

Usage of UAV for Surveying Steller's Sea Eagle Nests

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНИКОВ ДЛЯ ОСМОТРА ГНЁЗД БЕЛОПЛЕЧЕГО ОРЛАНА

Potapov E.R. (Bryn Athyn College, Bryn Athyn, Pennsylvania, USA)

Utekhina I.G. (Magadan State Reserve, Magadan, Russia) McGrady M.J. (Natural Research, Scotland, UK)

Rimlinger D. (San Diego Zoo, San Diego, California, USA)

Потапов Е.Р. (Брин Афинский Колледж, Пенсильвания, США)

Утехина И.Г. (ФГБУ «Государственный заповедник «Магаданский»)

МакГради М.Дж. (Природные исследовательские проекты, Шотландия, Великобритания)

Римлингер Д. (Зоопарк Сан-Диего, Сан-Диего, США)

Контакт:

Евгений Потапов
Брин Афинский
Колледж,
США, Пенсильвания
eugenepotapov@
gmail.com

Ирина Г. Утехина
ФГБУ «Государственный
заповедник
«Магаданский»,
685000, Россия,
г. Магадан,
ул. Кольцевая, д. 17
тел.: +7 914 039 7321,
+7 4132 657871
steller@magterra.ru,
irinautekhina@
gmail.com

Майк МакГради
MikeJMcGrady@aol.com

Дэвид Римлингер
DRimlinger@
sandiegozoo.org

Резюме

В 2012–2013 гг. мы с успехом применили беспилотный летательный аппарат (БПЛА) для осмотра гнёзд бело-плечего орлана (*Haliaeetus pelagicus*). В этой статье мы приводим технические и практические аспекты применения БПЛА в удаленных незаселенных районах. БПЛА оказался очень полезным для наблюдения гнёзд, внутреннее содержимое которых невозможно наблюдать с земли из-за густой растительности или по другим причинам. Взрослые птицы не реагировали на БПЛА, хотя одна птица была заинтересована аппаратом и пролетела близ него, когда он завис возле гнезда. Это первое в России и, возможно, в мире применение беспилотных аппаратов для изучения гнёзд хищных птиц во время рутинного мониторинга.

Ключевые слова: хищные птицы, белоплечий орлан, *Haliaeetus pelagicus*, беспилотный летательный аппарат.
Поступила в редакцию: 28.12.2013 г. **Принята к публикации:** 31.12.2013 г.

Abstract

In 2012–2013 we have successfully applied the UAV for monitoring nests of the Steller' Sea Eagle (*Haliaeetus pelagicus*). The paper discusses technicalities and various practical aspects of application of the UAVs in remote wild areas. The UAV proved to be very useful in checking the contents of the nests in places where it was impossible to see the nest because of obstructions. The adult birds in general did not react to the UAV presence at the nest, whereas one individual was curious and made a fly by to see the UAV at a close distance. This is the first application of the UAV to survey raptors' nests during routine surveys in Russia and possibly in the world.

Keywords: birds of prey, raptors, Steller's Sea Eagle, *Haliaeetus pelagicus*, UAV.

Received: 28/12/2013. **Accepted:** 31/12/2013.

Введение

Традиционный мониторинг белоплечего орлана (*Haliaeetus pelagicus*) подразумевает наблюдения с возвышенной или достаточно удалённой обзорной точки, с которой можно наблюдать содержимое гнезда, используя телескопы или бинокли, использование мотодельтаплана (Утехина, 1995) или альпинистского снаряжения. Если первый метод наиболее дешёв и даёт надёжные данные, в ряде случаев, когда гнёзда находятся в непролазном густом лесу, его применение не может дать надёжных результатов. В этом случае необходимо или арендовать дельтаплан, или залезать на деревья. Аренда дельтаплана сильно удорожает полевые работы, а залезание на деревья требует использования альпинистского снаряжения. Использование БПЛА является дешёвой альтернативой дельтаплану. Более того, бурное развитие технологии БПЛА делает их применение возможным даже

Introduction

Traditional Steller's Sea Eagle (*Haliaeetus pelagicus*) nest survey requires either a good vantage point to observe the contents of the nest with powerful optics, or usage of micro light aircraft (Utekhina, 1995), or climbing using mountaineering equipment. While the first method sometimes provides good results, the visibility of some nests is blocked by dense forest vegetation. The application of the micro light plane could be expensive and is subject to the equipment/service availability. Climbing, on the other hand, is more affordable, but requires skill.. The usage of the UAV to ascertain the contents of the nests appears to be an attractive alternative to micro light aircrafts and to climbing, moreover the rapid development of the UAV technology makes some of the models applicable to the rough field conditions on the Russian Far East.

