

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ СЕЗОННЫХ 63–66-Й РАЗ В АНТАРКТИДЕ

В последние десятилетия, по мере освоения человеком воздушного пространства и стремительного развития технологий, все большую популярность в задачах, связанных с дистанционным зондированием Земли, приобретают беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Среди основных преимуществ применения БПЛА в сравнении с пилотируемыми воздушными средствами можно выделить относительную дешевизну работ (экономия на стоимости самого аппарата, топлива, оплате труда летного экипажа), а также возможность выполнения работ в условиях, которые представляют определенную опасность для экипажа, пилотирующего самолет или вертолет: к примеру, полет с учетом орографических особенностей рельефа в горной местности.

Наиболее распространенной областью использования БПЛА является картографирование участков суши различной площади или выполнение рекогносцировочных обследований, однако этот список может быть существенно дополнен в зависимости от конкретных задач и природных особенностей исследуемых территорий. В настоящее время БПЛА применяют во всех регионах мира; не стала исключением и Антарктида. Так, на протяжении сезонных работ 63–66-й Российских антарктических экспедиций фото- и видеосъемки с помощью беспилотных летательных аппаратов стали неотъемлемой частью комплекса научно-прикладных инженерных изысканий, выполняющихся в районе станции Прогресс. В зависимости от специфики задач использовались БПЛА различной конструкции — аппараты мультироторного типа *DJI Mavic* и аппарат самолетного типа *Zala 421-08* (ООО «ЦСТ», Россия) — существенно различающиеся по особенностям эксплуатации и техническим характеристикам (см. таблицу).

Запуск БПЛА самолетного типа осуществляется с помощью эластичной катапульты (рис. 1а), а посадка — при помощи парашюта (рис. 1б). Это означает, что при выборе стартовой площадки необходимо учитывать целый ряд критериев: транспортную доступность, оптимальное время подлета БПЛА к основным площадям обследования, отсутствие вблизи посторонних объектов, ровный рельеф поверхности, наличие на ней снежного покрова во избежание повреждения аппарата при посадке. В работах с этим летательным аппаратом задействован экипаж из двух человек, имеющих квалификацию оператора наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом и допуск к выполнению полетов и техническому обслуживанию аппаратуры. Пилотирование квадрокоптеров требует соблюдения значительно меньшего количества условий: маневренность, возможность изменять скорость полета вплоть до полной остановки и зависания в точке, возможность мягкой посадки на выбранную поверхность, простота управления позволяют не предъявлять особых условий к местности, где производится запуск, а с работами легко справляется один оператор.

Особенности, перечисленные выше, и определяют значительные различия в задачах, решаемых при помощи беспилотных аппаратов разных типов. БПЛА самолетного типа, способный улететь на большие расстояния и длительное время работать от батареи, развивающий высокую скорость, использовался для выполнения обширных площадных фотосъемок. Портативные и более неприхотливые в эксплуатации квадрокоптеры нашли применение, во-первых, в оперативных рекогносцировочных обследованиях, а во-вторых, использовались с целью фиксации наблюдаемых природных объектов и явлений. Более подробно эти задачи описаны ниже.

Таблица

Сравнение основных характеристик используемых БПЛА на ст. Прогресс

Показатель	БПЛА самолетного типа <i>Zala 421-08</i>	Квадрокоптер <i>DJI Mavic</i>
Питание	Электрическое от АКБ	Электрическое от АКБ
Максимальное удаление от точки запуска	25 км	До 5 км
Время автономного полета	80 минут	Не более 30 минут
Полезная нагрузка	Подкрылевая фотокамера, жестко закрепленная в плоскости консоли, для создания ортогональных снимков	Управляемая камера, снимающая фото и видео в разных ракурсах
Крейсерская скорость полета	70 км/ч	Около 30 км/ч

