

В.И. Биненко, Р.В. Иванов, В.З. Родионов

МОНИТОРИНГ РЕК, ОЗЕР, СУШИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

V.I. Binenko, R.V. Ivanov, V.Z. Rodionov

MONITORING OF RIVERS, LAKES, LAND-BASED USE OF UNMANNED AERIAL

В статье обсуждаются возможности мониторинга окружающей среды с использованием современных беспилотных летательных аппаратов, разработанных в ГУАП и центре беспилотных технологий на примере обнаружения и контроля пожаров, трубопроводов, линий электропередач, нефтеразливов, свалок, дистанционного зондирования атмосферы, мониторинга акваторий рек и озер, ледовой обстановки и других объектов как природной среды, так и техносферы.

Ключевые слова: мониторинг, окружающая среда, беспилотные летательные аппараты, видео и тепловые камеры, пожары, трубопроводы, разливы нефтепродуктов, дистанционное зондирование рек, озер, ледовой обстановки.

The article discusses possibilities of environmental monitoring with the use of advanced unmanned aircraft developed by the SUAI and the centre of unmanned technologies on the example of the detection and monitoring of fires, pipelines, power transmission lines, oil spills, waste dumps, remote sensing of the atmosphere, monitoring of rivers and lakes, ice conditions and other objects as the natural environment, and the technosphere.

Key words: environmental monitoring, unmanned aerial vehicles, visual and thermal imaging camera, oil and gas pipeline, fire remote sensing of rivers, lakes, ice conditions.

Введение

В XXI в. беспилотные летательные аппараты БЛА (от микро-авиационных комплексов до орбитальных типа X-37B) находят самое широкое применение в мире как военной, так и гражданской-научно-прикладных областях [1, 2, 3, 17, 18]. Внедрение современной цифровой техники на БЛА позволяет более эффективно использовать диапазон сверхвысоких частот, комплексно применять одновременно в одном и том же районе несколько БЛА.

Вопросы регионального мониторинга с БЛА атмосферы, гидросферы, в частности, рек и озер [6–9], нижележащей поверхности, объектов природной среды и техносферы являются востребованными, как в научных исследованиях, так и в практических приложениях по линии МЧС, МВД, МО и других ведомств [1–5, 10–20]. В нашей стране первые попытки аэрологических измерений с использованием БЛА были реализованы в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова [1], а с 1993 г. в лаборатории технического моделирования — в дальнейшем Центр технологий беспилотной авиации

(ЦТБА) — проводились работы в направлении разработки БЛА с цифровой авионикой для решения задач экологического мониторинга [2, 3, 10, 14]. Основы устройств, проектирования, конструирования и производства БЛА-рассмотрены в работах [12, 13]. Количество типов БЛА, разработанных в России, превысило 210. Правовой статус БЛА определен циркуляром № 328 ИКАО, введена в действие с 15.11.2012 поправка № 43 к международным стандартам «Правила полетов», поэтому нормативно-правовые вопросы полетов БЛА наконец разрешены [3].

Основные типы БЛА были рассмотрены в работах [2, 3], в которой приведены летно-технические характеристики маломерных мини-БЛА с массой до 50 кг, временем полета несколько часов и высотой до 3–5 км, которые используются для задач экологического мониторинга окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

В настоящей работе будут рассмотрены возможности мини БЛА на электрической тяге и с двигателями внутреннего сгорания, а также типичные полезные нагрузки для мониторинга окружающей среды на основе использования БЛА.

Беспилотные летательные аппараты (БЛА)

В табл. 1 приведены технические характеристики БЛА разработки Центра технологий беспилотной авиации ГУАП (г. Санкт-Петербург), использующих электродвигатели (Орлан 1 и 2), а также двигатели внутреннего сгорания (Орлан 3, 10, 30). Максимальная допустимая скорость ветра на старте для «Орлана 2, 3, 10, 30» — 10 м/с, для мультикоптера — 5 м/с, при диапазоне температур от –30 до 40°С.