The recent technical progress led to the development of aerial platforms that are sufficiently stable in the air to be used in ecologi-

Contact:

Eugene Potapov
Bryn Athyn College,
Bryn, Athyn,
Pennsylvania, USA
eugenepotapov@
gmail.com

Irina Utekhina
Magadan State Reserve,
Koltsevaya str., 17,
Magadan,
Russia, 685000
tel.: +7 914 039 7321,
+7 4132 657871
steller@magterra.ru,
irinautekhina@
gmail.com

Michael J. McGrady
MikeJMcGrady@aol.com

David Rimlinger
DRimlinger@
sandiegozoo.org

в суровых условиях удалённых районов Дальнего Востока.

В последние годы технический прогресс дал возможность разработать достаточно стабильную платформу для экологических исследований. Так, использование БПЛА признано очень перспективным для изучения пространственных данных (Marris, 2013; Anderson, Gaston, 2013) и, в частности, для высокомасштабного дистанционного зондирования. БПЛА успешно применяются для исследования растительного покрова и оценки местобитаний (Laliberte et al., 2011; Chabot, Bird, 2013), для производства детальных карт (Laliberte, Rango, 2011), включая оценки эрозии (d'Oleire-Oltmanns et al., 2012), а также для мониторинга и подсчёта численности диких животных (Israel, 2011; Platt, 2012).

В данной статье мы описываем наш опыт в использовании БПЛА при мониторинге белоплечих орланов в Магаданской области.

Протестированные БПЛА**с заметками об их пригодности**

Эксперименты с БПЛА были начаты в 2011 г. работами с радиоуправляемой соосной моделью вертолёт Ламы, снабжённой видеорегистратором. Аппарат оказался нестабильным в ветреных условиях, а видеоматериал, снятый видеокамерой, оказался непригодным для практического использования из-за вибраций и смазанности изображения. Размер вертолёт не позволял поднять оборудование для полётов по камере (далее FPV). Кроме того, лопасти вертолёт разлетались на куски при малейшем контакте с ветками, что заканчивалось дорогостоящими ремонтами.

В 2012 г. для обследования гнёзд мы применили стандартный квадрокоптер с процессором Ардуино (Arducopter от 3DRobotics, USA), работающем на контроллере APM 1.4 (ArduPilot Mega 1.4 с процессором ATmega2560), оборудованным навигатором, сонаром, оборудованием телеметрии XBee 2.4 GHz и системой вывода параметров на экран (minimOSD 1.0 от DIYDrones). Прошивка (2.7.3) открытого кода заливалась в процессор с использованием программы открытого кода Mission Planner 1.1.89 с программой связи Mavlink protocol версии 0.9. ПИД параметры аппарата были настроены в условиях «цивилизации». Так как БПЛА использовался в полевых условиях Дальнего Востока, мы не

cal applications. The UAV platforms believed to be very promising for various scientific applications (Marris, 2013, Anderson and J. Gaston, 2013), in particular for remote data acquisition. Such platforms were successfully applied for vegetation and habitat surveys (Laliberte et al., 2011, Chabot and Bird, 2013) and detailed mapping (Laliberte and Rango, 2011), including soil erosion (d'Oleire-Oltmanns et al., 2012), surveying and counting wildlife (Israel, 2011, Platt, 2012).

In this paper we describe our experiences in application of UAV for the Steller's Sea Eagle nest surveys.

UAV platforms tested**(and notes on their usability)**

Experiments in 2011 included a co-axial Lama radio-controlled model equipped with a miniature video camera/recorder. The rig proved to be unstable in wind conditions, and the video footage was not always usable because of vibrations. Small size of the rig was prohibitive to install a First Person View (FPV) system. Besides, a little contact of the blades with twigs resulted in expensive crashes.

In the field season of 2012 we have used standard off-shelf open-source quadcopter (Arducopter by 3DRobotics, USA) equipped with APM 1.4 (ArduPilot Mega 1.4 with ATmega2560), GPS, sonar, telemetry XBee 2.4 GHz module, and OSD (minimOSD 1.0 from DIYDrones). The UAV was operated on firmware 2.5.3. The firmware was uploaded into the rig using Mission Planner 1.1.89 with Mavlink protocol 0.9. The rig was tuned for the flight parameters (PIDS) in the 'civilized' conditions. Since we were not able to use computer during the field surveys, we were reluctant to allow automatic updates installation and newer developments of the software, and also, we were keeping the tuning parameters unchanged throughout the field season. The UAV was also equipped with gimbal of our own design, which carried GoPro 2 camera connected to a FPV system. The rig was used with 10x4.7 plastic propellers.

