

УДК 902.03+552.313+ 528.7  
 DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-9-13-23

## ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ КАМЕННОГО ВЕКА И ВЫХОДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ТИТОВСКОЙ СОПКИ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ): ПРАКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

### GEOARCHAEOLOGICAL MAPPING OF STONE AGE SITES AND MINERAL OUTPUTS OF TITOVSAYA SOPKA (EASTERN TRANSBAIKALIA): A PRACTICAL ASPECT



**П. В. Мороз,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
frostius.81@mail.ru



**K. A. Курганович,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
naptheodor@mail.ru



**M. A. Босов,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
max\_bosov@mail.ru

**P. Moroz,**  
Transbaikal State University, Chita

**K. Kurganovich,**  
Transbaikal State University, Chita

**M. Bosov,**  
Transbaikal State University, Chita



**Г. А. Юргенсон,**  
Институт природных ресурсов, экологии  
и криологии СО РАН, г. Чита  
yurgga@mail.ru



**I. I. Разгильдеева,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
labpaleo@yandex.ru



**D. V. Кочев,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
denis.ko4ev@yandex.ru

**G. Yurgenson,**  
Institute of Natural Resources, Geology  
and Cryology SB RAS, Chita

**I. Razgildeeva,**  
Transbaikal State University,  
Chita

**D. Kochev,**  
Transbaikal State University,  
Chita

Показана практическая реализация возможностей применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при проведении геоархеологического картирования Сухотинского геоархеологического района. Объектом исследования является Сухотинский геоархеологический район (Восточное Забайкалье), связанный с источником минерального сырья – палеовулканом Титовская сопка. Целью исследования определено создание ортофотоплана и цифровой модели указанной местности.

Задачи исследования: геоархеологическое картирование территории района исследований с применением современных аппаратных и программных методов с использованием алгоритмов реконструкции трехмерной сцены из фотографий, таких как *structure from motion (SfM)*, адаптированной к задачам геоархеологии и картирования вулканитов, а также продуктов их контактового метаморфизма;

- координирование сети наземных опорных точек и маркировка их местоположения способом, позволяющим определить их с фотоснимков, сделанных БПЛА; аэрофотосъемка исследуемой территории с использованием БПЛА;
- реализация алгоритмов фотограмметрической обработки снимков по методу SfM с получением пространственно-ориентированного плотного облака точек местности;
- постобработка плотного облака точек с получением трехмерной модели местности и ортофотоплана высокого пространственного разрешения.

Актуальность работы заключается в практической реализации современных GNSS-технологий с применением беспилотного летательного аппарата для картирования геоархеологических объектов. В качестве методов исследования принят анализ и дешифрирование снимков высокого разрешения, выполненных с БПЛА, и других цифровых и картографических материалов; обработка и оцифровка изображений. Созданы и проанализированы ортофотоплан и цифровая модель местности. Выявлены участки изменения микрорельефа. Теоретическое и практическое значение исследования заключается в создании ортофотоплана и цифровой модели местности Сухотинского геоархеологического района с применением современных аппаратных средств и БПЛА, которые представляют собой цифровое геоархеологическое картирование археологических памятников и включают все гипсометрические уровни и выходы минерального сырья на площади 2,4 км<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** Забайкалье; Титовская сопка; памятники археологии; геоархеологическое картирование; ортофотоплан; цифровая модель; беспилотный летательный аппарат; горная порода; ороговиковый вулканит; палеолит

The practical implementation of the possibilities of using unmanned aerial vehicles (UAVs) in carrying out geoarchaeological mapping of the Sukhotinsky geoarchaeological region is shown. The object of the study is the Sukhotinsky geoarchaeological region (Eastern Transbaikalia), associated with the source of mineral raw materials - the Titovskaya Sopka paleovolcano. The aim of the study is to create orthophotomap and digital terrain model specified. The objectives of the study included geoarchaeological mapping of the territory of the study area using modern hardware and software methods using algorithms for reconstructing a three-dimensional scene from photographs, such as structure from motion (SfM), adapted to the tasks of geoarcheology and mapping of volcanics, as well as the products of their contact metamorphism; coordination of ground control points' network and marking of their location in a way that allows them to be identified from photographs taken by UAVs; realization of aerial photography of the area under consideration, using UAVs; implementation of algorithms for photogrammetric processing of images using the SfM method with obtaining a spatially-oriented dense cloud of terrain points; post-processing of a dense cloud of points with obtaining a three-dimensional terrain model and a high spatial resolution orthophotomap.

