

Дистанционное зондирование Земли

THE USE OF REMOTE SENSING TECHNIQUES IN ASSESSING THE DISTRIBUTION TRENDS OF COMMIPHORA MYRRHA IN WAJIR COUNTY, KENYA

Luvanda A.^{1,*}, Wanjiru G.² and Makatiani E.²

¹Kenya Forestry Research Institute, Dryland Eco-region Research Programme, Kitui, Kenya. ²Kenya Forestry Research Institute, Nairobi. Corresponding author: luvandaa@gmail.com

Abstract.

A study was conducted to establish the current trend in distribution of *Commiphora myrrha* in its natural stands in Wajir County. Data was collected through observation, interviews and questionnaires, photographs (remote sensing images) using a Global Positioning System (GPS) to mark the plant's hot spots and locate the tree stand coordinates. A supervised classification of Landsat images acquired in 2003, 2009 and 2011 was undertaken. The results show that *C. myrrha* covers an average area of 61,620.23Ha. The area under *C. myrrha* had declined between 2009 and 2011 and this could be attributed to human and environmental factors. It is therefore recommended that sustainable management and conservation strategies be adopted to ensure improved tree cover.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В БИОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «БЕЛОГОРЬЕ»

*Н.А. Алексеенко**, *А.А. Медведев***, *И.А. Карпенко****
**ФГБУ ГПЗ «Белогорье», Россия, Белгородская область*
***ИГРАН, Россия, Москва*
****МГУ имени М.В.Ломоносова, Россия, Москва*

THE EXPERIENCE OF UAV'S USE FOR BIOGEOGRAPHICAL RESEARCH IN «BELOGORIE» NATURAL RESERVE

*N.A. Alekseenko***, *A.A. Medvedev**, *I.A. Karpenko.***
**Institute of geography RAS, Russia, Moscow*
***MSU by M.V.Lomonosov, Russia, Moscow*

Abstract. The article describes the experience of field biogeographic studies in the natural reserve "Belogorie" with the use of UAV in autumn, winter and spring seasons. Particular emphasis is placed on the zoogeographical problems.

Also, the authors analyze the international experience of UAV's use in geographical research and give suggestions for further development of biogeographic studies using thermal, multispectral cameras and gas analyzers.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) начали твердо занимать свою нишу в различных сферах деятельности человека. Успешное использование БПЛА в военных областях способствовало их широкому применению в гражданских целях. Они находят свое применение в градостроительстве, экологическом мониторинге, геологоразведке, при дистанционном контроле нефтегазопроводов и др.

Многолетний опыт использования данных дистанционного зондирования Земли позволил БПЛА быстро найти применение в географических исследованиях, в т.ч. в биогеографии. Особенно важны такие исследования при изучении особо охраняемых природных территорий, основной задачей которых, является сохранение биологического и ландшафтного разнообразия уникальных природных экосистем. Выполнение этой задачи сопряжено с некоторыми проблемами:

- необходимость постоянных научных исследований;
- малый штат сотрудников;
- “фактор беспокойства”;
- труднодоступность территорий [Алексеенко, 2014].

В связи с чем, применение беспилотных летательных аппаратов является наиболее эффективным средством для наблюдения и дистанционного сбора данных об их состояниях. Не смотря на большое количество задач, решаемых с помощью БПЛА, их научное применение в России существенно отстает от такового за рубежом, поэтому представляется интересным и актуальным поиск возможностей их применения в нашей стране.

Целью данной работы является изучение возможностей применения беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях на конкретных примерах.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

- изучить БПЛА и их технические возможности;
- проанализировать мировой опыт использования БПЛА;
- провести полевые исследования;
- обработать полученные данные;
- показать возможности использования БПЛА в биогеографических исследованиях.

Согласно находящимся в открытом доступе документам организаций Европейского Союза, распределение потребительского спроса на гражданские БПЛА в период с 2015 по 2020 гг. выглядит следующим образом: 45 % – правительственные структуры, 25 % – пожарные, 13 % – сельское хозяйство и лесничество, 10 % – энергетика, 6 % – обзор земной поверхности, 1 % – связь и вещание.