БЛА серии «Орлан» мультикоптер — Орлан 1 и 2, в отличие от Орлан 3, 10, 30 выполнены с силовой установкой на базе бесколлекторных электрических двигателей и Литий-Полимерных аккумуляторов высокой энергетической плотности. Эти аппараты более просты в эксплуатации, но имеют меньшие дальности и продолжительности полета по сравнению с БЛА «Орлан» с двигателем внутреннего сгорания ДВС.

Оперативность проведения мониторинга обеспечивается наличием каналов связи реального времени между БЛА и надежным пунктом управления (НПУ), на котором проводится планирование полетов и обработки полученных результатов [3].

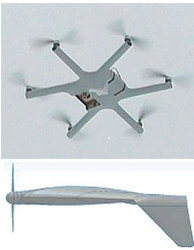
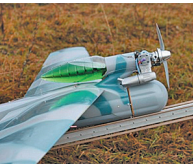
Высокоточные геодезические двухчастотные GPS приемники позволяют осуществлять высокоточную привязку центров съемки для обеспечения последующей обработки фотографий и сшивки карт кадастровой точности. При использовании базовой станции возможна реализация дифференциального режима определения координат. Большой объем памяти позволяет проводить продолжительный автономный полет с записью его параметров на борту для проведения последующей обработки и восстановления данных полета при съемке протяженных объектов и автономном полете БЛА.

Полезные нагрузки БЛА

БЛА, приведенные в табл. 1, с гиросtabilизацией предназначены для использования в качестве носителя для выполнения аэрофото-, видео- и ИК съемки как панорамной, так и плановой. Конструктивное исполнение с модульной архитектурой позволяет

оперативно менять полезные нагрузки и варьировать состав бортового оборудования. А герметичное исполнение модуля системы управления и полезной нагрузки существенно продлевает срок службы дорогостоящего оборудования при регулярной эксплуатации. Дополнительный объем внутри консолей крыла позволяет разместить на борту широкий спектр контрольно-измерительной аппаратуры.

Таблица 1

БЛА	Мультикоптер/ Орлан-2	Орлан-3	Орлан-10	Орлан-30
Фото				
Масса взлетная/ полезная нагрузка, кг	до 3/0,3 5/1	до 7/2	14/4	27/8,5
Скорость воздушная, км/ч	40/90	70–130	80–150	80–150
Макс. высота полета, м	2500/5000	до 5000	5000	5000
Радиус действия, км	5/50	100	200	300
Продолжительность полета с одной заправки, ч	1/2	6	10	15
Двигатель	Электро (LiPo)	OS-max-40 Смесь метанола, касторового масла и нитрометана	SA1TO FQ-36Бензин АИ-95	SA1TO FQ-57Бензин АИ-95
Бортовой генератора, Вт	-	50	150	400(1000)
Размах крыльев/ длина/высота фюзеляжа, м	1,598/0,715/0,236	2,1/1,45/0,4	2/2,4/0,6	2,08/2,4/0,6
Режим полета с навигацией GPS	Автоматический/ полуавтоматический	Автоматический/ полуавтоматический/ автономный	Автоматический/ полуавтоматический/ автономный	Автоматический/ полуавтоматический/ автономный
Способ старта/ посадки	С рук с земли/ авто С резинового жгута/ на парашюте	Пусковое устройство амортизационного типа/ по самолетному на площадку 50×50 м или на парашюте	Пусковое устройство амортизационного типа/ по самолетному на площадку 50×50 м или на парашюте	Пусковое устройство амортизационного типа/ по самолетному на площадку 50×50 м или на парашюте

Полезные нагрузки ПН:

Фотоаппараты — Casio Exilim EX-Z 1080, Canon Ixus 990, Canon EOS 500D-50D) с разрешением от 10 до 22 МП. Сшивка фотопланов упрощается с использованием данных телеметрии получаемых с геодезических GPS систем высокой точности привязки до 20–30 см. Для оперативной сшивки применяется программное ПО ТопоАксис позволяющее выполнять обработку с высокой скоростью прямо на месте управления БЛА. Спектрозональные фотокамеры (с использованием светофильтров) могут устанавливаться как отдельно, так и в совмещенном варианте с другими камерами или фотоаппаратами.

