные условия более суровые, выше, чем в средней полосе России. На рис. 1 приведены показатели урожайности сельскохозяйственных культур в России и за рубежом по данным Росстата и аудиторско-консалтинговой компании ФБК. Причина кроется в размере и направленности инвестиций в эту сложную отрасль, которые делают возможным внедрение в земледелие современных прогрессивных технологий.

Во всем цивилизованном мире уже более 20 лет приме-

няется практика точного земледелия. Она основана на понимании того, что условия для развития растений неоднородны даже в рамках одного сельскохозяйственного поля и, тем более, на огромных площадях крупного агропромышленного предприятия. Особенности микрорельефа, биохимические характеристики, гидрологический режим почвы и ряд других локальных факторов, которые могут существенно отличаться на разных участках одного и того же поля, заметно влияют на состояние посевов. Таким образом, к управлению сель-

скохозяйственными угодьями нужно подходить дифференцированно — точно оценивать оптимальную плотность посева для каждого участка, рассчитывать нормы внесения удобрений и средств защиты растений. Это позволит в будущем более точно предсказывать урожайность и осуществлять финансовое планирование.

НПК «Джи Пи Эс Ком» представляет на российском рынке беспилотные летательные аппараты (БПЛА) eBee. Это суперлегкие аэросъемочные комплексы, разработанные компанией senseFly (Швейцария).

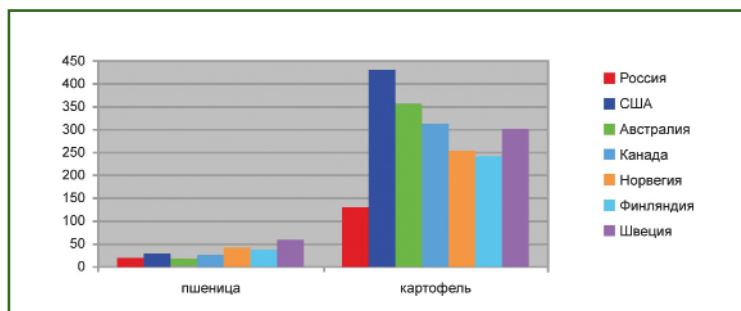


Рис. 1

Средняя урожайность сельскохозяйственных культур в России и за рубежом в 2003–2012 гг. (ц/га)