The relevance of the work lies in the practical implementation of modern GNNS technologies using an unmanned aerial vehicle for mapping geoarchaeological objects. Analysis and interpretation of high-resolution images taken from UAVs and other digital and cartographic materials, processing and digitization of images were taken as research methods. An orthophotomap and a digital terrain model were created and analyzed. Areas of microrelief change were revealed. The theoretical and practical significance of the study consists in creating an orthophotomap and a digital terrain model of the Sukhotinsky geoarchaeological region using modern hardware and a UAV, representing a digital geoarchaeological mapping of archaeological sites, including all hypsometric levels and outcrops of mineral raw materials on an area of 2,4 km<sup>2</sup>.

**Key words:** Transbaikalia, Titovskaya Sopka, archaeological sites, geoarchaeological mapping, orthophotomap, digital model, unmanned aerial vehicle, rock, hornfels volcanic, Paleolithic Age

**Введение.** В современной археологической науке наблюдается существенный интерес интереса к проблемам взаимосвязи облика каменных индустрий и характеристик минерального сырья, а также к изучению районов его распространения. Одним из первых, кто высказал идеи о необходимости

совместной работы археологов и геологов в России, был известный минеролог А. Е. Ферсман. Однако его предложение не получило широкого отклика среди археологов, за исключением Г. А. Бонч-Осмоловского (1932). В отечественной археологии разработка «сырьевой» проблематики в середине и конце

XX в., как правило, сводилась к визуальным определениям ограниченной выборки предметов из коллекции. В то же время даже отдельные исследования, проведенные на территории Европейской части России, показали плодотворность сравнительного анализа минералого-петрографического состава орудий и конкретных источников сырья.

В Забайкалье таким источником качественного минерального сырья с глубокой древности является палеовулкан Титовская сопка, расположенный в современных границах г. Читы. На склонах сопки выявлены порядка двух десятков памятников археологии, в основном каменного века, некоторые из них известны уже около ста лет [1; 3; 4]. Периодичность изучения археологических объектов породила ряд проблем. Наиболее сложной из них является отсутствие точных геодезических привязок раскопов, возможно, за исключением многослойного поселения Сухотино-4. За вековую историю изучения объектов Сухотинского геоархеологического района так и не была создана единая геоархеологическая карта, фиксирующая координаты древних местонахождений. Обусловленные этой ситуацией проблемы ярко проявились как в работах археологов XX в., так и в современных компилиативных трудах [5].

Еще одним аспектом изучения археологических памятников района Титовской сопки стал анализ минерального сырья, также не нашедший отражения в исследованиях XX в. В Забайкалье научные проекты, связанные с сырьевой составляющей каменных индустрий, проводятся с 2005 г., а для объектов Титовской сопки – с 2015 г.

Сухотинский геоархеологический район расположен в пределах Титовской сопки, представляющей собой вулканическую постройку триасового возраста. В результате полученные при геоархеологическом картировании данные позволяют выявить пространственное распространение памятников, основанных на роговиках и ороговикованных вулканитах – местном минеральном сырье высокого качества. При этом вероятность поиска древних мастерских с помощью летательного аппарата весьма велика, поскольку процесс ороговиковования вулканитов связан с воздействием на них фрагментов гранитоидов Молоковской интрузии, отличающихся по цвету от вмещающих их вулканитов среднего состава.

Актуальность исследования заключена в практической реализации возможностей применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при проведении геоархеологического картирования Сухотинского геоархеологического района. Выполнение подобных работ актуально и в практической реализации современных GNSS (*Global Navigation Satellite System*) технологий с применением беспилотного летательного аппарата для картирования геоархеологических объектов. Изучение состава и свойств сырья, использованного для производства артефактов, в сочетании с детальным картированием с применением современных геодезических технологий позволяет на новом уровне подойти к решению вопросов о взаимодействии человека с минеральным сырьем в Забайкалье, выводит на более точный уровень поиска новых памятников в рамках конкретного геоархеологического района. Разработанность темы исследования для Забайкалья находится на крайне низком уровне, а публикации полностью отсутствуют. В то же время для современной геоархеологии данная тематика активно разрабатывается и находится в исследовательском тренде [2; 6; 7; 8]. В работах освещается практическое использование современных GNSS-технологий с применением беспилотного летательного аппарата для картирования геоархеологических объектов.

