

Цифровая технология бесконтактного копирования изобразительных памятников¹

В. А. Новоженов^а, Р. В. Ильин^б

^аМеждународный Центр Сближения культур
под эгидой ЮНЕСКО, Алматы, Казахстан
vnovozhenov@gmail.com

^бИнститут археологии им. А. Х. Маргулана,
Алматы, Казахстан
ilin-roman@mail.ru

Резюме. Авторы на основании накопленного опыта компьютеризации процессов археологического исследования изобразительных памятников Центральной Азии и имеющихся пакетов необходимой научной документации предлагают, обосновывают и проверяют на практике новую методику цифрового документирования петроглифов на основании фотограмметрии, компьютерного моделирования и создания обширных баз данных петроглифов. Рассмотрены базовые виды полевой научной документации памятников и возможности их цифровизации. В статье приводятся наглядные образцы компьютерных моделей на примере грота с наскальной живописью Тесиктас в Центральном Казахстане.

Ключевые слова: петроглифы, Центральный Казахстан, документирование, фотограмметрия, базы данных, виртуальные 3D-модели.

Novozhenov V. A., Ilyin R. V. Digital technology of non-contact copying of rock art. The authors, on the basis of many years experience in computerizing the processes of archaeological research of pictorial monuments of Central Asia and already developed packages of necessary scientific documentation, propose and justify a new method for digitally documenting petroglyphs based on photogrammetry, computer modeling and the creation of extensive databases of petroglyphs. The basic types of field scientific documentation of monuments and the possibilities of their digitalization are considered. The article provides vivid examples of computer models drawing on the case study of rock paintings from the Tesiktas grotto in Central Kazakhstan.

Keywords: petroglyphs, Central Kazakhstan, documentation, photogrammetry, databases, virtual 3D models.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, ИРН проекта AP05131564. Англоязычная версия статьи была ранее опубликована в «Вестнике Казахского национального педагогического университета им. Абая» (2019, 3, с. 368–378).

Введение

Центральная Азия — один из наиболее насыщенных древним наскальным искусством регионов нашей планеты. Количество изобразительных памятников здесь, как и количество самих петроглифов, не поддается точному подсчету, однако уверенно можно говорить более чем об одной тысяче местонахождений петроглифов, совокупно насчитывающих более одного миллиона отдельных изображений.

На территории Средней Азии и Казахстана к настоящему времени учтены и частично документированы более 500 памятников наскального искусства (в Узбекистане свыше 150 памятников, в Кыргызстане около 50, в Таджикистане около 100, в Казахстане более 200), которые расположены в горных и равнинных областях, включая Саяны и Алтай, Тарбагатай и Джунгарский/Жетысуйский Алатау, Тянь-Шань, отроги Алая и Гиссара, Памир и Копетдаг, а также плато Устюрт и полуостров Мангышлак, Мугоджары, Присырдарьинский Каратау, Чу-Илийские горы и Казахский мелко-сопочник.

Восточные и северо-восточные границы ареала пролегают в пределах Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая, в Монголии и на юге Сибири в России, в горах Алтая, а на юге и юго-западе простираются до Западных Гималаев, Каракорума и Гиндукуша (Пакистан, Индия), где зафиксированы дополнительно еще сотни пока слабо изученных и недостаточно документированных изобразительных памятников.

Петроглифы на территории Центральной Азии являют большое сходство приемов использования естественных особенностей макро- и микрорельефа, техники изобразительной деятельности, а для многих исторических периодов — единство тематики, репертуара и стилистики наскальных изображений. Географическое расположение, богатство природных ресурсов и многообразие ландшафтно-климатических условий как в нынешние времена, так и в глубокой древности определяли особую значимость этой территории в истории многих народов Евразии. В историко-культурном контексте эта обширная горно-степная страна с древнейших времен играла роль контактной зоны, связывавшей цивилизации и на-

роды Передней и Восточной Азии, Сибири, Скандинавии и Европы.

Несмотря на то что наскальные изображения обнаружены сегодня практически на всей территории Казахстана, отчетливо выделяются несколько основных зон их концентрации: восточная (Алтай, Прииртышье и Тарбагатай), центральная (Сарыарка, Улытау, Восточная Бетпақдала и Северное Прибалхашье), южная, подразделяемая на южно-казахстанскую (Каратау, Таласский и Киргизский Алатау) и семи-реченскую часть (Жетысуйский/Джунгарский Алатау, Северный Тянь-Шань, Чу-Илийские горы). На западе и севере Казахстана памятники наскального искусства сравнительно немногочисленны и распространены главным образом на полуострове Мангышлак и плато Устюрт; единичные местонахождения открыты в горах Мугоджары и на территории Павлодарской области [Рогожинский, Новоженев 2018].