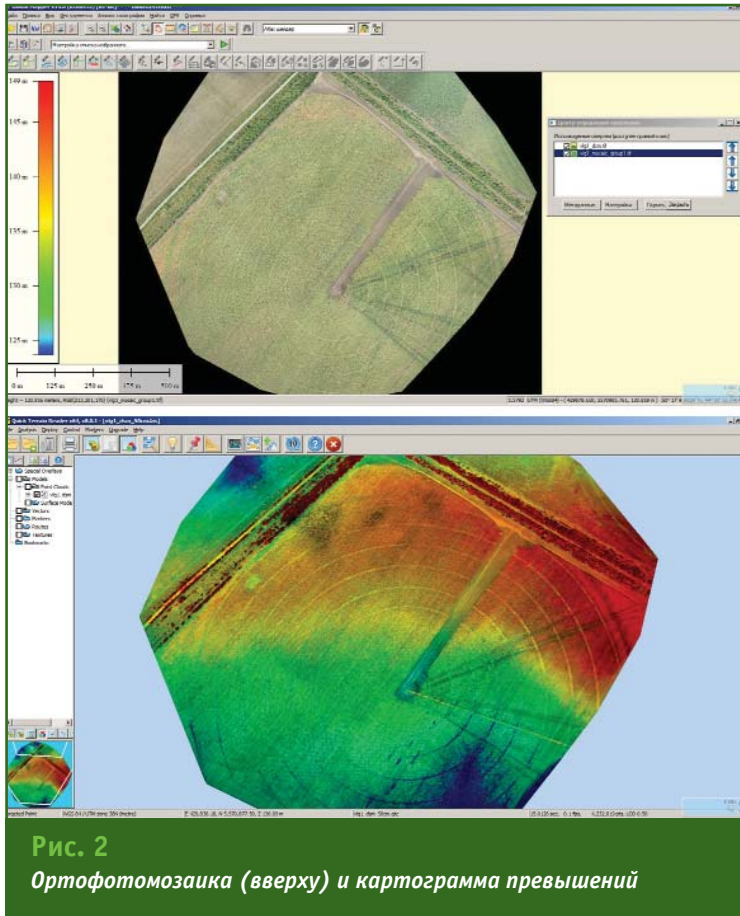


Рис. 2
Ортофотомозаика (вверху) и картограмма превышений



Рис. 3
Нарушения роста культуры, связанные с работой оросительной системы

Они хорошо зарекомендовали себя при съемке населенных пунктов, лесных массивов, карьеров и сельскохозяйственных угодий. К примеру, в августе 2014 г. специалисты компании выполнили демонстрационный проект для крупного агропромышленного предприятия на юге России. Тестовым

объектом послужил участок поля, площадью порядка 0,7 км², засеянный кукурузой и оборудованный системой орошения.

Съемка территории была выполнена за один вылет, длительностью около 20 минут. Обработка данных и полевой контроль проводились в про-

граммном комплексе (ПК) PostFlight Terra 3D, поставляемом в комплекте с БПЛА eBee, и заняли не более одного часа. В результате были получены: ортофотоплан с пространственным разрешением одного пикселя на местности 15 см, цифровая модель местности (ЦММ), облако точек высокой плотности в формате LAS и файлы ортофотомозаики для загрузки и отображения данных в программе Google Earth (рис. 2).

В ходе анализа полученных данных аэрофотосъемки были обнаружены проблемные участки сельскохозяйственных угодий и выявлены причины их возникновения: перебои в работе оросительной системы (рис. 3), некачественные проसेвы и др. С помощью инструментов для постобработки ПК PostFlight Terra 3D были изменены площади проблемных зон (рис. 4), общая площадь потра- вы составила 765 м².

Однако этим возможности использования БПЛА eBee для нужд земледелия не исчерпываются. Весной 2014 г. компания SenseFly выпустила БПЛА eBee Ag, комплектация которого направлена исключительно на использование в приложениях, связанных с сельским хозяйством. Эксплуатационно-

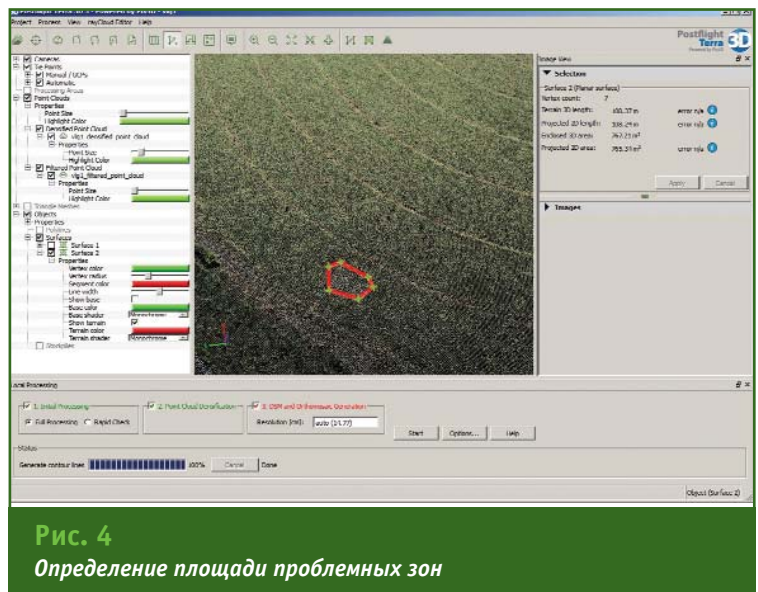


Рис. 4
Определение площади проблемных зон

Эксплуатационно-технические характеристики БПЛА eBee Ag

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Размах крыла, см	96
Взлетная масса, г	630
Разрешение цифровой камеры, Мпикселей	12
Время полета, мин	45
Курсовая скорость, км/ч	36–57
Соппротивление ветру, км/ч	До 45
Связь по радиоканалу, км	До 3
Площадь съемки за один полет, км ²	От 1,5 до 10