Объектом исследования является Сухотинский геоархеологический район, связанный с источником минерального сырья, палеовулканом Титовская сопка; предметом – геоархеологическое картирование с применением современных аппаратных и программных методов. Цель – создание ортофотоплана и цифровой модели местности Сухотинского геоархеологического района. Задачи исследования: 1) проведение полевого этапа с привязкой устройств глобальных навигационных систем GNSS (*Global Navigation Satellite System*); 2) координирование сети наземных опорных точек; 3) аэрофотосъемка исследуемой территории с использованием БПЛА; 4) постобработка плотного облака точек с получением трехмерной модели местности и ортофотоплана. Способом аргументации в работе является ссылка на источники, описывающие применение алгоритмов реконструкции трехмерной сцены из фотографий как в теории, так и на практике. Методология состоит в использовании алго-

ритмов реконструкции трехмерной сцены из фотографий, таких как *structure from motion* (*SfM*), адаптированной к задачам геоархеологии и картирования вулканитов, а также продуктов их контактового метаморфизма. Методология исследования представляет собой сочетание различных частнонаучных методов из области геодезии, геологии, археологии и петроархеологии. Таким образом, сочетание разнотиповых работ (полевых наземных, аэрофотографических, камеральных) с целью контроля и совершенствования используемых методов, находящихся на стыке геологических, инженерных и археологических методов, позволили создать цифровую модель Сухотинского геоархеологического района.

**Методы исследования.** Метод *Structure from Motion* (*SfM*) применяется для фотограмметрической обработки цифровых изображений с целью генерирования трехмерных моделей любых поверхностей [7; 9]. Использование *SfM* в задачах геоархеологии позволяет получать топографические карты, ортофотопланы, цифровые модели рельефа, трехмерные модели ландшафтов, археологических раскопок, сооружений, объемные модели внутренних поверхностей пещер и большое количество других объектов, которые сложно измерить стандартными геометрическими методами.

Создание трехмерных моделей с использованием метода *SfM* включает в себя три основных этапа [9]:

1. Получение набора цифровых изображений интересующего объекта, сделанных с разных ракурсов съемки.

2. Фотограмметрическая обработка изображений и получение трехмерной модели объекта.

3. Пространственная привязка модели с использованием наземных точек.

Первый этап в зависимости от пространственных размеров исследуемого объекта и результирующего разрешения модели рельефа может включать получение серии из сотен и даже тысяч цифровых фотоснимков. В процессе съемки соблюдается условие обеспечения взаимного перекрытия изображений на уровне не менее 30 %. При этом каждую моделируемую точку необходимо представить не менее чем с трех разных ракурсов на трех разных фотоснимках (рис. 1). В целях построения трехмерных моделей с наилучшим качеством необходимо избегать поверхности с высокой отражающей способностью, например, прозрачные водные объекты или нестабильные, динамически изменчивые структуры, такие как кроны деревьев, кустарники.

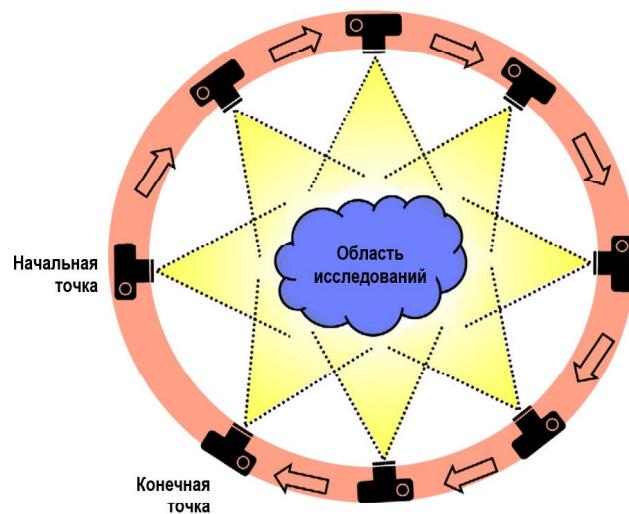


Рис. 1. Схема съемки трехмерного объекта для дальнейшей фотограмметрической обработки [9] / Fig. 1. The scheme of shooting a three-dimensional object for further photogrammetric processing according [9]

После того как получена серия цифровых снимков, производится их фотограмметрическая обработка с использованием Agisoft Photoscan (<http://www.agisoft.ru>); применением алгоритма масштабно-инвариантной трансформации признаков (SIFT) для выявления схожих деталей и взаимного сопоставления пространственного положения объектов на снимках (рис. 2). Схожие признаки используются для получения базовых объ-

емных форм объектов (разреженного облака точек) и пространственного каркаса построения результирующей трехмерной композиции. Для существенной детализации модели применяется алгоритм patch-based multi-view stereo (PMVS) [10], который генерирует плотное облако точек за счет декомпозиции изображений по кластерам с установленным уровнем пространственного разрешения.