Наиболее крупные и значимые местонахождения петроглифов сконцентрированы на востоке (Алтай, Тарбагатай) и особенно на юге Казахстана — в Джунгарском/Жетысуйском Алатау, Чу-Илийских горах и Присырдарьинском Каратау. Памятники этих районов являются и наиболее изученными. Три из них — Ешкиольмес, Арпаузен и Сауыскандык — являются потенциальными объектами мирового культурного наследия и представлены в Предварительном списке ЮНЕСКО от Казахстана; петроглифы комплекса Тамгалы включены в Список всемирного наследия в 2004 г. [Рогожинский 2004; Клотт 2010].

Существование устойчивой традиции наскальной изобразительной деятельности в регионе охватывает в целом поздний голоцен, с апогеем творческой активности в эпоху бронзы и раннего железа (вторая половина IV — I тыс. до н. э.) вплоть до Средневековья включительно. В числе поздних проявлений этого феномена идентифицируются изобразительные традиции современных коренных народов Центральной Азии — казахов, кыргызов, таджиков, туркмен и узбеков XVI — начала XX в., а также западных монголов (ойратская, или джунгарская традиции) XVII–XVIII вв. Изобразительная деятельность на скалах угасает в индустриальную эпоху (вторая половина XIX — XX в.), но в среде населения,

сохраняющего формы традиционного хозяйства и быта, она продолжает существовать до настоящего времени на большей части своего ареала.

Проблемы хронологии, периодизации и культурной атрибуции выделяемых серий петроглифов являются наиболее сложными и дискуссионными в археологии наскального искусства Центральной Азии. Слабо разработанной является типология изобразительных (культурных) традиций наскального искусства. В то же время исследователи признают, что для выделения традиций наскального искусства необходима оценка таких качественных характеристик сюжетно-стилистических групп петроглифов, как цельность изобразительного ряда, отношение их создателей к произведениям предшественников, порядок группирования петроглифов в ландшафте, и многих других.

К сожалению, современное состояние изученности памятников, состав и качество имеющейся документации часто не позволяют убедительно обосновать датировку, определить археологический контекст и культурную принадлежность многих выделяемых исследователями иконографических или сюжетно-стилистических групп. Полноценное изучение и сохранение памятников наскального искусства не может ограничиваться исследованием собственно наскальных изображений и должно обеспечиваться различными источниками (историческими, этнологическими, естественнонаучными) и видами документации, которые выявляются и разрабатываются специалистами в процессе комплексных изысканий [Дэвлет 2017; 2019].

Кроме того, за более чем столетнюю историю научного исследования петроглифов Центральной Азии не появилось быстрого, точного и простого способа массового копирования и документирования изображений со скал. Как следствие, тысячи петроглифов остаются за пределами научного анализа, не опубликованы и очень часто просто уничтожаются в результате антропогенного воздействия, природных причин или катастроф. Несмотря на редкие публикации отдельных фрагментов памятников с петроглифами Центральной Азии, огромный корпус уникальных исторических источников по-прежнему остается недо-

ступным для исследователей. Из многих сотен известных в регионе памятников частично опубликованы лишь немногие, и лишь единицы документированы должным образом.

Метод

Выход из этой печальной ситуации — разработка новой бесконтактной технологии массового копирования петроглифов, цифровизация и автоматизация процесса документирования, его доступность и оперативность, а главное — способность этой технологии обеспечить точное копирование значительного количества изображений в труднодоступных ущельях с максимальной точностью и объективностью, особенно в случаях, когда обычная фотосъемка не позволяет выявить все необходимые детали изображений и самой скальной поверхности. Настоящая статья посвящена краткому описанию авторской цифровой технологии копирования изобразительных памятников в виде компьютерных многомерных моделей, защищенной авторским свидетельством Республики Казахстан № 5592 от 02.10.2019.