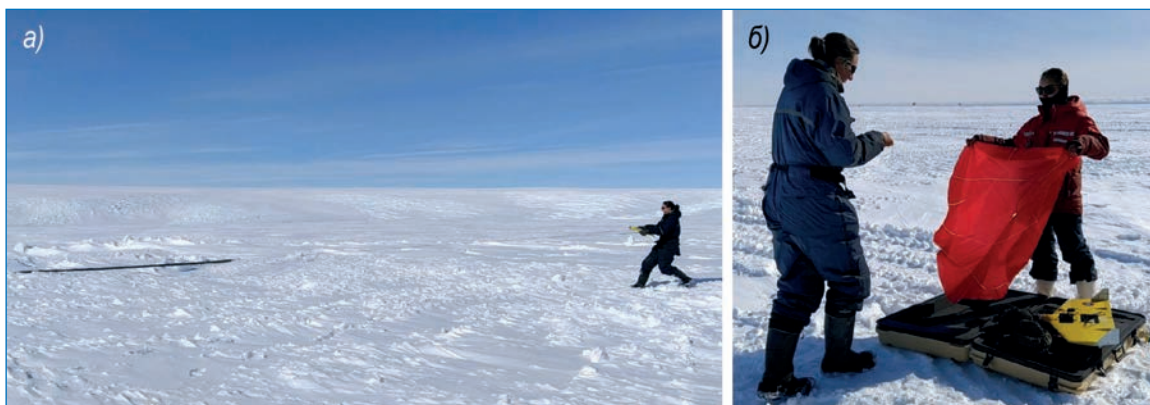


Рис. 1. Особенности эксплуатации БПЛА самолетного типа: а — запуск с эластичной катапульты; б — подготовка парашюта для БПЛА. Район станции Прогресс, 10.01.2020 года. Фото М.Р. Кузнецовой

## Примеры использования данных БПЛА

Одной из важнейших задач, решаемой изыскателями и исследователями, является определение местоположений объектов на местности. Однако доступ к необходимой картографической информации есть не всегда, а что касается труднодоступных районов (к которым, безусловно, относятся территории Антарктиды), то крупномасштабные топографические карты могут и вовсе отсутствовать. Поэтому основным назначением БПЛА в полевых работах остается создание ортофотопланов — снимков участка территории, приведенных к некоторой системе высот.

Приведем один из примеров практического использования информации, получаемой с БПЛА. В ходе сезонных операций 65-й РАЭ была организована открытая площадка временного хранения строительных модулей; при ее подготовке было необходимо оценить характер рельефа, перепады высот выбранного участка. Это было сделано по ортофотоплану, созданному по результатам аэрофотосъемки БПЛА Zala 421-08. Данная задача могла быть решена в ходе проведения наземных геодезических работ. Однако, ввиду значительной площади участка (1400 × 400 м), они заняли бы от 1 до 2 суток, тогда как аэрофотосъемка вместе с обработкой данных заняла не более 6–8 часов, при этом точность определения плановых координат составила ±2 м, высотных — ±5 м. Связанной задачей является определение положения объектов, их границ и площадей, что может быть использовано для составления карт-схем с расположением объектов инфраструктуры РАЭ и прочих антропогенных объектов, определения положения береговой линии озера, картографирования временных водотоков,

а также вычисления площадей снежно-ледовых участков оазиса. Последнее особенно актуально для решения задачи оценки влагозапасов на водосборах озер.

Вторым по популярности назначением БПЛА, уже упомянутым выше, является проведение рекогносцировочных обследований: беспилотные аппараты запускают, чтобы оценить состояние объекта, оценить его доступность, найти удобный подход и т. д. С учетом холмистого рельефа оазиса в районе станции Прогресс, использование БПЛА при рекогносцировке позволяет существенно сэкономить время и силы изыскателя.

Кроме того, применение беспилотного воздушного судна самолетного типа, покрывающего большие расстояния, позволяет осуществлять и ледовую разведку для подхода судов к точкам разгрузки. Пример таких работ приводится на рис. 2: перед заходом НЭС «Академик Трёшников» в район российской антарктической станции Прогресс в ноябре 2019 года визуальное установление, что по маршруту движения НЭС на подходе к бухте Тала наблюдается трещина в припайном льду. Ее видимая ширина не превышала 0,5 м, однако последующая рекогносцировка, выполненная сотрудниками экспедиции с высадкой на припайном льду, показала, что в действительности трещина характеризуется трапециевидной формой, расширяясь вниз от поверхности морского льда до 2–2,5 м и представляя значительную опасность для

движения транспортной техники. В том случае, если бы ледовая обстановка затруднила подход НЭС к точке разгрузки в бухте Тала и потребовалось перемещение груза и топлива по морскому льду, необходимым условием безопасности операций являлось бы форсирование данной трещины именно судном. Соответствующая