In the field season on 2013 we used foldable quadcopter based on the X468 Traveler¹ frame equipped with Naza-M controller and GPS (DJI Innovations, China), T-motors KV-900 and FPV system.

Both rigs were equipped with camera 2D gimbal which allowed remote correction of camera direction. The UAV controller stabilized the camera in horizontal position.

Air and ground travel with the UAVs

Both UAVs were transported by interna-

Рис. 1. Разобранный Ардукоптер (3Drobotics, USA) в ящике для инструментов перед международным перелетом (А) и складной БПЛА «Путешественник» в ящике перед транспортировкой в поле (В).

Fig. 1. Disassembled Arducopter (3Drobotics, USA) in a tool box before international travel – A and Foldable Traveler UAV in a toolbox during transportation in the field surveys – B.



могли использовать компьютер для заливки последних версий прошивок и новых версий контролирующих программ. Мы также не занимались подстройками ПИД кода в полевых условиях. Задача была в том, чтобы использовать БПЛА в течение всего полевого сезона с заранее подготовленными установками. Аппарат был также оборудован видеокамерой GoPro 2, установленной на карданном подвесе нашей конструкции. Камера была подключена к системе FPV. Квадрокоптер летал на пластиковых пропеллерах размером 10x4,7.

В полевом сезоне 2013 г. мы применили складную версию БПЛА, разработанную на базе квадрокоптера X468 «Путешественник»¹³ и оборудованную контроллером Naza-M controller и GPS (DJI Innovations, China). Беспилотник летал на бесколлекторных моторах T-motors KV-900 и пропеллерах из углепластика размером 10x4.7. Аппарат был оборудован видеокамерой GoPro 3 на карданном подвесе и подключённой к системе FPV.

Перевозка БПЛА наземным и воздушным транспортом

Оба применённых БПЛА перевозились наземным и воздушным общественным транспортом в разобранном состоянии, при этом все части без труда помещались

и в международных авиалиниях, и в национальных и домашних авиалиниях и поездах в разобранном виде помещались в пластиковый ящик (рис. 1А). В случае «Traveler» тот же ящик использовался как транспортировочный корпус для сложенного квадрокоптера во время полевых маршрутов (рис. 1В).

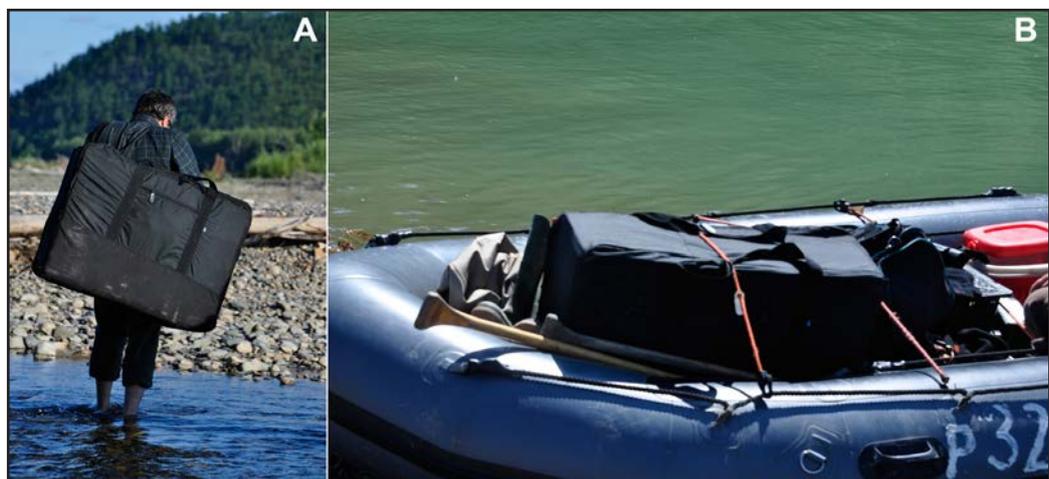
Field transportation of the UAVs

В поле UAVs были транспортированы в гнездах деревьев в лодке. Пространство в лодке было ограничено (рис. 2А), и были некоторые трудности с зарядкой батарей в поле. Территория исследования находится далеко от транспортных маршрутов и электрической сети. Станции с бензиновыми генераторами были иногда доступны, но обычно мы заряжали литий-ионные батареи с помощью автомобильной/скутерской батареи. Последняя заряжалась с помощью переносной солнечной батареи (рис. 3).