Обсуждение

Традиционное противопоставление «гуманитариев» и «технарей», долгое время сдерживавшее компьютеризацию гуманитарной сферы, очень быстро исчезло под натиском бурного развития современных компьютерных технологий. Теперь уже не встретишь археолога, не пользующегося компьютером. Однако для многих из нас компьютер всего лишь заменил шариковую ручку или печатную машинку. Присутствует скептицизм в части активного применения компьютерных методов в археологических исследованиях.

Компьютеризация некоторых этапов археологического исследования на современном этапе позволяет применить пакеты программного обеспечения не только для обработки изображений, но и для их визуального сравнения, документирования, картографирования и даже трехмерного моделирования. Методологические основы компьютеризации процесса изучения петроглифов практически не отличаются от таковых при описании и анализе любых

иных археологических материалов. Впервые они были сформулированы еще в 50-х — 60-х гг. прошлого века [Gardin 1968: 103–125; Шер 1970: 8–24; 1978: 43–48]. Затем последовали и более глубокие методологические разработки [Gardin 1974: 16–26; Шер 1977: 127–143; Каменецкий и др. 1975].

В последующие годы был выполнен ряд исследований, способствовавших «специализации» применения компьютеров для работы с наскальными изображениями [Anati 1970: 255–261; 1977: 35–65], были исследованы способы записи информации, методы классификации изображений и интерпретации, методологические основы документирования и описания петроглифов и их сравнения [Шер 1980; Новоженев, Смирнов, Шер 1993]. Компьютерные методы исследования наскальных изображений успешно применялись в ряде работ западных исследователей, посвященных петроглифам Сахары [Striedter 1983], Северной Европы [Burenhult 1973], для анализа сюжетов с колесницами [Новоженев 2012; 2014]. Постепенно открывались новые области применения компьютеров в изучении петроглифов. Так, для группы памятников в северной части шведской провинции Богуслэн разработана система электронного картографирования петроглифов [Bertilsson 1989: 287–321]. Эти исследования стали основой широко распространенной технологии электронного картографирования GIS.

Появление в 80-е годы прошлого века новых поколений компьютеров, способных обрабатывать огромные объемы графической информации, вывело на иной качественный уровень их применение, возможности использования таких систем для документирования изобразительных памятников, обработки больших массивов информации, археологических реконструкций, компьютерного моделирования. Они уже рассмотрены и успешно реализованы некоторыми авторами [Reilly 1988: 30–33; Пойкалайнен, Талпсепп 1990: 30–33; Рогожинский и др. 2004: 156–161; Швец 2005: 130–139; 2012; Новоженев 2012; 2014]. Очень хорошим примером стало создание и практическое использование компьютерной базы данных петроглифов CARAD (Central Asian Rock Art Database), начало разработки которой свя-

зано с подготовкой номинации святилища Тамгалы в список всемирного наследия ЮНЕСКО [Яценко и др. 2011: 34–37]. Безусловно, требуется распространение этого позитивного опыта в масштабах всей Центральной Азии.

Результаты

Следует выделить два уровня в практическом использовании компьютерных систем: разработка структуры и принципов описания для баз данных с простыми подсистемами; расширение возможностей системы путем использования элементов искусственного интеллекта и виртуальной реальности — экспертной системы.

Ниже приведем некоторые наблюдения, полученные в результате разработки и использования компьютерной системы первого уровня, опуская излишние технические подробности. Принципиальная схема базы данных состоит из нескольких последовательных процедур. *Ввод изображений в компьютер* с фото-/видеокамеры либо сканера, или оцифровка изображения, позволяет оперативно и достаточно точно копировать многие тысячи изображений со скал. *Описание* выполняется на нескольких языках, причем описание, созданное на одном языке, автоматически формируется на других. Выбор языка описания производится в начале сеанса работы. База данных снабжена *системой оперативного поиска информации* по всем атрибутам описаний. Исследователь имеет возможность, используя любые сочетания признаков, получить интересующую его информацию в виде не только словесных описаний, но и графических прорисовок изображений, сгруппированных по типам или классам изображений. Вся информация может быть выведена на принтер или размещена в интернете.

Таким образом, математический и визуальный анализ позволяет разделить весь массив в базе данных на отдельные группы (классы) сходных изображений и получить в конечном итоге обоснованную классификацию отдельных видов изображений на основании четко выделенных определяющих признаков [Новоженев и др. 1993].

Предлагаемая методика позволяет выстраивать не только типологические, изобразительные (иконографические и стилистические),

но и эволюционные ряды на основании относительной хронологии, трансформации иконографических элементов и анализа дополнительных источников. Возможность построения эволюционных рядов позволяет заглянуть в более древние периоды истории и попытаться найти графические их истоки в более древних наскальных знаках.