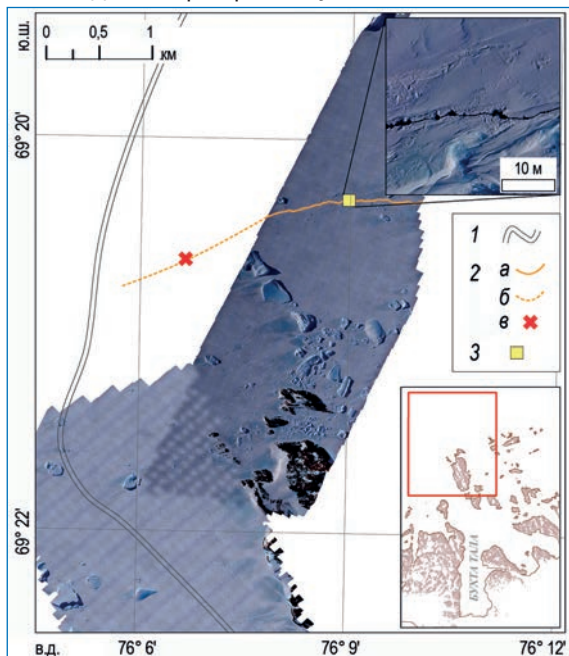
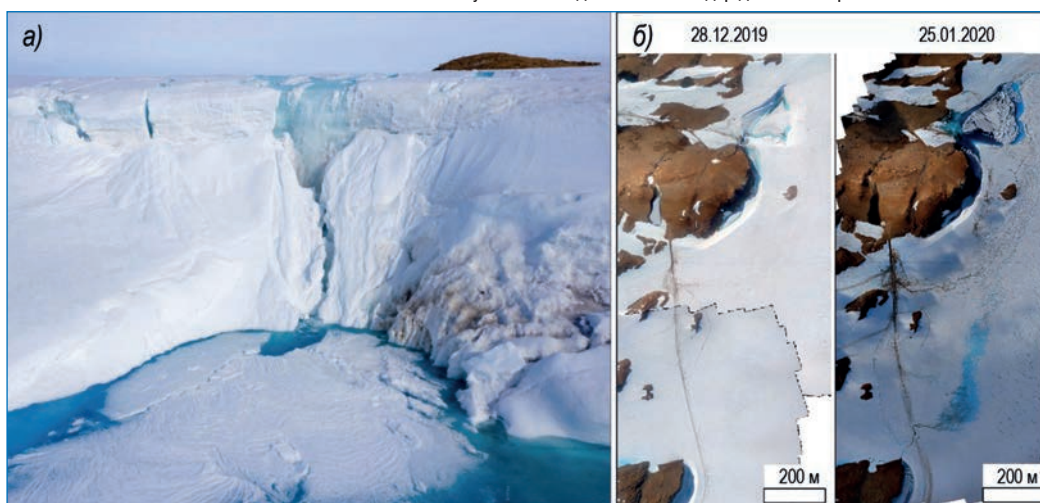


Рис. 2. Результаты ледовой разведки с использованием БПЛА:  
1 – маршрут движения НЭС;  
2 – трещина в морском льду (а – по данным аэрофотосъемки, б – интерполированное положение, в – визуально наблюдаемая);  
3 – участок детализации аэрофотосъемки

Рис. 3. Съемка последствий прорыва оз. Болдер с БПЛА: а – снимок с квадрокоптера: наполнение провала, фото от 11.01.2020; б – снимки с БПЛА самолетного типа: участок на леднике от оз. Болдер до и после провала



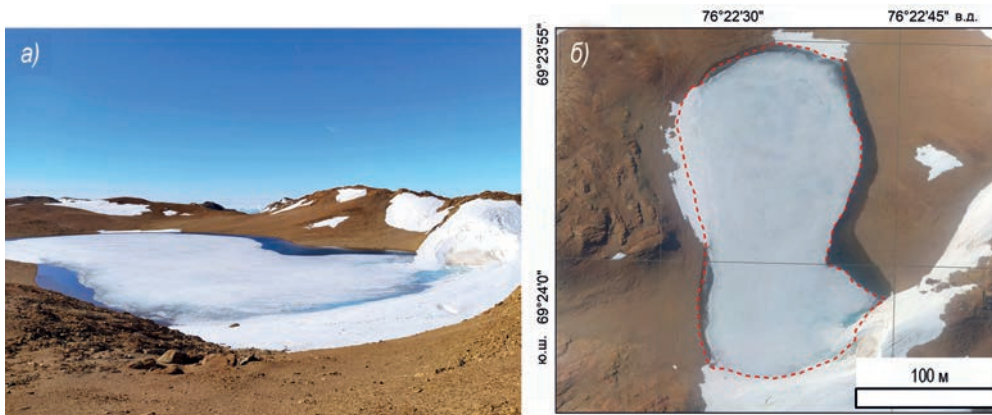


Рис. 4. Лед на акватории озера LH73: а – маршрутный фотоснимок от 02.01.2020 (оцененная площадь льда составляет 95 % акватории), фото М.Р. Кузнецовой; б – аэрофотоснимок БПЛА самолетного типа от 28.12.2020 (площадь льда на акватории 23 465 м<sup>2</sup>)

информация и координаты точки пересечения трещины с маршрутом движения НЭС, полученные в том числе с использованием аэрофотосъемки, были заблаговременно переданы начальнику рейса.