ArduCopter (2012) был доставлен в специально разработанном корпусе из пенопласта

Рис. 2. Переноска неразборного Ардукоптера в большом чехле к гнезду белоплечего орлана (Haliaeetus pelagicus) – А и в чехле в моторной лодке – В.

Fig. 2. A. Carrying the Arducopter in a large black case to the launching site at the Steller’s Sea Eagle (Haliaeetus pelagicus) nest – A and the carrying case with Arducopter inside in the boat during the surveys – B.



¹³ <http://www.facebook.com/x468HD>

в обычный пластиковый ящик для инструментов (рис. 1А). В случае с БПЛА «Путешественник» этот же ящик использовался для перевозки собранного аппарата в сложенном состоянии (рис. 1В).

Перевозка БПЛА в полевых условиях

В полевых условиях БПЛА перевозились от гнезда к гнезду в моторной лодке. Пространство в лодке было ограничено (рис. 2А). Существовали также проблемы с зарядкой батарей, так как участки мониторинга были расположены вдали от дорог и электросети. В ряде случаев было возможно заряжать литиевые батареи от бензиновых генераторов на кордонах заповедника, но чаще мы заряжали батареи БПЛА от стандартного автомобильного аккумулятора (12 В). Последний заряжался от пластиковой солнечной панели (рис. 3).

Ардукоптер (2012) перевозился в специально сконструированном чехле, сделанном из поролона и водонепроницаемой ткани (рис. 2А, В). БПЛА «Путешественник» (2013) перевозился в водонепроницаемом ящике для инструментов длиной около 60 см (Fatmax, Stainley, USA) с «подушкой», выполненной из поролона (рис. 1В). Такой ящик был удобен в полевых условиях, так как его можно было использовать в качестве сидения в лодке или на бивуаке, а также как водонепроницаемой ёмкости для перевозки высокоточной электроники и оптики, которая туда входила помимо сложенного БПЛА.

Полёты БПЛА у гнезда

При приезде на место наблюдения беспилотник извлекали из ящика, в слу-

wrapped with water-resistant fabric (fig. 2). The Traveler (2013) was transported folded into 23" water tight structural foam toolbox (Fatmax, Stainley, USA) (fig. 1B).

Operation of the UAV at the nest sites

On arrival to the nest the UAV was taken out of the case, unfolded (2013), and was launched from the case it was carried in (fig. 4). The latter proved to be exceptionally useful during field trips as it also served as a seat and water-tight case for small electronics.

On the ground the crew of typically 2 people (a spotter and an operator) flew the UAV from a place close to the nesting tree, from where it was possible to take off and to fly between the trees. The spotter had to advise the operator on position of the craft in the canopies, while the operator with FPV goggles had to control the UAV, or, in most of cases it was the co-pilot who would observe the nest via the FPV goggles and advise the operation on where to move the craft, while the operator acted as a spotter and controlled the UAV by sight. It has to be pointed out that one person cannot fly FPV in tree canopies on his/her own. In general case the UAV was launched and flown through the vegetation by a pilot-spotter, while the observer was looking through the FPV goggles and corrected the pilot. While keeping the craft hovering at the nest, the operator could switch into the FPV goggles, while the observer then was playing role of the spotter advising the operator.

Most missions flown at the Steller's Sea Eagle nests had very confined areas for taking off. The usage of the carrying case for the launch was of a great help, as most sites had rich undergrowth, or were located in bogs with many tussocks. The usage of the carrying cases as launch pads also saved vegetation. Since the UAV was essentially deployed at nest sites which were obscured from the open spaces and had thick vegetation, the trajectory of ascent was very complex. In addition, while lifting above the canopy, the UAV faced turbulent winds. Nevertheless the UAV view showed the contents of the nests without difficulties (fig. 5, 6).

Majority of the flight sorties at the nests lasted 3–4 minutes. The onboard camera recorded HD video footage and simultaneously transmitted the live picture to the goggles. In one case the goggles were incapable of providing a clear image of the nest contents because turbulent winds made the FPV view too blurry. However, even in this case, a stop frame from the camera delivered sufficiently sharp photos of the nest contents.

Рис. 3. Гибкая солнечная батарея (R28 Powerfilm USA), заряжающая аккумулятор (12 В) в полевых условиях.

Fig. 3. Flexible solar battery (R28 Powerfilm USA) charging car battery.



Рис. 4. Ящик для переноски используется как стартовая площадка для Ардукоптера (2012) – А и ящик для инструментов в качестве стартовой площадки для БПЛА «Путешественник» (2013) в лодке посередине речной протоки – В.