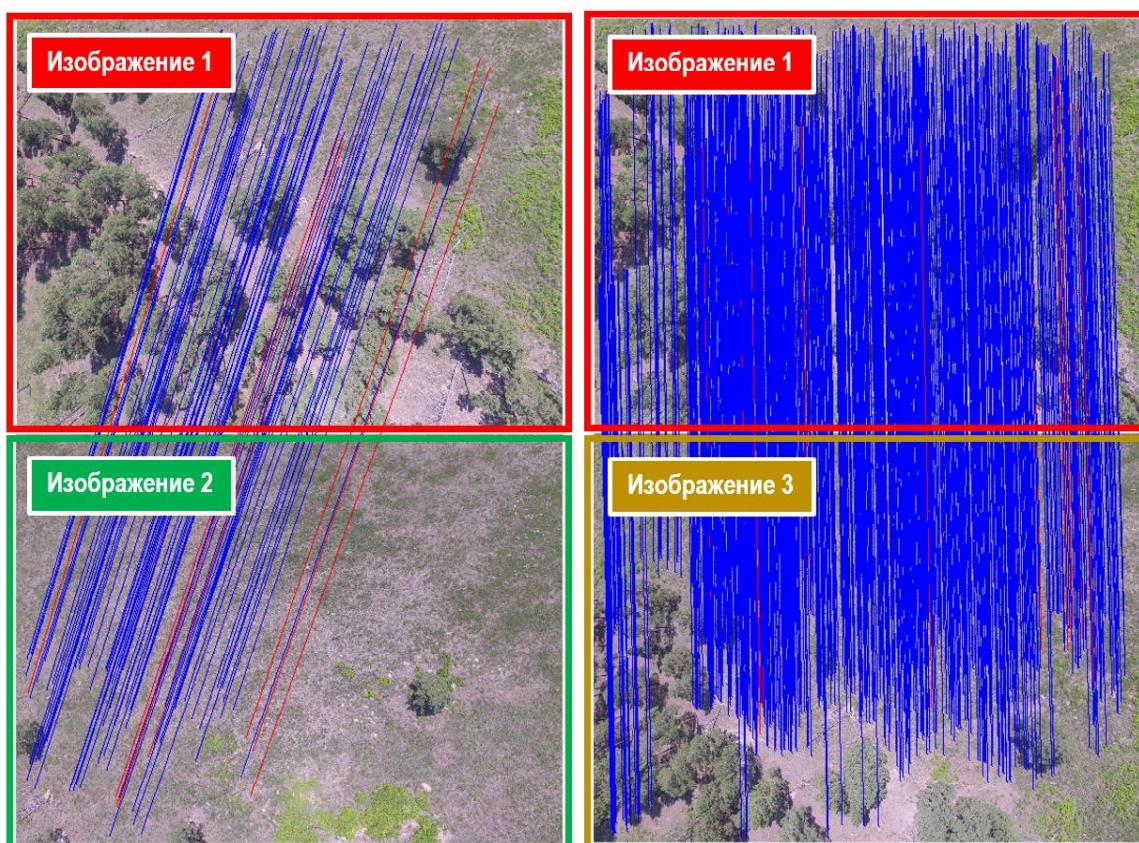


Рис. 2. Пример поиска попарно соответствующих пикселей на изображениях Сухотинского геоархеологического района по методу Structure from Motion в Agisoft Photoscan (синим обозначены корректные связи; красным – некорректные, слева – 54 соответствия, справа – 3256 соответствий) /

Fig. 2. An example of searching for matching pixels in pairs in the images of the Sukhotinsky geoarchaeological region using the Structure from Motion method in Agisoft Photoscan (blue denotes correct links, red denotes incorrect ones, left - 54 matches, right - 3256 matches)

**Результаты исследования и их обсуждение.** В качестве технического оснащения для получения серии фотоснимков используются цифровые фотокамеры, установленные на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). Сочетание изображений, полученных с БПЛА и алгоритмом SfM, успешно применяется при проведении археологических исследований.