Очень перспективным и информативным этапом исследования является картирование памятников. Каждый отдельный объект из базы данных с использованием GIS наносится на карту под своим уникальным номером и со своими географическими координатами. Он обязательно помечается на карте как принадлежащий к тому или иному выделенному типу знаков, обоснованному в классификации. Эта информация важна для представления полной картины пространственного распространения выделенных типов, их «миграций» в Центральной Азии и за ее пределами. Картографирование и сравнение результатов по другим видам источников, датированным археологическим и изобразительным памятникам и артефактам, позволит существенно уточнить полученные результаты.

В целом, перед исследователями открывается невероятный простор для построения обоснованных исторических выводов. Мобильный характер культуры скотоводов неизбежно позволит получить карту распространения изобразительных памятников, выделенных этнических маркеров и соответственно определит территории формирования того или иного социума (клана), а стало быть, позволит решать вопросы этногенеза отдельных племен, формирования союзов и ранних государств. С привлечением всех доступных источников это даст в конечном итоге множество надежных аргументов для решения вопросов этногенеза народов, населяющих сегодня Центральную Азию.

Более того, карта территориального распространения выделенных типов изображений позволит реконструировать традиционные каналы коммуникации кочевников с известными оседлыми цивилизациями, конкретизировать их инфраструктуру и процессы торговли, обмена и культурного взаимодействия; иными словами, позволит аргументированно решать

многие актуальные проблемы древней истории Центральной Азии.

Документация памятника наскального искусства — это не только искусно выполненные копии и фотографии наскальных изображений. Прежде всего — это совокупность форм регистрации изменяющегося состояния объекта как культурного ландшафта, включая его культурные (археологические, этнографические) и природные компоненты [Рогожинский, Новоженев 2018].

Целью документирования является регистрация текущего состояния объекта — памятника в целом или его частей. Качество документации оценивается полнотой (разносторонностью) и достоверностью отображения объекта, поэтому предел качества определяется существующими представлениями о нем и расширяется по мере дальнейшего изучения и совершенствования технологии документирования, внедрения новых цифровых технологий.

Идеальным видом документации памятника является его трехмерная модель. На практике документация структурируется по иерархическому принципу в соответствии с представлением о целостности памятника наскального искусства как культурного ландшафта: комплекс — локальный участок — изобразительная поверхность — изображение.

По способу отображения объекта можно выделить следующие виды документации:

- планы (спутниковые снимки, аэрофотопланы, карты, топопланы, ортогональные проекции);
- индексированные панорамы;
- описания (словесные, формализованные);
- сканированные компьютерные 3D-модели плоскостей.

По способу исполнения планы и панорамы делятся на графические (схемы, планы, панорамные рисунки), контактные копии плоскостей с петроглифами и бесконтактные: фотографические (фотопланы, фотопанорамы) изображения, а также сканированные со скал компьютерные модели. В отдельных случаях допустимо изготовление матриц изобразительных поверхностей (эстампажей или иных копий, полученных контактным способом).

По функциональности выделяется базовая и вспомогательная (специальная) документация. К базовой относятся все виды документации, отражающие основные характеристики памятника — местонахождение, состав, количество и форму объектов. На их основе разрабатываются все другие виды документации — специальные, отражающие детализирующие основные характеристики объектов (например, описание изобразительной поверхности, графическая фиксация состояния и повреждений петроглифов) или аккумулирующие данные нескольких разных источников (например, археолого-геоморфологическая карта, план/панорама экскурсионного маршрута).

К вспомогательным (специальным) видам документации относятся: топографические карты разного масштаба, спутниковые снимки, аэрофотопланы, видовые фотопанорамы или фотопланы отдельных участков ландшафта. Вспомогательная документация отражает рельеф исследуемого участка, дает представление о геофизическом устройстве ландшафта, а также содержит косвенную информацию (признаки) о его антропогенном изменении как древнего, так и современного происхождения: сеть транспортных коммуникаций, участки территории сельскохозяйственного и промышленного использования, населенные пункты, местонахождение отдельных памятников археологии — поселений, могильников и др. [Рогожинский, Новоженев, 2018].