технические характеристики этого беспилотного летательного аппарата приведены в табл. 1. Его основной особенностью является наличие цифровой фотокамеры Canon S110 NIR, способной выполнять съемку в спектральном диапазоне, расширенном в сторону ближней инфракрасной (ИК) области спектра (NIR) (рис. 5). Это существенно увеличивает количество приложений, поскольку делает возможным проведение точного анализа растительности на основе разнообразных вегетационных индексов.

Наиболее известным и распространенным способом оценки состояния растительного покрова, применяемым к данным, собранным при помощи аэрофотосъемки, является вычисление так называемого нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Он является относительным показателем количества фотосинтетически активной биомассы и вычисляется по формуле:

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

где NIR — отражение в ближней ИК области спектра;

RED — отражение в красной области спектра.

В основе данной формулы лежит тот факт, что высокая

фотосинтетическая активность, как правило, связанная с наличием густой растительности, приводит к уменьшению отражательной способности объекта в красной области спектра и к увеличению в ближней ИК области спектра. Благодаря этому, появляется возможность проводить картографирование растительного покрова на основе воздушных съемок и выявлять площади, покрытые и непокрытые растительностью, оценивать плотность, всхожесть, состояние растений, и с помощью регулярного мониторинга наблюдать развитие процессов в динамике. Вегетационный индекс умеренно чувствителен к изменениям почвенного фона, кроме случаев, когда густота растительного покрова ниже 30%. Зная спектральные характеристики естественных (снег, лед, вода и т. д.) и искусственных материалов, а также характерные для них значения NDVI, можно распознавать и классифицировать их на спектрально-зональных снимках.

Сбор данных с помощью БПЛА eBee Ag ничем не отличается от работы с другой моделью — eBee. Однако в результате аэрофотосъемки и последующей постобработки в ПК PostFlight Terra 3D пользователь получает набор спектрально-зональных снимков в формате

TIF. Стандартные инструменты этой программы позволяют просматривать картограмму превышений и оценивать особенности рельефа местности, проводить измерения длин, площадей и объемов, векторизовать нужные объекты, строить горизонтали. Дополнительно для анализа данных спектрально-зональной съемки в программу постобработки включен модуль Index Calculator.

В процессе работы пользователь сам определяет правила, по которым программа строит ортофотомозаику в условных цветах, отражающих значения вычисленного индекса. Это может быть как вегетационный индекс NDVI, так и любой другой, рассчитанный программой в соответствии с формулой, заданной пользователем.

Формула, определяющая правило расчета индекса, поз-

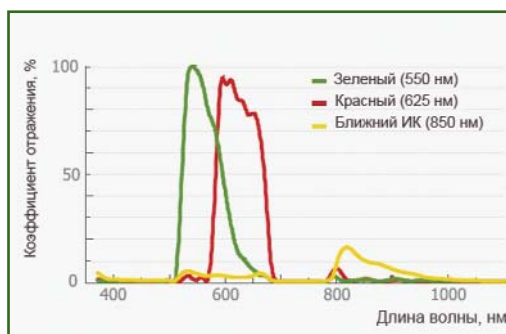


Рис. 5
Диапазон спектральной чувствительности камеры Canon S110 NIR

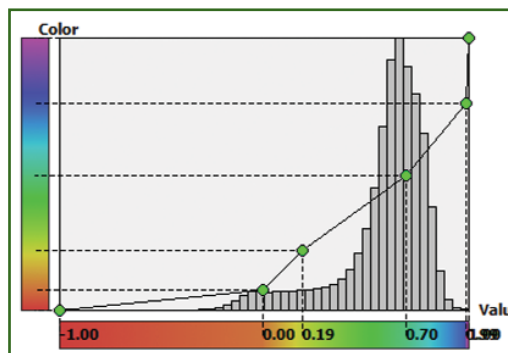


Рис. 6
Гистограмма значений индекса, рассчитанного в модуле Index Calculator

воляет сформировать в программе гистограмму значений (рис. 6), после чего пользователь может определить цвета, которые будут сопоставлены с определенными диапазонами значений индекса (рис. 7). Критерий NDVI наиболее распространен, однако существует большое количество других индексов для оценки состояния растительного покрова, вычисляемых по разным формулам и использующих широкодиапазонные спектральные данные.

