

*«Природопользование и охрана окружающей среды»,  
Франция (Париж), 19–26 октября 2016 г.*

*Технические науки*

**ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ  
ДРОНА ДЛЯ МОНИТОРИНГА  
ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ,  
ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ НА СЕВЕРЕ**  
Ефремов П.В., Попов К.А., Капитонова Т.А.,  
Стручкова Г.П., Слепцов О.И.

*ФГБУН Институт физико-технических проблем  
Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск,  
e-mail: g.p.struchkova@iptpn.ysn.ru,  
kapitonova@iptpn.ysn.ru*

Для оценки состояния природно-технической системы, функционирующей в сложных климатических условиях, используется комплекс показателей, которые выявляются в результате различных обследований. Предлагается технология аэровизуального наблюдения и мониторинг технического состояния трубопроводов и развития опасных природных процессов с использованием дрона для обеспечения безопасности и минимизации риска возникновения чрезвычайных ситуаций в условиях криолитозоны. Проанализированы особенности использования квадрокоптеров для мониторинга линейных объектов, расположенных в труднодоступных районах, преимущества и недостатки предложенного метода и возможности их устранения.

В настоящее время особое внимание уделяется вопросам изучения взаимодействия технической системы с окружающей природной средой. В результате такого взаимодействия образуются сложные природно-технические системы (ПТС), которым уделено серьезное внимание в работах ряда ученых: Н.Ф. Реймерса, А.Л. Ревзона, А.В. Садова, Р.О. Самсонова, А.П. Камышева, И.И. Мазура, С.Г. Павлова, Б.Н. Семенякина и др., [5]. Магистральные трубопроводы, проложенные в регионах холодного климата, также рассматриваются как сложные природно-технические системы, их защищенность рассматривается как важнейший показатель по критериям риска, так как нарушение их работы влияет на состояние безопасности целого региона [2]. Для своевременного обнаружения опасных участков, несколько раз в год проводится оценка состояния ПТС функционирующей в сложных климатических условиях, используется комплекс показателей, которые выявляются в результате различных обследований. Одним из таких является геотехнический мониторинг, который позволяет не только оценивать, но и прогнозировать состояние ПТС. На подготовительном этапе при помощи аэро- и космосъемки решаются следующие основные задачи:

- выявление участков с нарушением технического состояния объекта, например: разрывы, трещины, коррозионные зоны, повреждение гидро- и теплоизоляции и прочее;
- наблюдение и контроль за состоянием природной среды на всей протяженности трассы магистрального трубопровода (состояние опасных геологических процессов, зон подтопленных, коррозионно-опасных сред, промерзающих и оттаивающих грунтов и др.);
- анализ участков с подводным переходом магистрального трубопровода;
- ранжирование участков по степени опасности, выделение участков для первоочередного диагностического исследования.

Для повышения надёжности решения задач диагностики объектов целесообразно проводить их одновременное наблюдение с помощью нескольких видов съёмки, использующих специфические свойства излучений различными длинами волн и применяемых для мониторинга магистральных трубопроводов [4].

Аэровизуальное обследование является важным средством дистанционного мониторинга протяженных линейных природно-технических систем. Оно относительно недорогое, покрывает всю изучаемую территорию и производится в короткие сроки, что позволяет, используя минимальное количество опорных наземных данных, осуществлять оперативный контроль состояния объектов и давать ценные данные для прогноза их взаимодействия с окружающей средой на огромных территориях с весьма разнообразными ландшафтными условиями. При обследовании используется фотокамера, фиксирующая время получения снимка с точностью до секунды. Для привязки фотоснимков к трассе магистрального газопровода в течение всего облета используется приёмник GPS, позволяющий с точностью не менее 30 м фиксировать координаты точек съёмки во время полета путём записи трека с частотой записи не менее 1 точки в секунду. Непрерывная видеосъёмка коридора трассы магистрального трубопровода шириной 300 м выполняется видеокамерой, с разрешением 1920\*1080 мегапикселей или выше.

Метод аэровизуального обследования применялся и ранее, но на сегодняшний день технология проведения аэровизуального обследования более усовершенствована:

- уменьшено количество специалистов при проведении полевых работ; если раньше требовалось 4-5 специалистов непосредственно на борту, то сейчас достаточно одного, без учета пилота;

- съемка производится над линейным объектом (точность полета в зависимости от GPS трека пилота), что позволяет полностью снять охранную зону объекта;

- использованное изменение угла съемки позволило улучшить точность привязки фото-видеоматериалов [3].