Fig. 4. Carrying case serving as a launchpad for Arducopter (2012) – А and toolbox serving as boat-based launchpad for the Traveler UAV (2013) – В.



чае с «Путешественником» (2013) – распрямляли лучи (для этого надо было затянуть 4 болта) и запускали в воздух с транспортировочного ящика, который использовался в качестве стартовой площадки (рис. 4).

Команда, состоящая как минимум из 2-х человек (наблюдатель и оператор, выполняющий полет по FPV, или наблюдатель, использующий FPV и оператор,

Reaction of the Steller's Sea Eagles and other birds to UAV

The adult Steller's Sea Eagles did not show much reaction to the UAV. In fact, their behavior resembled that expressed during routine inspection of the nests by foot. This means that if the adults were sitting close to the nest, they flew away, and if they were sitting at a distance, they expressed no reaction.

There was one case when the adult female made a fly-by (fig. 7) about 10 m from the UAV and disappeared into forest across the river. Prior to the takeoff the bird was sitting on a perch approximately 300 m away from the nest and evidently completed the feeding shortly before the survey crew arrival. The chick was standing on its feet, but not clearly visible. The UAV was flown in order to check for the presence of the second chick.

The chick behaviour in most cases was quiet: they either were lying in the nests motionless, or did not change their postures. In one case the chick stood up in the nest and spread its wings (fig. 6B) taking threatening posture, in another case it changed the standing posture into lying.

There was some interest of other raptors to the UAV. On two occasions the UAV was approached by Hobby (*Falco subbuteo*) (fig. 8). The flight pattern around the UAV suggested that the bird was interested in an unusual object. No aggressive moves towards the UAV have been recorded.

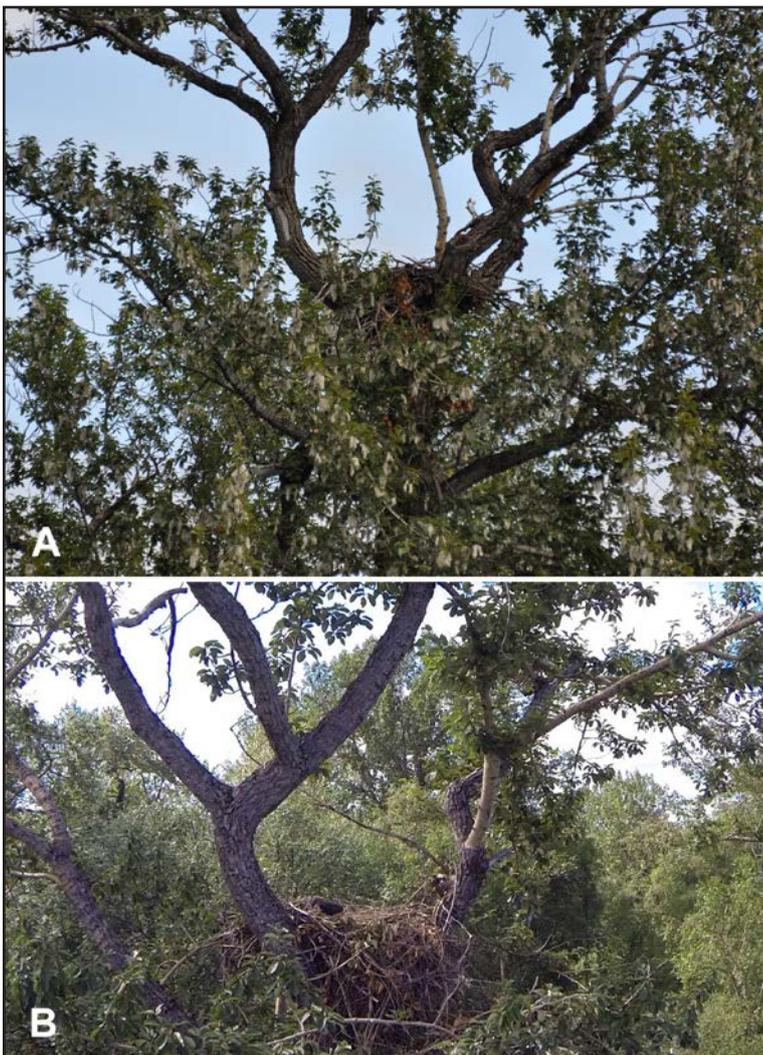


Рис. 5. Вид на гнездо белоплечего орлана с земли – А (густой лес вдоль реки и близ гнезда не позволяет рассмотреть содержимое гнезда) и вид на то же гнездо с БПЛА – В.