Важными видами научной документации являются также графические или мультимедийные реконструкции разрушенных участков памятников, основанные на достоверных данных археологических и естественно-научных исследований. Наряду с другими документальными материалами, подобные реконструкции позволяют успешно решать многие задачи менеджмента, консервации и использования памятников при разработке планов консервации, экскурсионных маршрутов, благоустройства территории и др.

Все перечисленные выше этапы, задачи и виды документирования изобразительных памятников позволяют применять 3D-технологии моделирования и дополненной реальности, которые могут и должны стать основой оперативного и массового корректного копи-

рования петроглифов со скал на основании технологии фотограмметрии, в которой в свою очередь выделяются:

- фототопография, в рамках которой проводится создание карт и планов по данным дистанционного зондирования (космоснимки, аэрофотографии, панорамы, выполненные с использованием дронов с обычными камерами повышенного разрешения и/или с камерами-тепловизорами для выявления потенциальных поверхностей с наиболее интенсивной патиной, более всего пригодных для нанесения изображений);
- наземная прикладная фотограмметрия, используемая для построения пространственных моделей по снимкам.

В фотограмметрии используются как одиночные снимки (так называемая «ректификация» фотографий), так и стереоскопические пары. Раздел фотограмметрии для построения плоскостных и объемных изображений по стереопарам следует называть стереофотограмметрией, хотя именно за этим направлением закрепилось название «фотограмметрия».

Использование фотограмметрии в археологии уже имеет длительную историю [Сингаулин 2013]. Но современный этап отличается широким использованием в повседневной практике персональных компьютеров, цифровых фотоаппаратов, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), GIS-технологии, тепловизоров, данных дистанционного зондирования и продвинутого программного обеспечения.

К основным достоинствам фотограмметрических методов относятся:

- высокая производительность, обусловленная измерением изображений объектов, а не их самих;
- высокая точность благодаря применению современных цифровых аппаратов и инструментов получения и измерения снимков, а также строгих способов обработки результатов измерений;
- возможность всестороннего изучения объектов;
- полная объективность результатов измерений, которые выполняются дистанционным методом, что имеет особое значение в условиях, когда объекты

недоступны или когда пребывание в зоне объекта небезопасно для человека [Измествев 2014], либо поставлена задача 3D-цифровизации архивных эстампажей [Свойский и др. 2018: 106–116].

Фотограмметрия широко применяется для создания карт Земли, космических объектов, измерения залегания пород в геологии и документации горных выработок, изучения движения ледников и динамики таяния снежного покрова, определения лесотаксационных характеристик, исследования эрозии почв и наблюдения за изменениями растительного покрова, изучения морских волнений и течений и выполнения подводных съемок, изысканий, проектирования, возведения и эксплуатации инженерных сооружений, наблюдения за состоянием архитектурных ансамблей, зданий и памятников, определения в военном деле координат огневых позиций и целей и др. Фото-

грамметрия уже успешно применялись в казахстанской археологии для создания моделей изобразительных памятников: Текелийской стелы и грота Енбек [Антонов 2013; 2018; Мерц, Антонов 2019]. Таким образом, использование возможностей фотограмметрии позволяет создавать с объективной и инструментальной точностью все перечисленные ранее виды документации по изобразительным памятникам.

На основании полученных нами ранее фотографий, с использованием фотограмметрии была подготовлена 3D-модель плоскости с петроглифами эпохи бронзы на святилище Теректы — Аулие (рис. 1) в Карагандинской области, недалеко от города Жезказгана [Lymer 2015].

Далее рассмотрим некоторые возможности практического использования метода по созданию стереофотограмметрической прикладной 3D-модели на примере конкретного объекта наскального искусства — грота Тесиктас,



Рис. 1. Центральный Казахстан. Теректы-Аулие. Плоскость на вершине сопки с изображениями лошадей в сейминско-турбинском стиле. Фрагмент 3D-модели. Посмотреть модель можно здесь:

https://sketchfab.com/3D-models/terekty-aulie-rock-art-uav-kazakhstan-7e0ca19553d1402e8420c640dabe4ca0?utm_source=email&utm_medium=email&utm_campaign=model-shared

Fig. 1. Central Kazakhstan. TEREKTY-AULIE. SURFACE ON THE TOP OF A HILL WITH THE SEIMA-TURBINO STYLE HORSE IMAGES. FRAGMENT OF A 3D MODEL. THE MODEL CAN BE ACCESSED AT:

https://sketchfab.com/3D-models/terekty-aulie-rock-art-uav-kazakhstan-7e0ca19553d1402e8420c640dabe4ca0?utm_source=email&utm_medium=email&utm_campaign=model-shared