В последнее время беспилотные летательные аппараты (дроны) все чаще применяются в различных сферах деятельности человека. Дроны-квадрокоптеры – это летательные аппараты с четырьмя несущими винтами. Они производятся из высококачественных материалов (чаще всего из углеродного волокна), комплектуются различными модулями: модуль GPS, разнообразные контроллеры полета, компас, некоторые модели оборудованы сенсорами и другими приборами. В основном большая часть квадрокоптеров приобретается и используется для фото и видеосъемки с воздуха, для этого их оборудуют специальными карданными подвесками для стабилизации камеры. Такие аппараты комплектуются различными камерами от GoPro до дорогостоящих камер стоимостью в несколько тысяч долларов. При необходимости квадрокоптер способен зависать на определенной высоте. За счет нескольких роторов квадрокоптер летит не только горизонтально над протяженными объектами, но и вокруг объекта, что позволяет получить более детальную информацию об объекте. Это дает возможность по полученным материалам построить объемные модели объекта, которые более точны по сравнению с материалами полученными в ходе съемки с самолета или вертолета. Дроны могут быстро совершать облет больших и труднодоступных районов.

Традиционные методы картографирования, такие как аэрофотосъемка, затратные, а космические снимки, имеющиеся в свободном доступе, недостаточного разрешения для проведения детального мониторинга ПТС, поэтому очевидны преимущества использования дронов: большее разрешение; возможность различных видов съёмки – перспективной и панорамной; съемка на различной высоте, причем малая высота дает возможность не учитывать облачность.

Построенные 3D модели используются для тематического дешифрирования. За счет более точной привязки (погрешность не более 10 метров в высоту).

Первичная обработка снимков, т.е. обработка полученных данных с использованием специализированного программного обеспечения включает в себя: построение разреженного облака точек; уточнение координат камер; построение плотного облака точек; построение модели местности; экспорт ортофотоплана и карты высот.

Ортофотоплан необходим в качестве основы для тематического дешифрирования объектов. Для этого используется обучающая выборка из необходимых для дешифрирования объектов. Обучающая выборка состоит из эталонных объектов, [5]. Полученная на основе этих данных аналитическая информация и разработанные рекомендации могут предоставляться в максимально сжатые сроки. По предложенной методике были проведены работы по мониторингу опасных геологических процессов на участках трассы магистрального нефте- и газопровода, проложенных в криолитозоне.

Отмечаются следующие недостатки применения квадрокоптера для мониторинга:

- сильно ограничена прямая дальность полета, до 3 км, в зависимости от модели; время полета ограничено емкостью батареи и моделью квадрокоптера; в зависимости от модели небольшая грузоподъемность, поэтому они могут быть оборудованы только 1 видом съемочного или измерительного прибора; невозможность проводить обследования при плохих погодных условиях; частая замена расходных комплектующих (роторы, батареи и лопасти); отсутствие автоматических функции безаварийного применения, предотвращающих неконтролируемое падение беспилотных летательных аппаратов с высоты на землю.

Заключение: использование дронов для проведения детального мониторинга ПТС имеет очевидные преимущества перед традиционными видами аэровизуального обследования, но при этом необходима дальнейшая модернизация аппаратных средств, программного обеспечения и технологий обработки и анализа данных для улучшения точности аэрофото- и видеосъемки и сокращения времени обработки данных.

#### Список литературы

1. Алешко Р.А., Шошина К.В. Разработка методов и алгоритмов тематической обработки детальных спутниковых снимков на основе структурного моделирования // Молодой ученый. – 2015. – № 13.1. – С. 1-5.
2. Капитонова Т.А., Стручкова Г.П., Тарская Л.Е., Ефремов П.В. Анализ факторов риска трубопроводов, проложенных в условиях криолитозоны с использованием ГИС-технологий // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5-5. – С. 954-958.
3. Смирнов А.В. Опыт использования БПЛА для создания карт и планов крупных масштабов. Проблемы и недочеты, влияющие на результат / А.В. Смирнов // Сборник материалов научно-практических конференций: тез. конф., 11-я Международная научно-техническая конференция «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии» (г. Тосса-де-Мар, Испания, 19-22 сент. 2011 г.). – «Центр перспективных технологий», Москва, 2011. – 43 с.
4. Стручкова Г.П., Капитонова Т.А., Ефремов П.В., Тарская Л.Е. Использование аэровизуального обследования для оценки геологических рисков нефтегазопроводов Севера // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9. – С. 38-41.
5. Стручкова Г.П., Капитонова Т.А., Попов К.А., Ефремов П.В. Использование геоинформационной базы данных разнородной информации для оценки состояния линейных технических систем в условиях криолитозоны // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 4. – С. 183-187.