Курсовые камеры (BHV-558 EX): плановые камеры (BHV-558 EX, Toshiba HD 1080) с разрешением до 2 МП.

Поворотные камеры (BHV-558 EX, Toshiba HD 1080), гиросtabilизированные камеры (D-STAMP, U-STAMP). позволяющие получать на пункте обеспечения управления в онлайн режиме высококачественное изображение выбранного участка местности или объекта которые продолжительное время могут находиться в поле зрения камеры с 10 кратным оптическим зумом.

Тепловизионные камеры (Flir Photon 320, Flir Photon 640 с разрешением 640×480) позволяет проводить оперативный мониторинг протяженных и площадных объектов с возможностью сшивки тепловизионных планов с высоким разрешением.

Лазерный высотомер малых и средних высот позволяет измерять высоту над нижележащей поверхностью с точностью до 30–50 см в диапазоне висот от 50 до 1000 м. В условиях полета на малых высотах применяется как основной датчик высоты для системы автоматического управления БЛА (применяется на БЛА Орлан 10 и 30).

Гамма-радиометр используется для радиационных измерений, и может устанавливаться на Орлан 2, 3, 10 и при поддержке программного модуля на наземном пункте наблюдения НПУ. для создания диаграмм уровня радиационного загрязнения исследуемого пространства.

В качестве ПН возможно также установка детекторов влажности, температуры, давления, фляг для забора атмосферного воздуха с последующим в лабораторных условиях определением концентраций газовых компонент.

Для сравнения компания ZALA AERO GROUP, которая использует в основном БЛА на электрической тяге для мониторинга ОС используют управляемый тепловизор Z-16ИК35/ВкЛ (спектральный диапазон 7,5–13,5 мкм) на электромагнитной гиросtabilизированной платформе, передающий изображения с разрешением 640×512 (35 мм), совмещенный с видеокамерой, передающей изображения с разрешением 720×576; целевая нагрузка обладает встроенными цифровыми фильтрами, 4-х кратным цифровым увеличением, лазерным целеуказателем, углом обзора по крену от +175° до –175°, по тангажу от +75° до –45°, встроенной гироскурсовертикалью, 3 датчиками угловой скорости и 3 датчиками линейного ускорения. При необходимости проведения радиационной разведки, на БЛА, входящие в состав универсального комплекса ZALA, устанавливается дополнительное устройство — Z-16GAMMA, позволяющее определить уровень радиационного излучения на обследуемой местности. При этом, полученные данные передаются с борта БЛА на НСУ в режиме реального времени [18].

Примеры мониторинга окружающей среды

Мониторинг параметров пограничного слоя атмосферы, гидрологического режима рек и озер проводится на основе сетевых как метеорологических, так и гидрологических наблюдений. Наряду с этим они могут быть дополнены на основе использования БЛА. Так, для примера, на рис. 1 приведены результаты зондирования вертикального профиля влажности в облачный (кривая 1) и ясный (кривая 2) дни, который демонстрирует возможность определения нижней границы облака на уровне 1800 м.

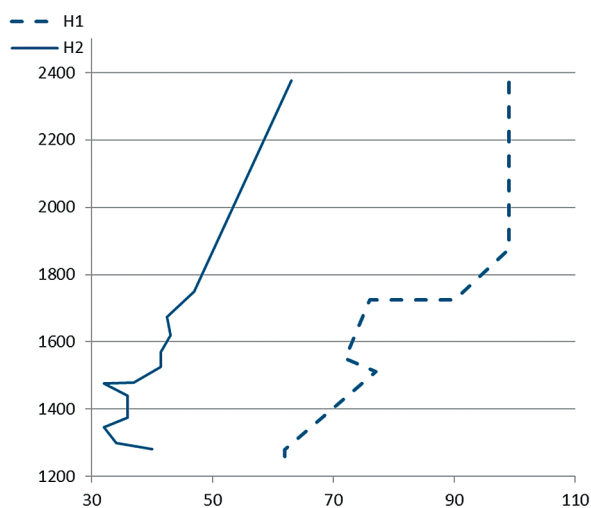


Рис. 1. Вертикальные профили влажности при наличии облачности (1) при ясной погоде (2), полученные на основе использования БЛА

Суммарные осадки на территории ДФО за период с 01.06.2013 по 31.08.2013 в 2–3 раза превысили норму, что вызвало паводок на Амуре с экстремальным подъемом воды до 800 см и в некоторых районах даже выше, что привело затоплению огромных территорий, оперативный контроль которых можно контролировалось с помощью БЛА. На рис. 2 приведен снимок и карта района затопления шоссе, вблизи озера Длинного Мазановского района Амурской области [18].