Fig. 5. View of a Steller's Sea Eagle nest from the ground – А (forest around and the river do not allow to increasing the distance of observation) and view of the nest from the UAV – В.

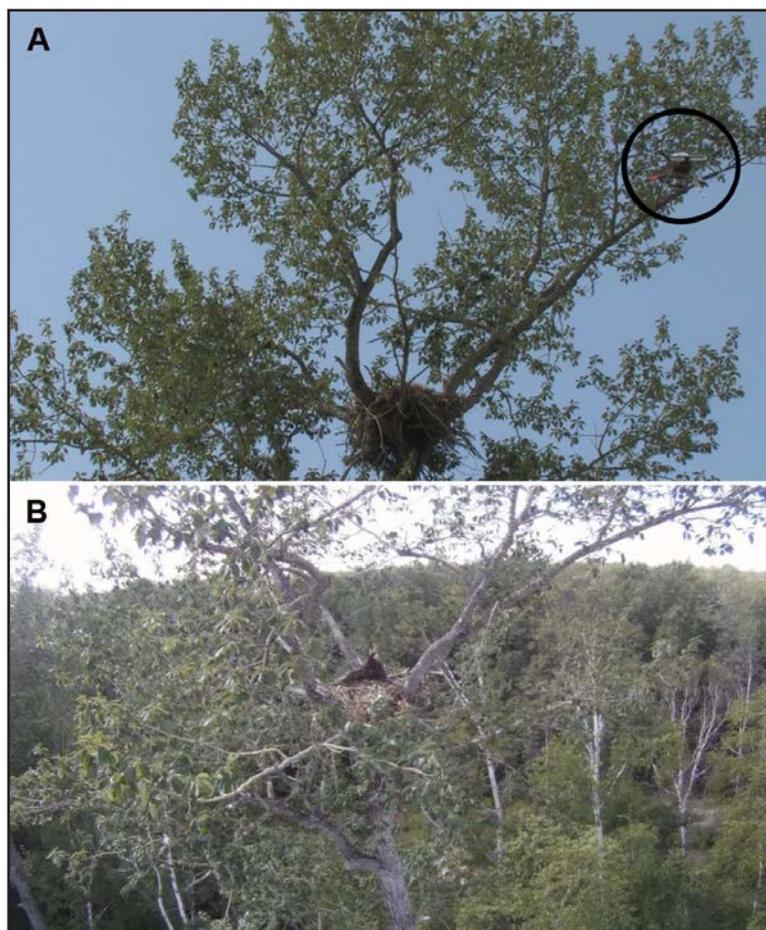


Рис. 6. Вид на другое гнездо белоплечего орлана с земли – А (БПЛА виден в верхнем правом углу кадра) и вид на то же гнездо с БПЛА – В (птенец привстал и расправил крылья, что типично для угрожающей позы).

Fig. 6. View of another Steller's Sea Eagle nest from the ground – A (note a UAV in the upper right corner) and view of the nest from the UAV (note the nestling has spread the wings, which is a typical reaction of young Steller's Sea Eagle when threatened) – B.

Practical considerations

A typical survey in the Magadan State Reserve (Kava-Chelomdja portion) would include three separate trips along the Kava, Chelomdja and Tauy rivers. In total in 2012 and 2013 we checked 27 and 26 territorial pairs which had 10 and 6 nests with chicks respectively. Out of these nests, there were 7 and 6 where the usage of the UAV was necessary. These nests were difficult to observe from the ground/river. We have flown a total of 13 missions at active nests and 5 flights at the un-occupied nests. The only alternative to UAV for studying the contents of these nests was climbing. The climbing would take several hours and create some stress on nestling(s) and, because of the usage of climbing iron spikes, could be damaging for nesting trees.

As a result of usage of UAV we have significantly reduced the amount of time needed to survey this portion of the study area. While before the UAV technology was available it would take 7–8 days to survey the Kava-Chelomdja portion of the Magadan State Reserve, we can now accomplish it within 3–5 days. We thus conclude that the UAV is a useful tool in addition to other field techniques, although it is not a panacea, and it won't replace routine time-proven monitoring methods.

From the two tested platforms, it appears that the NAZA based platform is more stable and thus more suitable for the nest surveys. The Arducopter platform potentially can reach the NAZA standards, but this is unlikely since the firmware is updated almost weekly, and becomes 'decommissioned' by the time the researchers return from the field trip. In addition, the company developing the open source UAV hardware produces a new autopilot every year, which makes the last year flight processor obsolete.