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для проведения аэрофотосъемки является весьма актуальным направлением развития методов сбора геопространственных данных. Рис. 1 показывает реальное место беспилотных летательных аппаратов среди существующих способов съемки. По вертикали отражена площадь покрытия съемкой, по горизонтали – оперативность и актуальность получаемых данных. Как видно из рисунка, материалы космической съемки имеют максимальное покрытие, но их актуальность незначительна. Для некоторых территорий космические снимки приходится ждать месяцами. Аэрофотосъемка и воздушное лазерное сканирование обладают более высокой актуальностью и точностью, но обеспечивают покрытие меньших по площади территорий, по сравнению с космической съемкой. Также оба выше обозначенных способа получения снимков являются дорогостоящими. А использование БПЛА оправдано в тех случаях, когда необходимо быстро получить точную информацию о местности на небольшие территории. К тому же, с учетом себестоимости каждого из решений, БПЛА занимают весьма выгодные позиции, а в некоторых случаях являются оптимальными с точки зрения финансовых затрат [Петров, 2013, Трубников Г.В. 2013].

Таким образом, плюсами применения БПЛА являются:

1. Рентабельность.
2. Возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов, соответственно - получение снимков высокого разрешения.
3. Оперативность получения снимков.
4. Возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

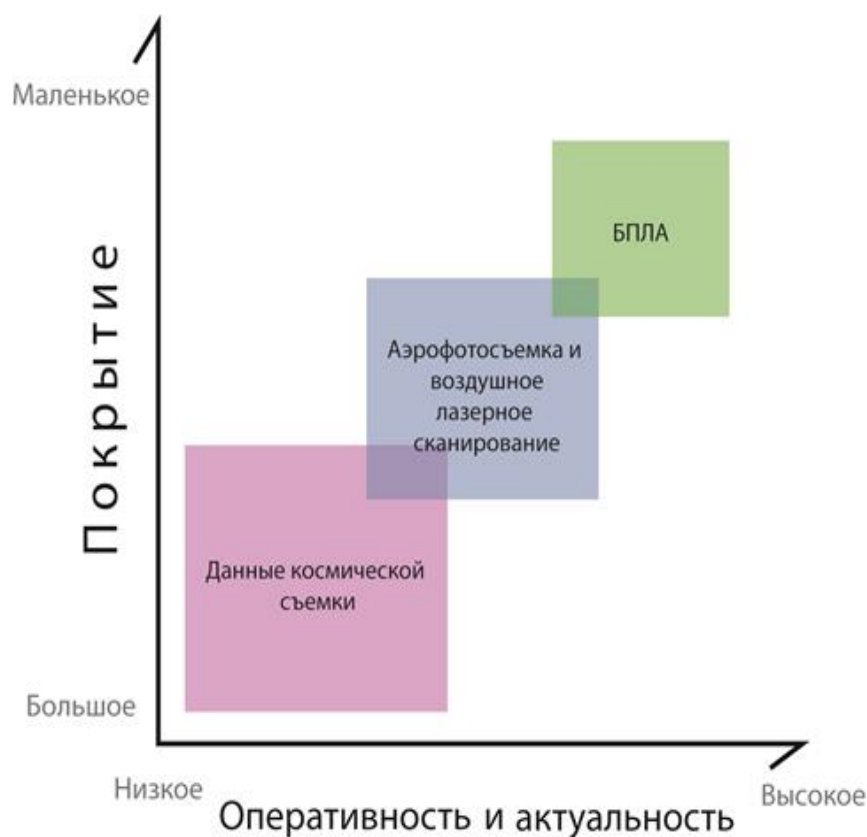


Рис.1. Сравнение действующих методов получения дистанционных данных зондирования Земли

В исследовании применялись 2 беспилотных летательных аппарата, оба мультикоптеры: квадрокоптер DJI Phantom (рис.2) и гексакоптер RC 690S Tarot 2 (рис.3). Данные аппараты являются одними из наиболее простых среди всех существующих на сегодняшний день БПЛА, однако, даже с их помощью, возможно, решать большой ряд географических, в том числе и биогеографических задач.

Существенная разница между DJI Phantom и более усовершенствованной моделью DJI Phantom 2 заключается в объеме аккумуляторов и форме пропеллеров, что позволяет сделать полет качественнее (возрастает устойчивость при порывах ветра) и продолжительнее по времени. Крепление, находящееся под квадрокоптером DJI Phantom совместимо только с камерами серии GoPro – экшн-камера, производимая компанией Woodman Labs (Калифорния). В работе был использован DJI Phantom с камерой GoPro HD Hero 3 (табл.1).

