

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ БЕСХОЗЯЙНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ**

**Курганович К.А., Шаликовский А.В., Босов М.А., Кочев Д.В.**

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования  
и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия  
e-mail: [vostokniivh@mail.ru](mailto:vostokniivh@mail.ru)

**Ключевые слова:** бесхозьяйные гидротехнические сооружения, цифровая модель рельефа, беспилотные летательные аппараты, аэрофотосъемка, фотограмметрическая обработка.

*В статье рассмотрены практические аспекты использования беспилотных летательных аппаратов для обследования состояния бесхозьяйных противопаводковых гидротехнических сооружений, приведены выявленные дефекты на примерах сооружений Забайкальского края.*

**THE PRACTICE OF USING MODERN REMOTE SENSING DEVICES IN  
MONITORING OWNERLESS HYDRAULIC STRUCTURES OF THE TRANS-BAIKAL  
TERRITORY**

**Konstantin A. Kurganovich, Andrey V. Shalikovskiy, Maxim A. Bosov, Denis V. Kochev**

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and  
Protection Protection» Eastern Branch, Chita, Russian Federation  
e-mail: [vostokniivh@mail.ru](mailto:vostokniivh@mail.ru)

**Keywords:** ownerless hydraulic structures, digital terrain model, unmanned aerial vehicles, aerial photography, photogrammetric processing.

*The article discusses the practical aspects of the use of unmanned aerial vehicles for examining the state of ownerless flood control hydraulic structures. The defects of ownerless hydraulic structures identified by this method are given.*

Бесхозьяйные гидротехнические сооружения (ГТС) представляют опасность для окружающей среды и человека из-за отсутствия должного мониторинга за ними. Отсутствие наблюдения, своевременной оценки состояния и выявления возможных дефектов ГТС могут привести к серьезным негативным последствиям [3]. Решением данной проблемы является использование высокодетальной цифровой модели местности, полученной по данным съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [2].

Мониторинг состояния бесхозьяйных противопаводковых гидротехнических сооружений Забайкальского края выполнялся по следующему плану. БПЛА производил съемку местности, полученная серия снимков анализировалась с использованием алгоритмов реконструкции трехмерной сцены из фотографий, таких как structure from motion (SfM) и multi-view stereo (MVS) [5]. В результате реконструкции получена цифровая модель рельефа и ортофотоплан местности, которые дают возможность количественного анализа дефектов ГТС. Методы SfM и MVS являются в настоящее время наиболее развитыми алгоритмами получения трехмерных моделей местности и наиболее широко используемыми в науках о Земле. Эти методы позволяют получить результаты, сравнимые с более традиционными способами топографических изысканий, таких как лазерное сканирование, однако при этом отмечается существенное уменьшение времени получения данных (на 80 %) [4].

Метод Structure-from-Motion использует алгоритмы обработки серии изображений, сделанных с перекрытием и сдвигом относительно друг друга. Этот метод отличается от традиционно принятых в фотограмметрии способов обработки стереопар, так как не требует

априорной информации о геометрии сцены съемки, расположении камеры и ее ориентации в пространстве. Все эти данные получают из итеративного процесса сопоставления и корректировки серии большого количества пересекающихся изображений.

Для генерирования цифровой модели рельефа и ортофотопланов из аэрофотоснимков, выполненных в надир, использовалось ПО Agisoft Photoscan (<http://www.agisoft.ru>) (рис. 1).

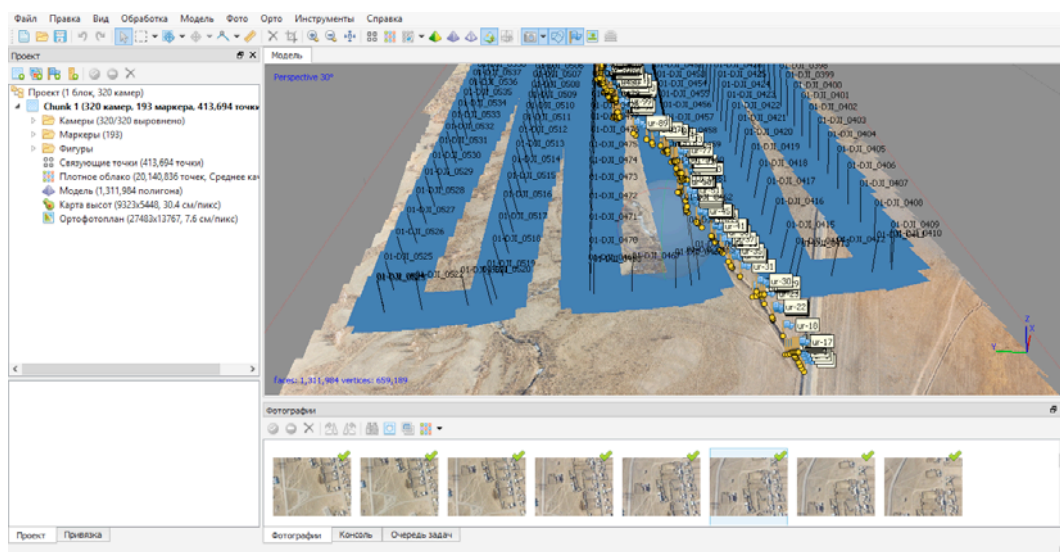


Рис. 1. Фотограмметрическая реконструкция трехмерной сцены.