Acknowledgements

The field work was sponsored by the San Diego Zoo and Bryn Athyn College (personal grant). We thank Yuri Bereznoi and the staff of the Magadan State Reserve for their support, and Michael Rodgers for his help in the field season of 2012.

визуально управляющий БПЛА), запускала беспилотник с места недалеко от гнезда, с которого можно было поднять аппарат в воздух, не задевая растительность, и поднимали его на высоту гнезда или выше. Надо отметить, что полёты БПЛА через FPV в густом лесу практически невозможны. В большинстве случаев беспилотник управлялся оператором визуально, а наблюдатель наблюдал гнездо через систему FPV и корректировал действия пилота голосом. Когда БПЛА был выведен на удачную точку между ветвей и был в состоянии стабильного зависания, оператор и наблюдатель могли меняться ролями, и оператор мог наблюдать гнездо через систему FPV. Посадка БПЛА в обязательном порядке выполнялась визуально, при этом наиболее целесообразна была посадка аппарата на руку оператору, что позволяло выполнить посадку даже в густых кустах.

Большинство полётов БПЛА близ гнёзд белоплечих орланов производилось в местах, сильно заблокированных ветками и подростом. Использование ящиков для перевозки БПЛА в качестве стартовой площадки значительно облегчало взлёт, так как в подобном случае не



Рис. 7. Вид с БПЛА на протоку близ гнезда белоплечего орлана. Заметьте самку орлана, пролетевшую в близости от БПЛА. Гнездо находится вне кадра с левой стороны.

Fig. 7. The view from UAV with the adult female Steller's Sea Eagle flying across the river. The Female just performed a flyby near the UAV. The nest is on a tree at the river channel bank immediately left (out of the view).

надо было расчищать площадку, что было проблематично в условиях кочкарного болота или в кустах. Применение транспортировочных ящиков также спасало растительность от топора. Так как места применения БПЛА находились в местах с густым лесом, то траектория вывода беспилотников на рабочую высоту была на редкость замысловатой. На выходе на рабочую высоту аппарат зачастую сталкивался с сильно турбулентным ветром. Тем не менее, БПЛА позволял наблюдать содержимое гнезда без существенных проблем (рис. 5, 6).

Большинство полётов у гнёзд заканчивалось через 3–4 минуты при запасе батарей 6–10 мин. Камера на БПЛА снимала видео и передавала изображение на видео-очки наблюдателю через систему FPV. В большинстве случаев этого было достаточно, чтобы разобраться в том, что находится в гнезде. В одном случае, из-за сильного порывистого ветра, вызывающего вибрацию камеры, было невозможно разобрать,



что находится в гнезде. Однако при анализе видеоматериала (покадровый анализ) можно было без проблем разобрать изображение.

Реакция белоплечих орланов и других птиц на полёты БПЛА

В большинстве случаев взрослые белоплечие орланы не демонстрировали никакой реакции на полёты БПЛА близ гнёзд. Их реакция была аналогична реакции на посещение гнездовых деревьев пешими наблюдателями. Орланы спокойно сидели на деревьях вдали от гнёзд или, если они находились на присадах близ гнезда, спокойно улетали на более удалённые деревья.

В одном случае самка орлана продемонстрировала пролёт перед БПЛА, пролетев в 10 м от него (рис. 7) и перелетев реку, села в лесу на другом берегу. Перед пролётом она находилась на присаде в 300 м от гнезда, и явно покормила птенца, находившегося в гнезде, перед прибытием наблюдателей. Птенец находился на ногах, и его было хорошо заметно с реки. БПЛА был запущен для того, чтобы определить, был ли в гнезде второй птенец.

Птенец обычно не реагировал на появление БПЛА и продолжал лежать в гнезде либо не менял своей позы. В одном случае, при появлении БПЛА перед гнездом, птенец встал на цевки, раскрыл крылья (рис. 6B) и принял угрожающую позу. В другом случае птенец из полусидящего положения просто лёг в гнезде.

Интереса заслуживает реакция других хищных птиц на БПЛА. В двух случаях к БПЛА подлетали чеглоки (*Falco subbuteo*) (рис. 8). Траектория их движения вокруг беспилотника позволяет предположить,

Рис. 8. БПЛА, зависший возле старого гнезда белоплечего орлана и чеглок (*Falco subbuteo*), заинтересованно пролетающий близ аппарата.

Fig. 8. An UAV, old Steller's Sea Eagle nest and a Hobby (*Falco subbuteo*) interested in the new object in the skies.