Таблица 1. Технические характеристики квадрокоптера DJI Phantom с камерой GoPro HD Hero 3

Габариты, масса	(Ш×В×Г) 59×41×29 мм, 77 г с батареей
Время работы от батареи, входящей в комплект	До 95 минут непрерывной видеозаписи в режиме 1280×720 50р с выключенным Wi-Fi
Носитель	Карта памяти microSD (до 64 ГБ)
Форматы видео	
Формат фото	JPG, 12 Мп, 7 Мп, 5 Мп
Оптический трансфокатор	Нет
Интерфейсы	GoPro Micro-HDMI Mini-USB 2.0 слот для карт памяти microSD
Прочие характеристики	<ul style="list-style-type: none"> • съемка серии фото (3, 5 фото за 1 с; 10 фото за 1, 2 с; 30 фото за 1, 2, 3 с) • интервальная фотосъемка (0,5, 1, 2, 5, 10, 30, 60 с) • фото во время видеозаписи • непрерывная фотосъемка при нажатии и удержании кнопки затвора • циклическая запись видео (режим автомобильного видеорежистратора) • режим Protune с расширенным динамическим диапазоном • настройка баланса белого с тремя предустановками

	<ul style="list-style-type: none"> • беспроводное управление, в т. ч. с помощью мобильных устройств • съемка нажатием одной кнопки (старт записи при включении камеры) • зарядка от USB
--	--

● Комплектация квадрокоптера:

- ✓ система интеллектуального пилотирования NAZA-M;
- ✓ модуль GPS и магнитный компас;
- ✓ пульт управления и приемник;
- ✓ силовой аккумулятор;
- ✓ индикатор состояния;
- ✓ USB интерфейс (в батарейном отсеке).



Рис. 2. DJI Phantom с камерой GoPro HD Hero 3

● Основные характеристики DJI Phantom:

- ✓ АТТИ (режим автоматической стабилизации)/GPS АТТИ режимы полета (режим автоматической стабилизации с удержанием координатной точки GPS);
- ✓ интеллектуальное управление перемещением квадрокоптера;
- ✓ повышенная отказоустойчивость;
- ✓ сигнализация разряда аккумулятора с аварийной системой посадки.
- Подвес (совместим с камерами GoPro)
- Взлетный вес: около 1 кг.
- Характеристики радиоуправления:
 - ✓ частота радиоуправления: 2.4ГГц ISM;
 - ✓ количество каналов управления: 6;
 - ✓ дальность управления: 300м;
 - ✓ чувствительность приемника (1%): >-93 дМб;
 - ✓ рабочий ток/напряжение: 52мА/6В;
 - ✓ питание пульта управления: батарейка АА, 4 шт.

Гексакоптер RC 690S Tarot 2 имеет аналогичную комплектацию. Его основные отличия от DJI Phantom:

1. Увеличенное время полета за счет более объемных аккумуляторов.
2. Большая удаленность от пункта управления (1,5 – 2 км)
3. Большая допустимая грузоподъемность (до 3 кг);
4. Удобная, прочная, складная конструкция рамы (карбон);

В связи с возможностью установки большей массы на гексакоптер, была прикреплена камера Sony Alpha NEX-5 (табл.2). Использование данной аппаратуры позволяет получать снимки большого охвата и с более высоким разрешением.



Рис. 3. Гексакоптер RC 690S Tarot 2

Таблица 2. Технические характеристики камеры Sony Alpha NEX-5

Матрица	14.2 Мп; 4592x3056; APS-C (23.4x15.6 мм)
Объектив	Sony E 18-55/3.5-5.6 OSS
Носитель	Карты памяти SD / SDHC / SDXC или MS Duo / Pro Duo / Pro-HG Duo.
Формат файлов	RAW, JPEG, RAW+JPEG; видео – AVCHD до 1920x1080i 60/50 (17 Мб/с), или MP4 до 1440x1080i 30/25 (12 Мб/с), со стереозвуком
Связь	Совмещенный USB / AV, мини-HDMI, дистанционное управление
Габариты	111x59x38 мм

Биогеографические исследования подразделяются на ботанические и зоологические, каждый из которых опирается на собственные методики. Мировой опыт применения беспилотных летательных аппаратов в целях изучения растительного покрова показывает, что они используются для:

- обнаружения лесных пожаров;
- мониторинга заболеваний лесов;
- оценки плотности посадки;
- определения видового состава растительности;
- определения мест урожая и проверки лесохозяйственных работ;
- мониторинга изменений лесов;
- мониторинга вредителей сельскохозяйственных полей;
- исследования культурных полей;
- определения биомассы, роста урожая;
- определения количества сорняков для гербицидной обработки;
- отслеживания созревания и для оптимизации сбора урожая.

Беспилотные летательные аппараты в зоологических целях используются для:

- авиаучета диких животных как по прямым, так и по косвенным признакам;
- мониторинга численности млекопитающих по биогенным формам рельефа;
- распознавания типов гнезд и их обитателей;
- учета крупных водоплавающих во время миграций и т.д. [Зинченко, 2013, Сечин, Дракин, Киселева, 2013].