В сфере сельского хозяйства важно осуществлять наблюдения за сельскохозяйственными угодьями в динамике, что подразумевает сбор данных, выполняемых с некоторой периодичностью. Можно организовать такие периодические наблюдения с помощью БПЛА eBee Ag, а используя ПК PostFlight Terra 3D, легко обрабатывать и сравнивать спектральные снимки между собой, описывая формулами соответствующие правила сравнения и создавая карты состояния и развития сельскохозяйственных культур.

Динамические (разносезонные) карты позволяют получать количественные оценки прогнозируемого урожая различных сельскохозяйственных культур, отмечать особенности их сезонного развития и нарушения роста, оценивать качест-

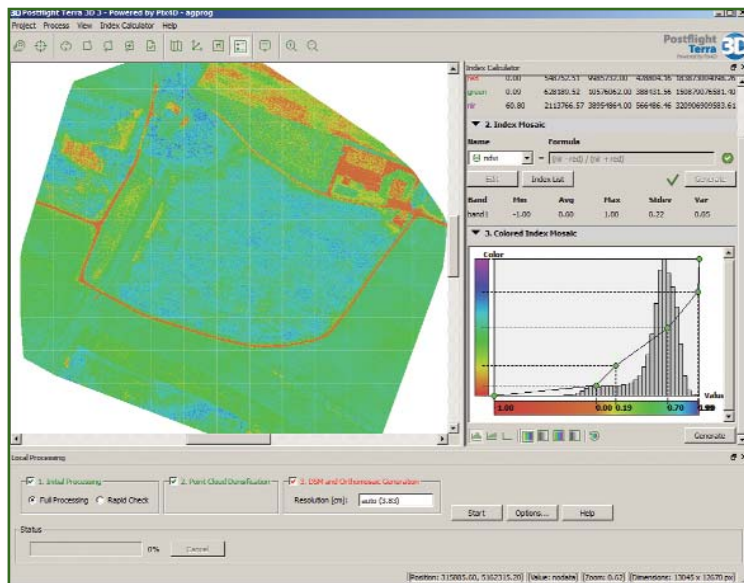


Рис. 7
Орtofотомозаика в условных цветах, отражающих рассчитанные значения индекса в модуле Index Calculator

во проведенных сельхозхозяйственных работ, осуществлять планирование и т. д. Например, на рис. 7 в красной области спектра хорошо дешифрируются зоны с угнетенной или отсутствующей растительностью, четко выделяется граница поля, видны проблемные участки.

Для расширения возможностей применения новой технологии для нужд сельского хозяйства компания senseFly предлагает в дополнение к S110 NIR камеры, интегрируемые с БПЛА eBee Ag, предназначенные для съемки в красной области спектра (S110 RE),

в видимом спектре (S110 RGB) и мультиспектральную (multiSPEC 4C) (табл. 2). С их помощью можно определять объем биомассы, вычислять индекс листовой поверхности, разрабатывать рекомендации по внесению удобрений, наблюдать за фенологическими изменениями и многое другое (табл. 3).

Все эти камеры приспособлены для работы именно с агрокультурными ландшафтами — они обеспечивают необходимые спектральные характеристики съемки, что позволяет анализировать состояние посе-

Технические характеристики аэрофотокамер серии S110

Таблица 2

Наименование характеристики / Тип камеры	S110 NIR	S110 RE	S110 RGB	multiSPEC 4C
Разрешение камеры, Мпикселей		12		1,2 (4 светочувствительные матрицы)
Разрешение одного пикселя на земле при съемке с высоты 100 м, см		3,5		10
Размер матрицы, мм		7,44x5,58		4,8x3,6 (каждая из 4-х матриц)
Размер пикселя, мкм		1,86		3,75
Формат снимков		JPEG и/или RAW		RAW
Возможное время полета, минут		До 45		До 30