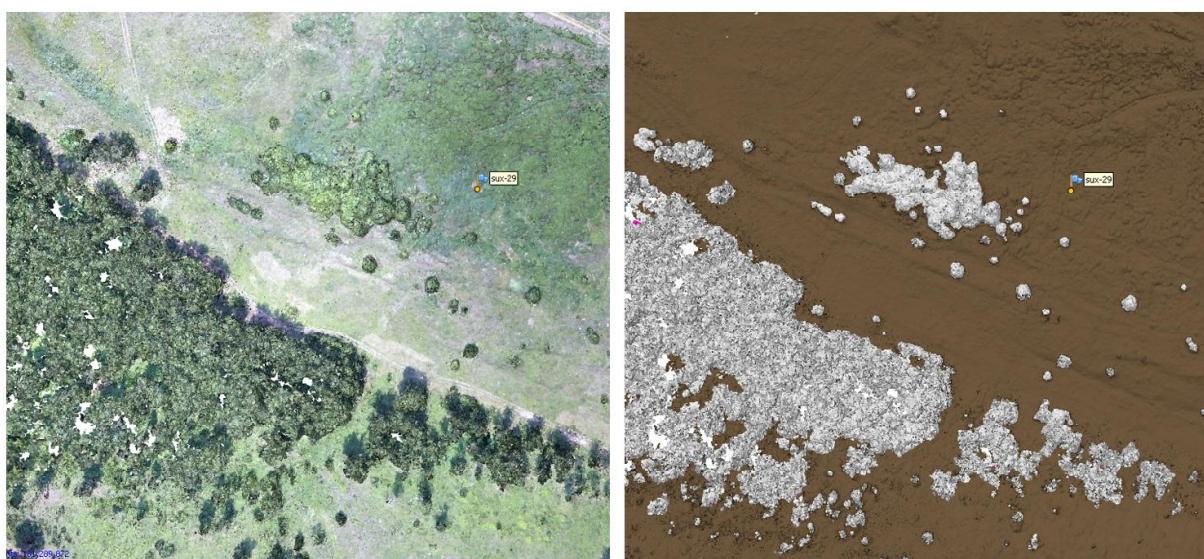
Трехмерная реконструкция объектов помогает при документировании археологических раскопок, позволяя с высокой точностью оценивать изменения пространственных границ исследуемых объектов [6; 8; 10].

В работе использован БПЛА DJI Phantom 3, укомплектованный цифровой фотокамерой Sony EXMOR FC300S с разреше-

нием 12 мегапикселей. Программирование траекторий движения летательного аппарата и мест съемки осуществлялось с применением Pix4D Capture и Ctrl+DJI для полного покрытия изучаемой местности. Во время съемки автоматически фиксировалось положение летательного аппарата и записывалось в *exif*-тег цифрового изображения с использованием бортового устройства GPS.

Для получения серии цифровых изображений проведено четыре запуска БПЛА в Сухотинском геоархеологическом районе. Общая площадь съемки составила 2,4 км<sup>2</sup>, получено 525 снимков территории. Фотограмметрическая обработка и построение базового каркаса модели на этапе построения разреженного облака точек подразумевает проведение тестирования качества исходных данных. Проводилась проверка

достаточности перекрытия снимков, пересекающихся на исследуемой территории. Считались недостоверными и исключались из анализа сегменты базовой модели, образованные наложением менее трех снимков, а также размытые фотоснимки и не покрывающие изучаемую территорию. Для фильтрации шумов, связанных с древесно-кустарниковой растительностью, при построении цифровой модели рельефа осуществлялась классификация плотного облака точек. Точки относились к поверхности земли исходя из предположения не превышения угла наклона в 20° на расстоянии 1 м в пределах площадки 50×50 м. Все не удовлетворяющие данному условию точки отфильтровывались как шумы (рис. 3). Сведения о геометрических параметрах модели представлены в табл. 1.



*Рис. 3. Фильтрация шумов, связанных с древесно-кустарниковой растительностью при построении модели рельефа (слева – плотное облако точек без классификации; справа – результат классификации) / Fig. 3. Filtering noise associated with tree and shrub vegetation when building a terrain model (on the left – a dense point cloud without classification, on the right – the result of classification)*

Таблица 1 / Table 1

Геометрические параметры модели / Geometric parameters of the model

Место проведения исследований / Research location	Количество снимков / Number of shots	Разреженное облако точек, млн / Sparse point cloud, mln	Плотное облако точек, млн / Dense point cloud, mln	Пространственное разрешение раstra ортофотоплана, м / Orthomosaic raster spatial resolution, m	Пространственное разрешение раstra ЦМР, м / Spatial resolution of the DEM raster, m
Сухотинский геоархеологический район / Sukhotinsky geoarchaeological region	525	0,38	131,3	0,057	0,116

Использование метода SfM позволяет проводить реконструкцию любых статичных трехмерных поверхностей. Однако при решении задач моделирования объектов, расположенных на поверхности Земли, большую роль играет пространственно-координатная привязка реконструируемой сцены. Для этих целей выполнены полевые топографо-геодезические работы с использованием GNSS комплекта Trimble R8s+R10 и постобработкой на *Trimble Business Center*. На территории Сухотинского геоархеологического райо-

на заложены наземные контрольные точки в виде квадратов размером  $0,5 \times 0,5$  м, жестко закрепленные на поверхности Земли. На результирующих снимках размеры каждого квадрата составляли не менее  $10 \times 10$  пикселей (рис. 4). Всего в пределах района размещено 29 контрольных точек, их координаты и высотные отметки послужили базой для построения цифровой модели рельефа и ортофотоплана местности в результате операции текстурирования и привязки к системе координат (рис. 5).