Полевые работы проходили в несколько этапов на территории заповедника «Белогорье»: участки «Лес на Ворскле» (2 выезда) и «Ямская степь» (1 выезд).

Набор географических задач определялся техническим оснащением (БПЛА) и научными мероприятиями, выполняемыми в промежутке с октября 2013 по апрель 2014. В связи с достаточно высокой стоимостью большинства современных беспилотных летательных аппаратов на начальном этапе в наличии имелся только серийный БПЛА – DJI Phantom с экшн-камерой GoPro. Однако используя данный комплект сложно добиться высокоточных результатов. Это связано с рядом причин:

1. DJI Phantom не имеет инерциальных систем;
2. Отсутствие возможности использования дифференциального метода определения координат;

3. Наличие объектива “рыбий глаз” на камере GoPro.

Но, не смотря на это, добиться точности до нескольких метров, используя обычный GPS-приемник, достаточно легко.

Как отмечалось выше, DJI Phantom не имеет инерциальных систем, а, соответственно, и параметров внешнего ориентирования. Однако, принцип строения мультикоптера и технологии, которые в нем используются, позволяют избежать необходимости этих параметров, так как он обладает возможностью удерживаться над одним и тем же местом за счет наличия встроенного GPS приемника и режима автоматической стабилизации с удержанием позиции (GPS ATTI). Помимо этого, наличие в каждом пропеллере собственного моторчика, работающего автономно от других, позволяет данному беспилотному летательному аппарату держать центральную точку (точка крепежа камеры) в надир. Безусловно, это не гарантирует идеальной съемки при постоянном сильном ветре на большой высоте. Однако данную проблему можно полностью решить с помощью электронного подвеса с гироскопом, позволяющим исключить тряску, вибрацию и наклон мультикоптера.

Отсутствие возможности использования GPS для фиксирования координат точки съемки, а также для дифференциального метода определения координат, не позволяет жестко привязать полученные с беспилотного летательного аппарата снимки. Данную проблему можно решить тремя путями, два из которых не дадут высокую точность при привязке снимков:

1. Использовать обычный GPS-приемник. Для этого необходимо зафиксировать координаты характерных точек на местности.

2. Найти космические снимки данной территории с высоким разрешением и привязать полученные снимки по ним.

3. Использовать двухчастотную глобальную навигационную спутниковую систему (например, GPS систему Trimble R6). Это позволит сохранить рациональность получения снимков высокого разрешения для высокоточных задач (геодезических и т.д.). Алгоритм привязки аналогичен обычному GPS-приемнику [Grenzdörffer, Engelb, Teichert].

Последней проблемой для правильной фотограмметрической обработки снимка является его геометрия, в данном случае – эффект “рыбьего глаза” у камеры GoPro. Она была решена экспериментальным путем. Было выявлено, что для получения точных данных можно использовать всего 40% каждого снимка. Это подтверждает необходимость перекрытия между снимками при съемке с беспилотного летательного аппарата не менее 80%.

Частью исследования было определение возможности применения различного программного обеспечения и сравнения полученных данных. Подобная задача была решена с помощью программы Eraregress PTLens 9.0. Данная программа является передовой для корректировки искажений, вносимых объективом камеры. Она позволяет автоматически определять характеристики камеры, с помощью которой были сделаны снимки. Основные преимущества: удаление искажений и обрезание снимка происходит одновременно; возможность визуального подбора параметров искажения и применения найденных параметров сразу для всего массива снимков. В результате, применяя ранее заготовленную сетку для определения степени искажения камеры GoPro, были подобраны следующие параметры в меню fisheye: distortion = 105, crop = 50. Тем самым мы нивелировали эффект рыбьего глаза, создаваемый объективом экшн-камеры.

Упор в исследовании делался на зоогеографические исследования в связи с сезоном: поздняя осень-ранняя весна. Отсутствие вегетирующей растительности не дало возможности оценить перспективность использования данных, полученных с БПЛА в научных и мониторинговых исследованиях в заповеднике, это предстоит еще сделать.

По полученным снимкам совершенно очевидно, что эти данные могут позволить определить плотность древостоя, процентное соотношение хвойной и лиственной растительности на участке «Лес на Ворскле», в случае необходимости произвести подсчет каждого взрослого дерева, в разреженном лиственном лесу увидеть наличие/отсутствие второго яруса.

Большой упор делался на решение зоогеографических задач. Одной из которых являлось исследование возможности использования имеющийся аппаратуры для учета диких животных. К сожалению, впрямую, используя прямые дешифровочные признаки, посчитать поголовье диких животных на территории всего заповедника не представляется возможным. Можно только примерно оценить количество диких животных, в нашем случае кабанов, по косвенным дешифровочным признакам. Такими признаками для кабанов являются тропы, лежки и порывы (рис.4, 5).