что их заинтересовал этот необычный летающий объект. Тем не менее, никаких агрессивных выпадов в сторону БПЛА замечено не было.

Практические выводы

Типичные мониторинговые маршруты на Кава-Челомджинском участке Магаданского заповедника включают отдельные маршруты по рекам Кава, Челомджа и Тауй. В 2012 и 2013 гг., к примеру, мы обследовали 27 и 26 гнездовых территорий, соответственно, в которых имелось 10 и 6 продуктивных гнёзд, из которых в 7 и 6 случаях было необходимо использование БПЛА. Все эти случаи приходились на ограниченную видимость гнезда с земли и/или с реки. Таким образом, мы выполнили 13 вылетов БПЛА у активных гнёзд белоплечих орланов, а также ещё 5 полетов над незанятыми гнёздами. Альтернативой этим полётам было только залезание в гнёзда. Каждое такое залезание занимает от одного до двух часов, и является источником стресса как для гнездового дерева (из-за использования когтей), так и для птенцов.

В результате применения БПЛА мы сумели значительно сократить время, затраченное на маршрутные учёты. Если в предыдущие годы, когда БПЛА не были доступны, нам приходилось проводить в поле 7–8 дней, то при наличии БПЛА мы можем сократить время в поле до 3–5 полевых дней. В целом можно заключить, что БПЛА являются полезным дополнением в инструментарий полевых исследований. Тем не менее, это не панацея, и БПЛА не смогут до конца заменить испытанные временем маршрутные учёты.

Что касается различий в испытанных аппаратах, то можно заключить, что БПЛА с процессором NAZA, подобные применённому в 2013 г. аппарату, являются наиболее подходящими для полевых условий Дальнего Востока. Платформа с использованием процессора Ардукоптер потенциально соответствует платформе NAZA, но уступает ей из-за нестабильности прошивок (которые менялись чуть ли не каждую неделю), что приводило к тому, что по возвращении из полевых маршрутов мы находили нашу прошивку в списке «списанных» прошивок. Кроме того, компания, производящая процессоры ARM с открытым кодом, выпускает новую модель процессора каждый год, что делает устаревшими все наработки предыдущего года.

Благодарности

Полевые работы по мониторингу белоплечего орлана производились при финансовой поддержке зоопарков Сан-Диего и Лос Анжелеса, компании Natural Research (Шотландия) и фонда летних исследований колледжа Брин Афин. Мы благодарим директора заповедника «Магаданский» Ю. Бережного и сотрудников заповедника, а также студента колледжа Брин Афин Майкла Роджерса за поддержку и помощь в полевых работах.

Литература

- Anderson K., J. Gaston K. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. – *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2013. 11. P. 138–146. <http://dx.doi.org/10.1890/120150>
- Chabot D., Bird D. Small unmanned aircraft: precise and convenient new tools for surveying wetlands. – *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. 2013. 01(01). P. 15–24. 10.1139/juvs-2013-0014
- d'Oleire-Oltmanns S., Marzoff I., Peter K.D., Ries J. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. – *Remote Sens*. 2012. 4(11). P. 3390–3416. doi:10.3390/rs4113390, <http://www.mdpi.com/2072-4292/4/11/3390>
- Israel M. A UAV-based roe deer fawn detection system. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVIII-1/C22UAV-g. Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland, 2011. http://www.geometh.ethz.ch/uav_g/proceedings/israel
- Laliberte A., Goforth M., Steele C., Rango A. Multispectral Remote Sensing from Unmanned Aircraft: Image Processing Workflows and Applications for Rangeland Environments. – *Remote Sens*. 2011. 3(11). P. 2529–2551. doi:10.3390/rs3112529.
- Laliberte A., Rango A. Image processing and classification procedures for analysis of sub-decimeter imagery acquired with an unmanned aircraft over arid Rangelands. *GISci. – Remote Sens*. 2011. 48. P. 4–23.
- Marris E. Drones in science: Fly, and bring me data. – *Nature*. 2013. 498. P. 156–15. doi:10.1038/498156a.
- Platt J. Eye in the Sky: Drones Help Conserve Sumatran Orangutans and Other Wildlife. *Scientific American Blog*, 2012. <http://blogs.scientificamerican.com/extinction-countdown/2012/09/27/drones-help-protect-sumatran-orangutans-wildlife/>
- Утехина И.Г. Авиачёт с дельтаплана белоплечего орлана *Haliaeetus pelagicus* и скопы *Pandion haliaetus* в заповеднике «Магаданский». – *Русский орнитологический журнал*. 1995. 4 (3/4). P. 103–105.