Для проверки достоверности полученной цифровой модели рельефа и истинных значений необходимо использовать сеть наземных контрольных точек, полученных с помощью приемника GNSS в режиме RTK, а также сеть опорных точек, которые отмечаются на твердых основаниях, не подвергавшихся изменениям за время исследования (рис. 2). Их размер должен быть больше разрешающей способности снимков, чтобы не составило труда их отыскать и разместить специальные маркеры привязки снимков к требуемой системе координат [1].

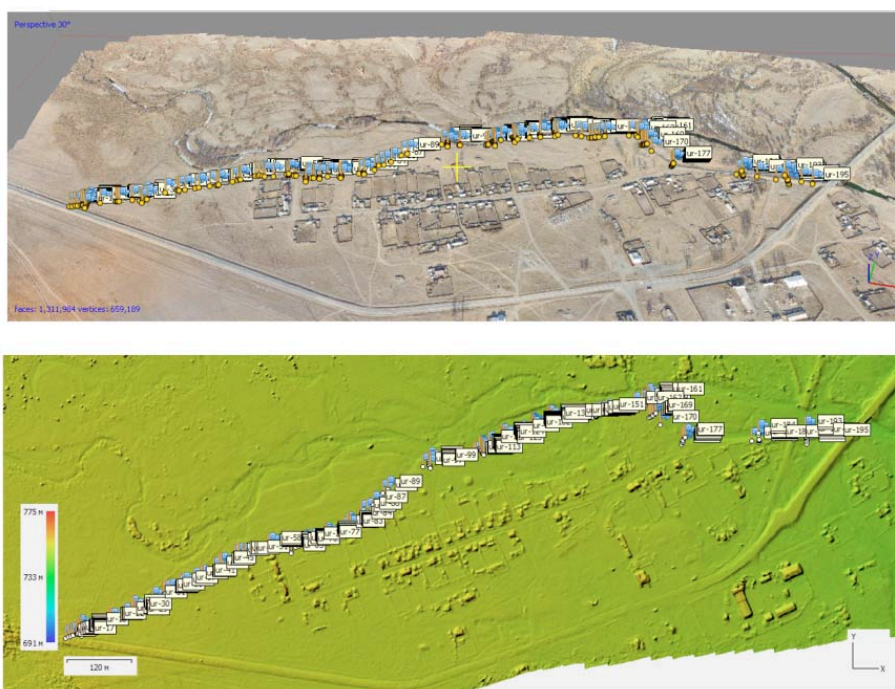


Рис. 2. Ортофотоплан и цифровая модель рельефа с размещенными контрольными точками на дамбе на примере с. Дорожное Забайкальского края.

Погрешность метода измерения оценивались с использованием GNSS и показала ошибку от 0,08 до 0,13 метра, что сопоставимо с горизонтальным разрешением снимка (разрешение снимка БПЛА составляет 8 сантиметров/пиксель).

Таким образом, апробация предлагаемой методики показала следующие результаты:

1. Построены высокдетальные трехмерные модели защитных сооружений для сооружений Забайкальского края.
2. По гребням защитных сооружений из модели рельефа извлечены продольные профили.
3. Определены дефекты гидротехнического сооружения:
  - понижение отметок гребней дамб из-за интенсивного автомобильного движения на их участках, необорудованных съездами (рис. 3);
  - деформации, появившиеся в результате пеших переходов и скотопрогонов через дамбу;
  - размыв берегов в результате дождей и паводков;
  - несоблюдение проектных отметок.



**Рис. 3.** Продольный профиль участка дамбы в с. Дорожное, показывающий понижение отметок из-за автомобильного съезда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курганович К.А., Шаликовский А.В., Курганович Н.А., Голятина М.А. Опыт применения данных дистанционного зондирования Земли и беспилотных летательных аппаратов для решения водохозяйственных задач // Сборник материалов XIV Международного научно-практического симпозиума и выставки «Чистая вода России» (г. Екатеринбург, 18-20 апреля 2017 г.). Екатеринбург, 2017. С. 58-62.
2. Курганович К.А., Шаликовский А.В., Босов М.А., Кочев Д.В. Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга состояния бесхозяйных

противопаводковых гидротехнических сооружений Забайкальского края // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2. № 1. С. 32-43. <https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.1.32>

3. *Шаликовский А.В., Курганович К.А.* Управление риском наводнений в мире и в Российской Федерации // Вестник Забайкальского государственного университета. 2012. № 5 (84). С. 21-31.
4. *Ridolfi E., Buffi G., Venturi S., Manciola P.* Accuracy analysis of a dam model from drone surveys // Sensors. 2017. Vol.17. Iss. 8. P. 1777. DOI: 10.3390/s17081777.
5. *Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M.* 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. // Geomorphology, 2012, vol. 179, pp. 300-314. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.08.021.