Локальный мониторинг последствий такого рода стихийных бедствий, включая наводнения, землетрясения, пожары [4,20], засухи; техногенных аварий на потенциально опасных объектов топливно-энергетического комплекса ТЭК, нефтеразливы [2, 3, 5, 19], взрывы на военных складах, как например, 02.07.2011 в Удмурдии, или 05.02.2014 вблизи г. Киров — сход с рельс состава с газовым конденсатом, который сопровождался пожаром и контролировался с БЛА [18]. Поэтому использование БЛА для оперативного контроля и определения координат наиболее опасных мест развития чрезвычайных ситуаций является одним из важных составляющих комплексного мониторинга окружающей среды с высот от 200 до 1500 м.



Рис. 2. Паводок на Амуре 12.08.2013 в Амурской обл., затронул Мазановский р-н, Новокиевский Увал по данным БЛА «zala.aero»

Одновременная тепловизионная и аэросъемка применяется как при мониторинге, так и картографировании природных и техногенных объектов — разрывы и врезки на трубопроводных магистралях, ЛЭП, скрытых и активных пожаров, определение наличия живых существ в том числе и ночью, свалок, нефтеразливов в портах. Примеры такого рода аэросъемки в видимом и ИК-диапазоне (7,5–13,5 мкм) приведены на рис. 3.

Результаты аэросъемки БЛА с использованием автоматических или автоматизированных программных продуктов таких как PHOTOMOD, Талка, AgiSoft, ТороAxis и другие позволяют осуществлять картографическую сшивку или 3D моделирование различных объектов (как, например, 3D модель отвалов горных пород совмещенные в тепловизионном и видимом диапазоне, представленных на рис. 3*и,к*). На рис. 4*а* представлен аэроснимок одного из строительных объектов в г. Сочи, а на рис. 4*б* — результат картографической съемки сделанной с высоты 450 м (сшивка из 40 кадров при разрешении 22 МП) строительных объектов в прибрежной полосе.