Рис.4 Кабаны тропы, лежки и порывы на осеннем снимке с БПЛА DJI Phantom поймы р. Ворскла (26.10.2013)



Рис.5 Кабаньи тропы на зимнем снимке с БПЛА DJI Phantom поймы р. Ворскла (27.01.2014)

На склеенной и ортофототрансформированной мозаике, привязанной к космическому снимку высокого разрешения, были выделены кабаньи тропы (рис.6). Зная площадь охвата полученного фотоплана (15500 м^2) и длину троп на эту территорию (880 метров), была подсчитана плотность – $0,06 \text{ м/м}^2$ или 56 км/км^2 . Аналогичным способом была подсчитана плотность кабаньих троп на другом участке территории заповедника "Лес на Ворскле" – в садах. Были получены иные результаты – $0,112 \text{ м/м}^2$ или 112 км/км^2 . Следовательно, в осенний период кабаны чаще находятся на территории сада, очевидно, это связано с поисками пищи.

Данные, полученные в разное время года, позволят определить предпочтения этих животных в различные периоды по кормовой базе и по пребыванию на территории заповедника и вне его границ в зависимости от сезона охоты.

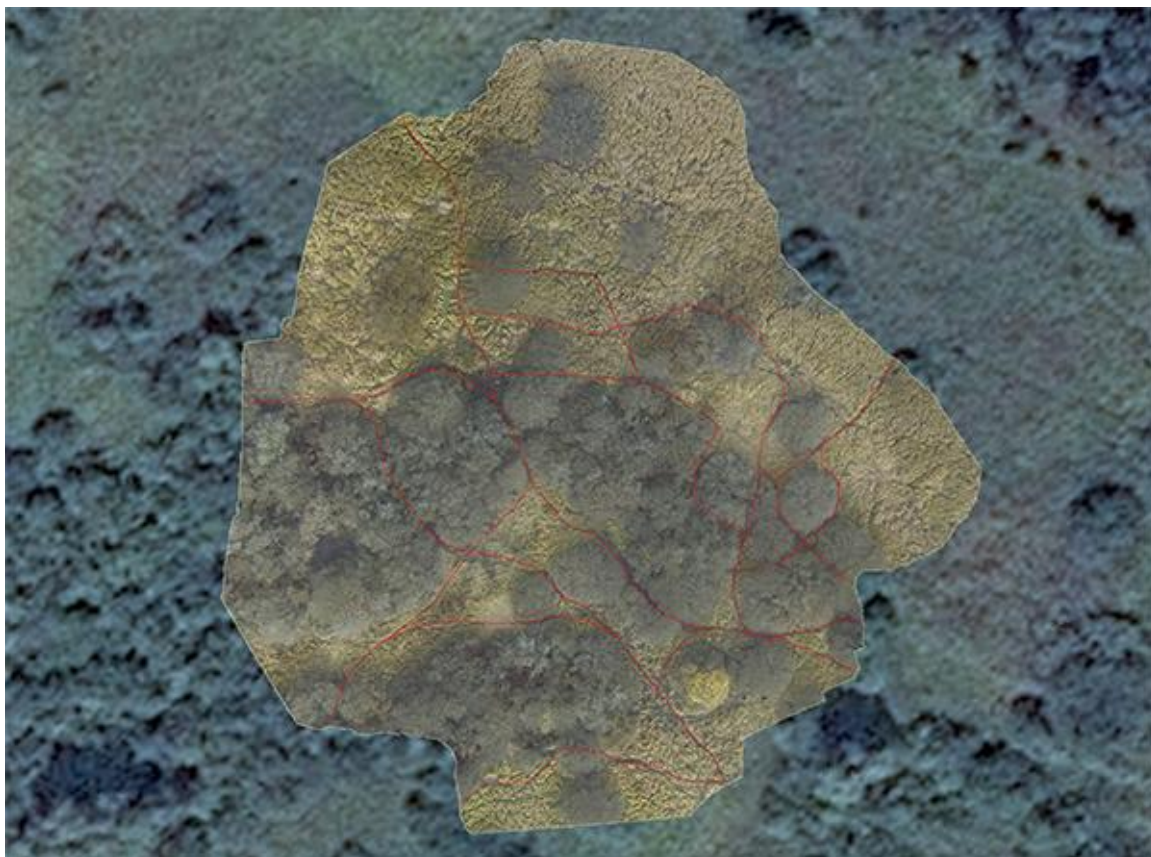


Рис. 6. Выделенные кабаньи тропы на привязанном ортофотоplane

Другой задачей, поставленной руководством заповедника, было исследование возможности применения беспилотных летательных аппаратов для определения количества семей слепышей и их распространении на участке “Ямская степь”.