Фотосъемку природных объектов и явлений с разных ракурсов можно определить как отдельную самостоятельную задачу для БПЛА. Возможность ее решения с помощью беспилотного аппарата в специфических природных условиях антарктического региона имеет особую практическую значимость, поскольку гарантирует безопасность наблюдателя. Поясним на примере. В январе 2020 года произошло опорожнение оз. Болдер: истечение воды происходило по леднику и далее в провал в восточной части ледника Долк у полевой базы Прогресс-1 (сам провал образовался в 2017 году). Запечатлеть это уникальное природное событие для последующего изучения оказалось крайне опасно (данный участок ледника исполосован трещинами, многие из которых видны даже невооруженным глазом), а с безопасного расстояния — практически невозможно (ограниченная видимость). Поэтому единственным возможным решением стало использование квадрокоптера (рис. 3а).

В ходе сезонных полевых работ было необходимо выполнять мониторинговые наблюдения, т. е. следить за развитием природных процессов и регулярно оценивать состояние объектов. Выполнение таких наблюдений с воздуха позволяет увидеть более полную картину происходящего, в том числе на труднодоступных или опасных участках. Именно в ходе такого мониторинга с воздуха авторами настоящей статьи была получена серия аэрофотоснимков, позволивших проследить последствия опорожнения оз. Болдер (рис. 3б).

Другой пример — определение площади льда на акватории озера (рис. 4а, б): выполнение подобных работ с земли позволяет получить лишь оценочное значение (%), тогда как по аэрофотоснимку можно определить вполне конкретные значения площади озерного льда (м<sup>2</sup>). Выполнение аэрофотосъемок в течение нескольких лет позволяет оценить изменения объектов. Например, характерным природным явлением оазиса являются прорывы озера, подпруженных снежниками. В результате прорыва в снежнике образуется канал, по которому и происходит отток озерных вод. Анализ аэрофотоснимков за 64-й и 65-й сезоны позволил оценить положение и формы русел таких каналов на озерах Дискашн и Прогресс. Их положение год от года неизменно, что весьма важно при оценке опасности прорывов и разрушения снежников — плотин.

## Заключение

Применение БПЛА разных типов в научных и изыскательских работах в оазисе Холмы Ларсеманн является положительным опытом для решения следующих задач:

- создание ортофотопланов и построение карт высот;
- определение положения объектов, их границ и площадей (определение координат, составление карт-схем);
- рекогносцировочные обследования;
- фотосъемка природных объектов и явлений;
- мониторинговые наблюдения (сезонные, многолетние).

Решение обозначенных задач имеет как прикладную, так и научную ценность, а применение БПЛА, как возможность их решения в силу природных особенностей антарктического региона, диктуется соображениями рациональности и безопасности.

Аэрофотосъемка имеет явное преимущество перед аналогичными наземными геодезическими работами: большая скорость полевых работ и меньшие трудозатраты. В условиях пересеченной местности и наличия крайне опасных для наземного передвижения участков целесообразно применение БПЛА для рекогносцировочных работ, фотографирования, мониторинга объектов. Выбор типа БПЛА зависит от решаемой задачи: для получения ортофотопланов или дальних рекогносцировочных работ целесообразно использовать аппарат самолетного типа; для получения фотографий труднодоступного объекта с разных ракурсов или оперативной видеосъемки быстроразвивающегося природного процесса (например, прорыв озера) удобнее применять БПЛА мультироторного типа.

Применение БПЛА дает изыскателям много преимуществ. Однако не следует забывать, что их использование очень зависит от погодных условий, в первую очередь — от скорости ветра. Учитывая известные различия метеорологических условий на полярных антарктических станциях, очевидно наличие сложностей с применением БПЛА на некоторых из них, например ограниченное количество возможных полетных дней. Это обязательно следует учитывать при планировании работ.

*С.Д. Григорьева (АНИИ, СПбГУ),  
М.Р. Кузнецова (СПбГУ),  
Э.Р. Киньябаева (АНИИ, СПбГУ)*