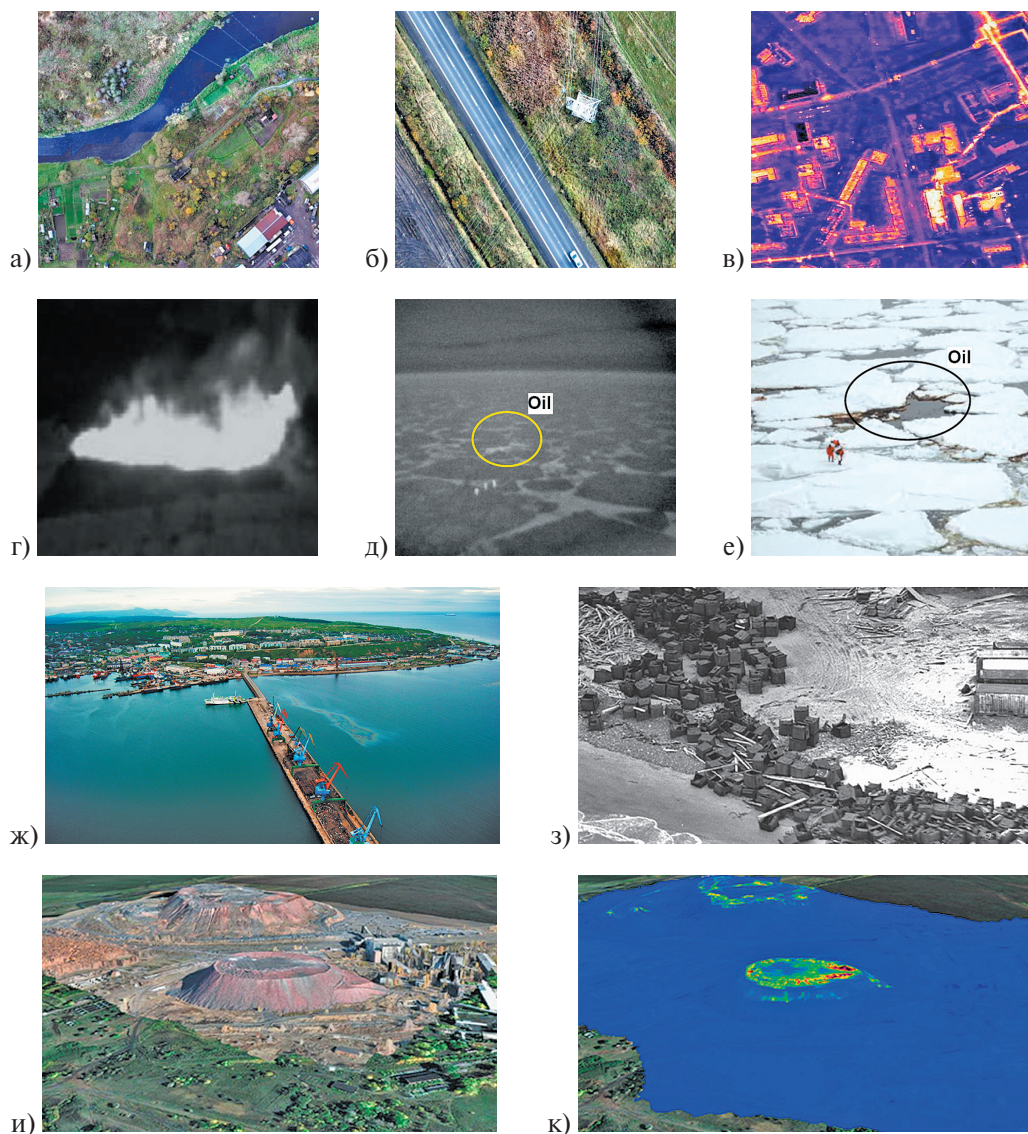


Рис.3. Примеры аэросъемки с БЛА окружающей среды в видимом и ИК-диапазоне спектра:
a — река и прибрежная зона; *б* — линия ЛЭП над дорогой, снятые в видимом диапазоне с разрешением 14 МР; *в* — городские подземные трубопроводы зарегистрированные в ИК области с помощью камеры AptinaMT9J003 модели GC3851C-BL smartekvision с разрешением 10,7 МР; *г* — ИК-изображение пожара с разрешением 2,1 МР; *д* — нефть между льдин, ИК-изображенным (слева); *е* — в видимом диапазоне (справа) (согласно, Dickins, 2010 [15]); *ж* — нефтеразлив в порту; *з* — свалка на берегу реки; *и* — отвалы в видимом; *к* — те же отвалы в ИК-диапазоне, в котором лучше регистрируются тепловые аномалии



Рис. 4. Контроль строительства олимпийских объектов в Сочи — картографическая съемка (сшивка из 40 кадров при разрешении 22 МП) строительных объектов в прибрежной полосе сделанная с высота 450 м

Заключение

Методы дистанционного и оперативного контроля с привлечением видимой и тепловой съемки на основе использования БЛА позволяют осуществлять локальный мониторинг и определение координат потенциально-опасных объектов в случае природных и техногенных чрезвычайных ситуаций: наводнения, пожары, взрывы, нефтеразливы, радиационные аварии (гамма съемка) и др. по линии служб МЧС, в области природо-охранных мероприятий — зондирование атмосферы, мониторинг рек и озер, контроль лесных массивов, сельскохозяйственных полей, несанкционированных свалок, учет диких животных, в частности, оленей, тюленей, бельков на снеге и льду, аэросъемка строек в городских агломерациях, состояние ЛЭП, ТЭК, портов, продуктопроводов, хранилищ, а также авиаконтроль движения транспортных потоков, плавсредств, ледовой обстановки, поиск людей и иных объектов биосферы и техносферы. Использование БЛА является наиболее экономически выгодным, безопасным и оперативным средством мониторинга окружающей среды, позволяют принимать управленческие решения по сохранению устойчивого развития и экологической безопасности регионов.