Рис. 4. Наземные метки контрольных точек (слева – вид с земли; справа – вид с высоты 150 м) /  
Fig. 4. Ground control points (left – view from the ground, right – view from a height of 150 m)

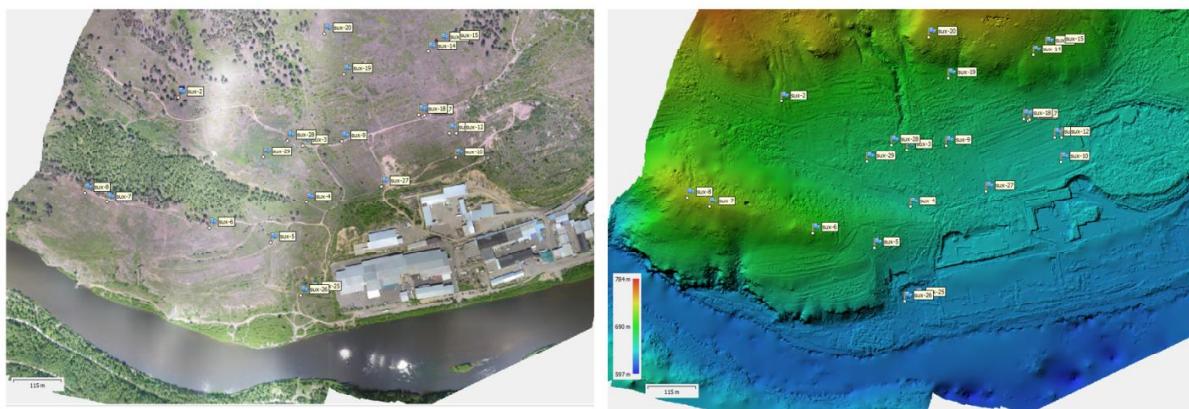


Рис. 5. Фрагмент ортофотоплана и цифровой модели местности Сухотинского геоархеологического района / Fig. 5. Fragment of the orthophotomap and digital terrain model of the Sukhotinsky geoarchaeological region

Оценка точности построения модели выполнена путем кросс-валидации, сопоставления имеющихся данных топографо-геодезической съемки с использованием GNSS (эталонный вариант) и данных, полученных в результате реконструкции рельефа по методу SfM (оцениваемый вариант).

В качестве оценочной метрики выбрана величина среднеквадратичной ошибки моделирования  $m$ , определенная по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{i,M} - Z_{i,\vartheta})^2}{n}},$$

где  $Z_{i,M}$  – отметка поверхности в контрольной точке, определенная по результатам моделирования по методу SfM (оцениваемый вариант);

$Z_{i,\vartheta}$  – отметка поверхности в контрольной точке, определенная по результатам топографо-геодезической съемки с использованием GNSS (эталонный вариант);

$n$  – количество наземных контрольных точек.

Таблица 2 / Table 2

Параметры оценивания точности модели / Parameters for estimating model accuracy

Место проведения исследований / Research location	Площадь съемки, км <sup>2</sup> / Survey area, km <sup>2</sup>	Количество порных точек для привязки / Anchor points for snapping	Среднеквадратическая ошибка определения высотных отметок по модели (m), м / Root-mean-square error of determination of heights according to the model (m), m	Минимальная ошибка определения высотных отметок, м / Minimum error in determining heights, m	Максимальная ошибка определения высотных отметок, м / Maximum error in determining heights, m
Сухотинский геоархеологический район / Sukhotinsky geoarchaeological region	1,34	29	0,076	0,011	0,154

Таким образом, выявленная новизна исследования связана с пилотным применением БПЛА и алгоритмов реконструкции трехмерной сцены из фотографий, таких как *structure from motion* (SfM), адаптированных для нужд геоархеологического картирования.

**Заключение.** В ходе полевых и камеральных работ в пределах Сухотинского геоархеологического района в 2020 г. выполнен цикл полевых и камеральных работ с целью создания ортофотоплана и цифровой модели местности указанного района.

На полевом этапе исследований использован комплекс геодезического оборудования, включающий GNSS комплект Trimble R8s+R10 и БПЛА DJI Phantom 3, оснащенный камерой Sony EXMOR FC300S. Для работы БПЛА применены специализированные программные продукты, такие как: Pix4D Capture и Ctrl+DJI. Для генерирования цифровой модели рельефа и ортофотопланов из аэрофотоснимков применялось программное обеспечение Agisoft Photoscan.