Оценки допустимых условий аэрофотосъемки цифровыми камерами серии S110 и областей их применения с БПЛА eVee в баллах

Таблица 3

Наименование характеристики / Тип камеры	S110 NIR	S110 RE	S110 RGB	multiSPEC 4C
Условия съемки				
Сильный ветер и плохая освещенность	◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
Удобство и простота использования	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
Четкость и качество снимков	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆
Ортофотоснимок + ЦММ	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆
Диапазон точности	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆◆
Области применения				
Определение объема биомассы	◆◆◆◆	◆◆◆	—	◆◆◆◆◆
Индекс листовой поверхности	◆◆◆◆	◆◆◆	—	◆◆◆◆◆
Оценка состояния растительности	◆◆◆	◆◆◆◆	—	◆◆◆◆◆
Мониторинг роста растений	◆◆◆◆	◆◆◆	—	◆◆◆◆◆
Анализ концентрации пигмента	◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆◆
Определение потребности в удобрениях	◆◆◆	◆◆	—	◆◆◆◆◆

вов в мельчайших подробностях. Высокоточные и, главное, своевременные данные, получаемые при помощи БПЛА eVee Ag, позволят оперативно планировать сельскохозяйственные работы и более эффективно использовать удобрения. Производители сельскохозяйственной продукции не будут тратить время на полевые исследования, полагаться на бесплатные космические снимки с низким разрешением или заказывать дорогую аэросъемку. А все это — экономия времени и средств, повышение урожайности, забота о состоянии окружающей среды. Так что не удивительно, что во всем мире фермерские хозяйства все чаще для решения данных проблем используют беспилотные летательные аппараты.

По данным американской организации AUVSI, занимающейся изучением рынка БПЛА, спрос на такое оборудование в ближайшие три года возрастет втрое (рис. 8). При этом основная доля покупок будет сделана в сельскохозяйственном секторе. Это связано и с тем, что земледелие в США развива-

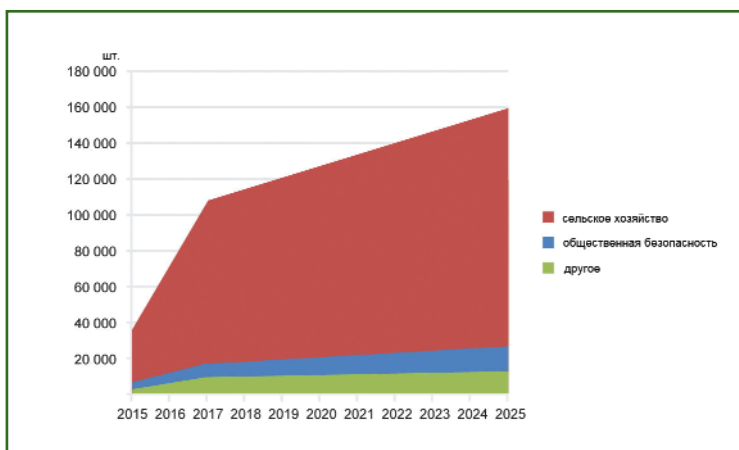


Рис. 8
Продажа БПЛА для нужд сельского хозяйства, общественной безопасности и других целей

ется чрезвычайно быстро, и с тем, что БПЛА явно прижились в этой отрасли.

В России в последние годы также придается большое значение повышению уровня агротехнологической культуры: увеличение объемов применения прогрессивных технологий, высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, повышение уровня технического оснащения сельскохозяйственного производства. Только такие меры позволят повысить урожайность и будут наце-

лены на сохранение и восстановление плодородия почв и агроландшафтов как национального достояния России. БПЛА eVee, без сомнения, помогут решать эти задачи.

RESUME

There are considered the technologies of mapping agricultural lands as well as studying and monitoring crop conditions and predicting crop yields. These technologies are based on the use of unmanned aerial vehicles, digital multispectral aerial cameras and special software.