Литература

1. *Алдошин Л.Т., Попов М.В.* Радиоуправляемый измерительный комплекс для аэрологических исследований пограничного слоя атмосферы // Труды ГГО, 1974, вып. 309, с. 78–90.
2. *Андреев В.Л., Биненко В.И., Иванов Р.В.* Экологический мониторинг природно-хозяйственных систем на основе беспилотных летательных аппаратов. // Ученые записки РГГМУ, 2011, № 18, с. 139–150.

3. Биненко В.И., Донченко В.К., Андреев В.Л., Иванов Р.В. Некоторые результаты и перспективы использования беспилотных летательных аппаратов для задач экологического мониторинга. // Экологическая химия, 2001, № 1, с. 21–31.
4. Биненко В.И., Дьяченко Л.Н., Кондратьев К.Я., Черненко А.П. Обнаружение очагов горения малых размеров методом ИК-съемки. // Труды ГГО, 1972, вып. 275, с. 226–236.
5. Биненко В.И., Черноок В.И., Иванов Р.В. Экологическая безопасность добычи и транспортирования углеводородов на острове Сахалин на основе исследования аэрометодов и ГИС-технологий. // Региональная экология, 2010, № 3(29), с. 19–23.
6. Догановский А.М. Гидрология суши. — СПб.: РГГМУ, 2012. — 524 с.
7. Догановский А.М. Уровненный режим Ладожского озера—показатель изменения климата. // Материалы итоговой сессии Ученого совета РГГМУ. Часть 1. Секция метеорология и гидрология. — СПб., 2003, с. 76–78.
8. Догановский А.М., Малинин В.А. Гидросфера Земли. — СПб.: Гидрометеиздат, 2004. — 630 с.
9. Ладога. Под ред. В.А. Румянцева и С.А. Кондратьева. — СПб.: Нестор-История, 2013. — 468 с.
10. Пат. №97112 РФ, МКП7:В64С29/00. Авиационно-технический комплекс /В.Л. Андреев, Р.В. Иванов, Е.Б. Козлов, Д.В. Морщакин, С.Г. Потупчик (Россия) №2010 115460/11 // Открытия. Изобретения, 2010. — 3 с.
11. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты). Под ред И.С. Голубева и Ю.И. Янкевича. — М.: изд. МАИ, 2006. — 528 с.
12. Шаров С.Н. Локационные управляющие системы БЛА. — СПб.: Балт. гос. техн. университет, 2009. — 312 с.
13. Шибеев В., Буня В., Кобцева Т. Нормативно-правовое регулирование создания и применения беспилотных авиационных систем в России. // UAV.RU спецвыпуск INTERPOLTEX-UVS TECH, 2012, с. 29–31.
14. Binenko V.I., Andreev V.L., Ivanov R.V. Remote sensing of environment on the base of the microavition. // 31-st International Symposium on Remote Sensing of Environment Global Monitoring for Sustainability and Security June 20–24, 2005. — 4 p.
15. Dickins D.F., Andersen J.H. Evaluation of Airborne Remote Sensing Systems for Oil in Ice Detection. // SINTEF Oil-in-Ice final report, Trondheim, 2010, № 28.
16. Fingas M., Brown C.E. Oil Spill Remote Sensing: A Review. // In Fingas M.F. (Ed.), Oil Spill Science and Technology: Prevention, Response, and Clean-up. — New York, Elsevier, 2011.
17. [http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle].
18. [<http://zala.aero/?yclid=5707092084552260455>].
19. Puestov T. and et al. Oil spill detection and mapping in low visibility and ice surface remote sensing. // Final Report 5.1 Arctic response technology oil spill preparedness 15 oct. 2013. — 84 p.
20. San-Miguel-Ayanz J., Ravail N., Kelha V., Ollero A. Active Fire Detection for Fire Emergency Management: Potential and Limitations for the Operational Use of Remote Sensing. // Natural Hazards, 2005, vol. 35, № 3, pp. 361–376.