Итоговая цифровая модель создана для площади 2,4 км<sup>2</sup> (четыре прохода по 0,6 км<sup>2</sup>) из 525 валидных фотографий, выполненных под углом 90° с БПЛА. Она включила большинство археологических памятников Сухотинского геоархеологического района, а также выходы ороговиковых вулканитов основного вида минерального сырья Титовской

сопки, связанных с сухотинской мастерской каменного века. Создание единой пространственной цифровой модели, объединившей все археологические объекты на указанной площади, имеет существенное значение для дальнейшего комплексного изучения памятников района, что в полной мере определяет новизну исследования.

Другим важнейшим практическим следствием выполненного проекта является установление гипсометрических уровней с точными геодезическими привязками открытых ранее археологических объектов, что позволит проводить поиск новых памятников каменного века с опорой на понимание расположения выявленных и зафиксированных гипсометрических уровней, в том числе и микрорельефа местности.

---

### Список литературы

---

1. Астахов С. Н. Шурфы-шахты для добычи каменного сырья в палеолите на Титовской сопке // Записки ИИМК РАН. Вып. 19. СПб., 2018. С. 13–19.
2. Гоглев Д. А. Маловысотная аэромагнитная съемка с применением беспилотных воздушных систем на базе квадрокоптера в археологии // Геопрофи. 2018. № 6. С. 20–22.
3. Истомин Ю. О. Мастерская Сухотино (Сухотино 12): новые данные по материалам 2019 года // Материалы LX Российской археолого-этнографической конференции студентов и молодых учёных с международным участием. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2020. С. 60–62.
4. Марков Н. А. История археологического изучения памятников Титовской сопки (Восточное Забайкалье) // Материалы LX Российской археолого-этнографической конференции студентов и молодых учёных с международным участием. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2020. С. 59–60.
5. Филатов Е. А. Сухотинский геоархеологический комплекс: научный путеводитель по палеолитическим памятникам Сухотинского геоархеологического комплекса. Чита: ЗабГУ, 2016. 44 с.
6. Fei P., Sam C. L., Jialong G., Huimin W., Xing G. The Application of SfM Photogrammetry Software for Extracting Artifact Provenience from Palaeolithic Excavation Surfaces. Текст: электронный // Journal of Field Archaeology. 2017. Vol. 42:4, P. 326–336. URL: <https://doi.org/10.1080/00934690.2017.1338118> (дата обращения: 13.10.2020).
7. Jones C. A., Church E. Photogrammetry is for everyone: Structure-from-motion software user experiences in archaeology. Текст: электронный // Journal of Archaeological Science: Reports. 2020. Vol. 30. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102261> (дата обращения: 13.10.2020).
8. Nikolakopoulos K. G., Soura K., Koukouvelas I. K., Argyropoulos N. G. UAV vs classical aerial photogrammetry for archaeological studies // Journal of Archaeological Science: Reports. 2017. Vol. 14. P. 758–773.
9. 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. Iss. 179. P. 300–314.
10. Willis M., Koenig C., Black S. Castaneda A. Archeological 3D Mapping: The Structure from Motion Revolution. Текст: электронный // Journal of Texas Archeology and History. 2016. Vol. 3. P. 1–36. URL: <https://doi.org/10.21112/ita.2016.1.110> (дата обращения: 13.10.2020).

**References**

1. Astakhov S. N. *Zapiski IIMK RAN* (Proceedings of the IIMK RAS), 2018, SPb., vol. 19, pp. 13–19.
2. Goglev D. A. *Geoprofi* (Geoprofi), 2018, no. 6, pp. 20–22.
3. Istomin Yu. O. *Materialy LX Rossiyskoy arheologo-ethnograficheskoy konferentsii studentov i molodyh uchonykh s mezhdunarodnym uchastiem Geoprofi* (Materials of the LX Russian archaeological and ethnographic conference of students and young scientists with international participation). Irkutsk: Izd-vo ISU, 2020, pp. 60–62.
4. Markov N. A. *Materialy LX Rossiyskoy arheologo-ethnograficheskoy konferentsii studentov i molodyh uchonykh s mezhdunarodnym uchastiem* (Materials of the LX Russian archaeological and ethnographic conference of students and young scientists with international participation). Irkutsk: Izd-vo ISU, 2020. Pp. 59–60.
5. Filatov E. A. *Suhotinskii geoarheologicheskii kompleks: nauchnyi putesvoditel po paleoliticheskim pamiatnikam Sukhotinskogo geoarheologicheskogo kompleksa* (Sukhotinsky geoarcheological complex: scientific guide to the Paleolithic monuments of the Sukhotinsky geoarcheological complex). Chita: ZabSU, 2016, 44 p.
6. Fei P., Sam C. L., Jialong G., Huimin W., Xing G. *Journal of Field Archaeology* (Journal of Field Archaeology), 2017, vol. 42:4, pp. 326–336. Available at: <https://doi.org/10.1080/00934690.2017.1338118> (date accessed: 13.10.2020). Text: electronic.
7. Jones C. A., Church E. *Journal of Archaeological Science: Reports* (Journal of Archaeological Science: Reports), 2020, vol. 30, pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102261> (date accessed: 13.10.2020). Text: electronic.
8. Nikolakopoulos K. G., Soura K., Koukouvelas I. K., Argyropoulos N. G. *Journal of Archaeological Science: Reports* (Journal of Archaeological Science: Reports), 2017, vol. 14, pp. 758–773.
9. Westoby M. J., Brasington J., Glasser N. F., Hambrey M. J., Reynolds J. M. *Geomorphology* (Geomorphology), 2012, Iss. 179, pp. 300–314.
10. Willis M., Koenig C., Black S. Castaneda A. *Journal of Texas Archeology and History* (Journal of Texas Archeology and History), 2016, vol. 3, pp. 1–36. Available at: <https://doi.org/10.21112/ita.2016.1.110> (date accessed: 13.10.2020). Text: electronic.