Их размеры, в среднем, не превышают 30-40 сантиметров, соответственно, их распознавание на космических снимках не представляется возможным. Применение ручного GPS-приемника для фиксации их местоположения не дадут должного результата, т.к. его точность 2-5 метров, что свою очередь превышает возможное расстояние между слепышинами.

Выделение семейств слепышей возможно только в период ранней весны. Это связано с их годовым ритмом поведения. В апреле 2014 года (сразу после схождения снега перед появлением травянистого покрова) была проведена съемка с БПЛА участка заповедника и слепышины были зафиксированы (рис.7)

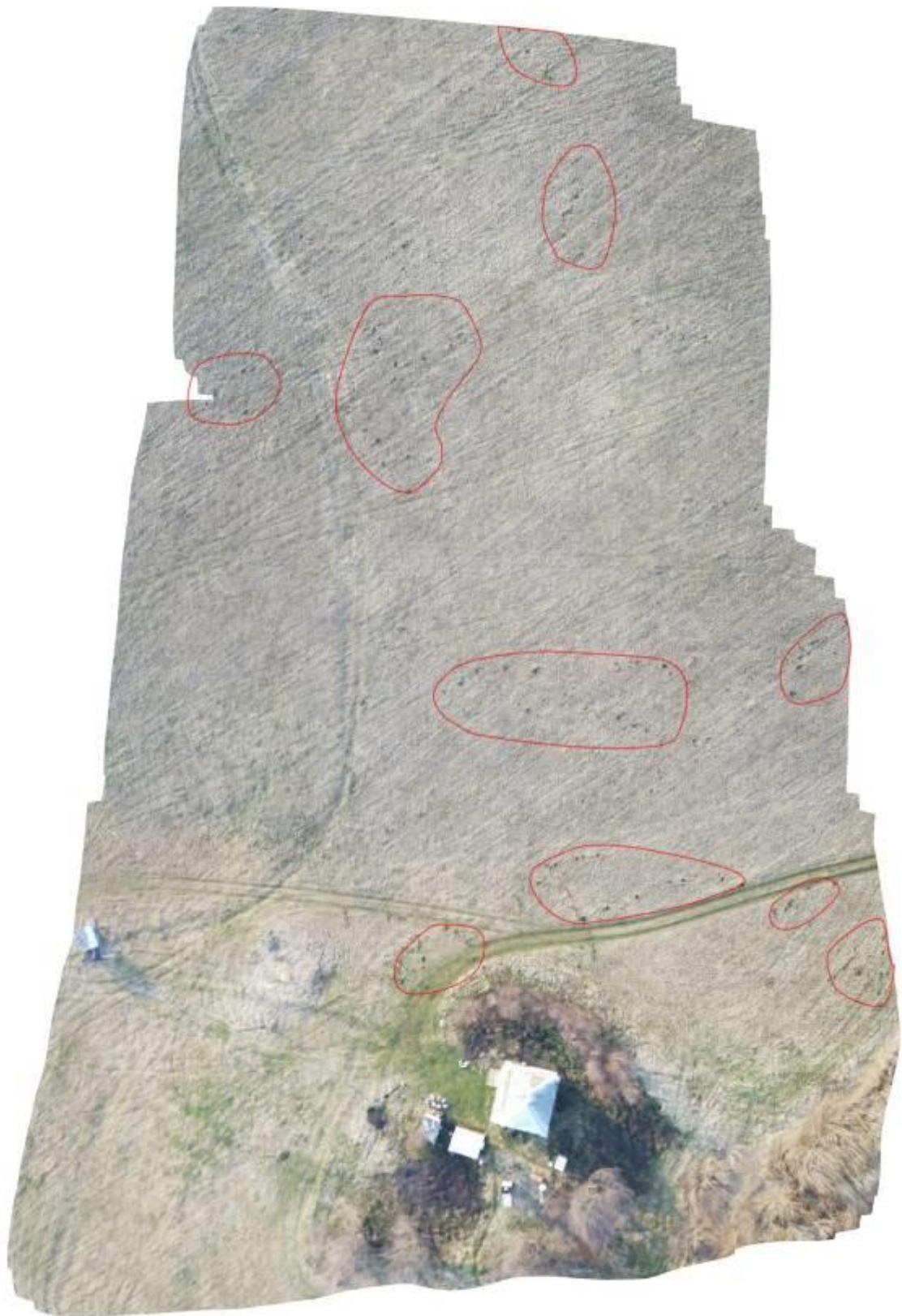


Рис.7 Ортофотоплан с выделенными семействами слепышей

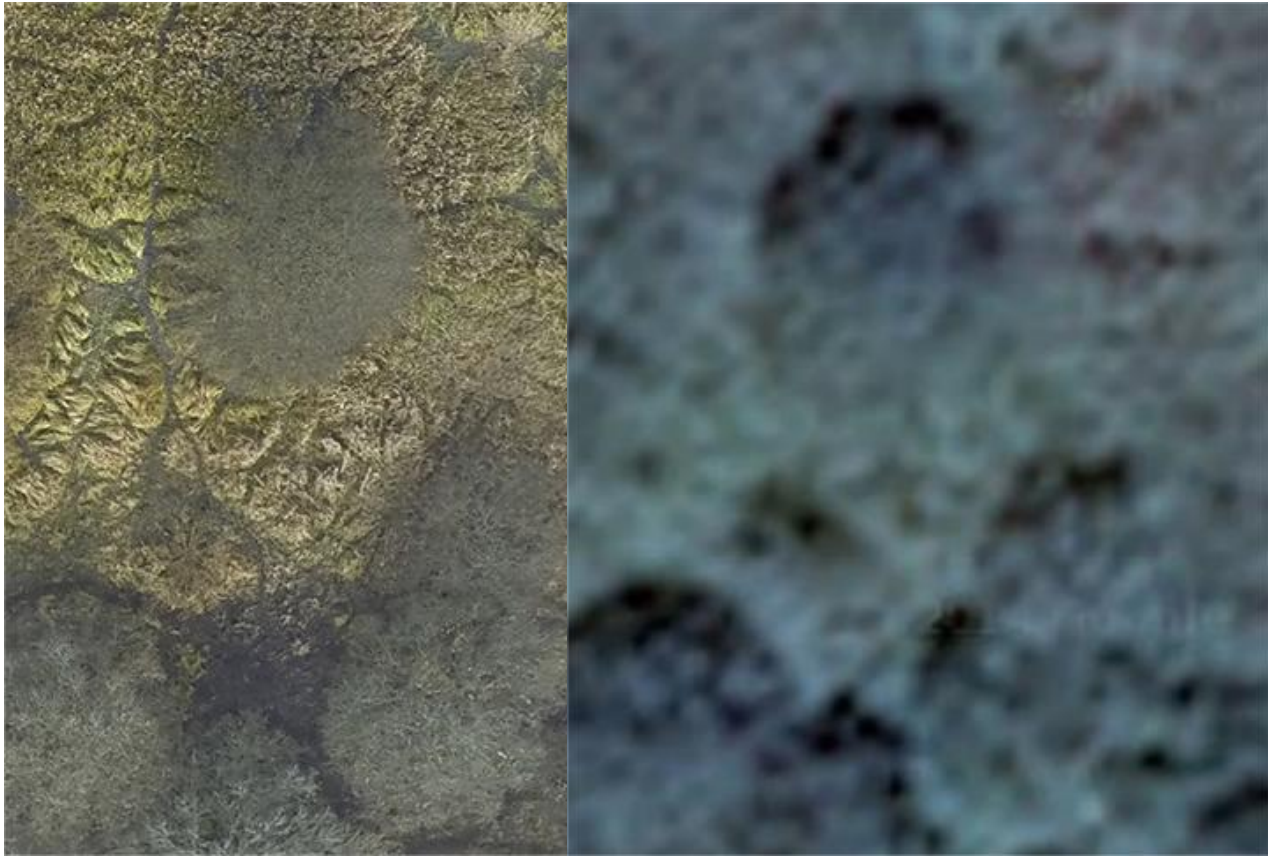


Рис.8 Данные с БПЛА (левый снимок) и космоснимок GeoEye (правый)

Подводя итоги полученных результатов, можно сказать о невозможности использования космических снимков высокого и сверхвысокого пространственного разрешения для решения поставленных задач (рис.8). Только применение аэрофотосъемки или беспилотных летательных аппаратов может дать должный результат. Однако при выборе между этими двумя методами получения данных, стоит принимать во внимание основные различия между ними:

- ценовой вопрос (существенная экономия при использовании БПЛА);
- отсутствие необходимости в услугах сторонних организаций;
- возможность пролета над объектом на любой необходимой высоте;
- полеты без рисков в осложненную погоду;
- возможность охвата равной территории.

На современном этапе развития, Россия значительно отстает от лидирующих стран мира в части применения беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях. Однако надо признать, что в настоящий момент разрыв в знаниях и технологиях значительно сокращается. На российском рынке появились собственные производители беспилотных летательных аппаратов и дополнительных модулей к ним [sovzond, 2014].