*Работа выполнена при поддержке гранта ЗабГУ № 292 – ГР /  
This work was supported by a grant from TransbSU No. 292 – ГР.*

**Коротко об авторах**

**Мороз Павел Валерьевич**, канд. ист. наук, доцент, доцент кафедры истории, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: археология каменного века, петроархеология, трасология, экспериментальная археология  
frostius.81@mail.ru

**Курганович Константин Анатольевич**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой водного хозяйства, экологической и промышленной безопасности, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: моделирование гидрологических процессов, дистанционное зондирование Земли  
naptheodor@mail.ru

**Босов Максим Анатольевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры водного хозяйства, экологической и промышленной безопасности, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: гидротехнические сооружения, моделирование гидрологических процессов  
max\_bosov@mail.ru

**Юргенсон Георгий Александрович**, д-р. геол.-минер. наук, зав. лабораторией геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН; заслуженный деятель науки РФ, г. Чита, Россия. Область научных интересов: минералогия, геохимия, рудогенез, геммология  
yurgga@mail.ru

**Разгильдеева Ирина Иннокентьевна**, канд. ист. наук, доцент, доцент кафедры истории, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: палеолит Восточной Сибири, методология исследований пространственной организации древних поселений, планиграфический анализ жилищно-хозяйственных комплексов верхнего палеолита  
labpaleo@yandex.ru

**Кочев Денис Владимирович**, заведующий лабораториями кафедры водного хозяйства, экологической и промышленной безопасности, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: беспилотные летательные аппараты, дистанционное зондирование Земли, машинное обучение, нейронные сети  
frostius.81@mail.ru

**Briefly about the authors**

*Pavel Moroz*, candidate of historical sciences, associate professor, assistant professor, History department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: archeology of the Stone Age, petroarcheology, functional analysis, experimental archeology

*Konstantin Kurganovich*, candidate of technical sciences, associate professor, head of the Water Management and Engineering Ecology department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: modeling of hydrological processes, remote sensing of the environment

*Maksim Bosov*, candidate of technical sciences, associate professor, Water Management and Engineering Ecology department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: hydraulic structures, modeling of hydrological processes

*Georgy Yurgenson*, doctor of geological and mineralogical sciences, head of the Geochemistry and Ore Genesis Laboratory, Institute of Natural Resources, Geology and Cryology SB RAS; Honored Scientist of the Russian Federation, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mineralogy, geochemistry, ore genesis, gemology

*Irina Razgildeeva*, candidate of historical sciences, associate professor, assistant professor, History department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: Paleolithic of Eastern Siberia, methodology of studies of the spatial organization of ancient settlements, planigraphic analysis of housing and economic complexes of the Upper Paleolithic.

*Denis Kochev*, head of the laboratory, Water Management and Engineering Ecology department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: unmanned aerial vehicles, remote sensing of the environment, machine learning, neural networks

**Образец цитирования**

*Мороз П. В., Курганович К. А., Босов М. А., Юргенсон Г. А., Разгильдеева И. И., Kochев Д. В. Геоархеологическое картирование памятников каменного века и выходов минерального сырья Титовской сопки (Восточное Забайкалье): практический аспект // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 9. С. 13–23. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-9-13-23.*

*Moroz P., Kurganovich K., Bosov M., Yurgenson G., Razgildeeva I., Kochev D. Geoarchaeological mapping of Stone Age sites and mineral outputs of Titovskaya Sopka (Eastern Transbaikalia): a practical aspect // Transbaikal State University Journal, 2020, vol. 26, no. 9, pp. 13–23. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-9-13-23.*

Статья поступила в редакцию: 14.10.2020 г.

Статья принята к публикации: 24.11.2020 г.