Применение иных технологий, таких как: тепловая камера, мультиспектральная камера, газоанализаторы открывают новые возможности для исследований с помощью БПЛА. Так камеральная работа по поиску диких животных может уменьшиться в разы при использовании тепловой камеры. В том числе, возможно применение данных систем для картографирования влияния антропогенных объектов на ООПТ.

Мультиспектральные камеры позволяют анализировать биомассы на содержание хлорофилла, нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), индекс растительности с поправкой на отражение от почвенного слоя (SAVI).

Использование двухчастотного GPS для привязки снимков позволяет создавать фотопланы масштаба 1:500 и мельче. Соответственно, применение БПЛА в данном направлении, в скором времени, может вытеснить с рынка геодезических работ нивелирную и тахеометрическую съемку. Единственным минусом БПЛА является отсутствие возможности создания цифровой модели рельефа на лесистых участках.

Литература:

1. Алексеевко Н.А. Методические вопросы картографического обеспечения деятельности особо охраняемых природных территорий России // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2014, № 1, – С.52-57.

2. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1). 2013. (<http://www.racurs.ru>).
3. Петров М.В. Практический опыт использования БПЛА SWINGLET CAM // Геопрофи. 2013, №2, – С. 62-64 (<http://www.gpscom.ru/files/publication/60-62.pdf>).
4. Сечин А.Ю., Дракин М.А., Киселева А.С. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 2). 2013. (<http://www.racurs.ru>).
5. Трубников Г.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях. 2013. (http://uav.ru/articles/civil_uav_th.pdf).
6. Grenzdörffer G.J., Engelb A., Teichert B. THE PHOTOGRAMMETRIC POTENTIAL OF LOW-COST UAVs IN FORESTRY AND AGRICULTURE // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008, p.78-84.
7. <http://ftp.sovzond.ru/>

Опыт обработки радиолокационных данных в интересах географического картографирования

Е.А. Балдина, К.А. Трошко

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет
г. Москва, Россия*

Experience of radar data processing for geographic mapping

E.A. Baldina, K.A. Troshko

*Lomonosov Moscow State University, Faculty of geography
Moscow, Russia*

Abstract. New synthetic aperture radar (SAR) systems suggest new potentials for the environmental studies and mapping due to high spatial resolution, various beam modes and the full polarization mode. Current level of imaging radar development together with amount and quality of acquired data require users to better understand the processes of radar image generation, which depends on both technical parameters of synthetic aperture radar imaging system and territory features. Some experiments with different radar data were conducted to estimate the methods of radar data processing and geographical interpretation of results for environmental research. The radar data acquired by Radarsat-1, -2 and ALOS PALSAR were used for research and mapping of agricultural lands in the Volga river delta and Stavropol region, forest cuts in Tver region. Results of the experiments are represented as visual aid that explains some of the radar imagery basics, and contains examples of images processing and interpretation.

Введение. В последние годы наблюдается активное развитие радиолокационных (РЛ) методов дистанционного зондирования Земли: достигается метровое и субметровое пространственное разрешение изображений, проводится съёмка в разных диапазонах спектра радиоволн, увеличивается количество съёмочных режимов, в том числе и в нескольких (двух или четырёх) поляризациях одновременно. Разработано множество алгоритмов преобразования радиолокационных данных, позволяющих получать производные изображения, выявляющие отдельные характеристики объектов местности. При этом вопросы комплексной географической интерпретации получаемых результатов зачастую остаются в стороне.

Эффективное использование радиолокационных данных требует как понимания процессов формирования радиолокационных изображений, так и знания особенностей местности, которые могут на них проявляться, поскольку на вид РЛ изображения оказывают влияние диэлектрические свойства и шероховатость зондируемой поверхности – характеристики, не видимые на снимках в видимом диапазоне.

В лаборатории аэрокосмических методов кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ проводятся работы с данными радиолокационных съёмок со спутников, основная цель которых – исследование возможностей их географической интерпретации при картографировании природных и хозяйственных объектов.

В работе на примере решения нескольких географических задач рассмотрены различные варианты преобразования РЛ изображений, полученных разными съёмочными системами и охватывающих участки различных регионов России. Ниже представлены основные этапы проделанной работы и охарактеризованы полученные результаты. Для обработки данных использованы программы SARscape (разработка SARmap, Швейцария) и Next ESA SAR Toolbox (разработка ESA – Европейского космического агентства).

Используемые данные. В работе использованы данные космических радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) RADARSAT-2, RADARSAT-1 и ALOS PALSAR (таблица 1).