который находится в Шетском районе Карагандинской области, в 100 км к юго-юго-востоку от города Караганда, и расположен в живописном месте у южных склонов гор Кызылтау (рис. 2–3). Здесь на фоне ровной степи издали видны два гранитных останца, в верхней части одного из них имеется сквозная ниша, ориентированная по линии запад-восток. Размеры ниши $2 \times 1,5 \times 2,8$ м. Образовалась она в результате расколов породы и ветровой эрозии. Полихромные рисунки выполнены в основном красно-коричневой минеральной краской (охрой) двух тонов по потолку и стенам грота. Отмечены также следы черной и желтой красок. Общая площадь, занятая изображениями, составляет около 2,1 кв. м.

На стенах и своде грота нанесены рисунки — изображения двух короткорогих быков, нескольких знаков в виде окружностей и крестообразных фигур, а также фигуры лю-

дей, зооморфные знаки и другие рисунки. Все изображения, едва различимые сейчас на светло-серой поверхности грота (рис. 4), сосредоточены в трех группах, сохранились фрагментарно и очень сильно разрушены. Аморфные фрагменты краски различных цветов — двух оттенков красной охры, черного и желтого — на стенах грота позволяют предположить наличие в первоначальном виде значительно большего количества рисунков, многие из которых не сохранились до нашего времени.

Изображенные на своде грота Тесиктас различные геометрические знаки и две массивные фигуры быков по стилю полностью совпадают с трактовкой аналогичных фигур на плитах могильника Черновая VIII [Новоженков 2015; Бедельбаева и др. 2015] и в синхронных петроглифах долины р. Чулуут в Монголии [Новгородова 1984]. Эти сюжеты с массивными быками практически всегда сочетаются



Рис. 2. Центральная КАЗАХСТАН. Грот ТЕСИКТАС. Вид на космоснимке

Fig. 2. CENTRAL KAZAKHSTAN. TESIKTAS GROTTA. SATELLITE IMAGE

с антропоморфными существами, пальцы которых намеренно расставлены в стороны, и с женщинами-прародительницами. Датируются рисунки первой половиной III тыс. до н.э. и являются одним из древнейших образцов наскального искусства в регионе [Новоженев 2014].

За почти 30 лет регулярных наблюдений авторов за состоянием рисунков этого памятника следует признать значительное разрушение изображений за этот период как вследствие воздействия природных факторов, так и в результате вандализма. Рисунки неоднократно покрывались копотью от огня, надписями, либо контуры рисунков намеренно обводились белым мелом. Все это потребовало срочного создания виртуальной копии памятника.

К востоку от грота расположен небольшой каменный курган, с западной стороны которого установлен вертикально стоящий камень-стела (возможный визир для наблюдений за движением солнца), очевидно, составляющий с гротом единый комплекс.

Среди основных задач проведения съемки для фотограмметрии отметим необходимость охвата фактически двух отдельно распо-



Рис. 3. ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН. ГРОТ ТЕСИКАС. Многомерная модель памятника. Полиграфический вариант модели

Fig. 3. CENTRAL KAZAKHSTAN. TESIKTAS GROTTA. 3D MODEL OF THE SITE (POLYGRAPHIC VERSION)

женных объектов — собственно грота и обнаруженного поблизости кургана. Необходимо было также документировать большое количество плоскостей и сводов грота, а также плохо различимые рисунки на потолке и стенах.

В процессе фиксации использовались фотограмметрические метки (предоставленные компанией Agisoft), осуществлена детальная наземная фотосъемка с применением цифровых фотоаппаратов Panasonic-Lumix и DJI OSMO, а также аэросъемка при помощи дрона



Рис. 4. ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН. ГРОТ ТЕСИКАС. Плоскость с изображениями. Фрагмент многомерной модели (полиграфический вариант)

Fig. 4. CENTRAL KAZAKHSTAN. TESIKTAS GROTTA. SURFACE WITH IMAGES. FRAGMENT OF A 3D MODEL (POLYGRAPHIC VERSION)

DJI Mavic — Platinum (камера с разрешением 4K и с координатной привязкой снимков в системах ГЛОНАСС и GPS). Также для детализации рисунков и лучшего их отображения используются архивные фотоснимки за несколько предшествующих лет наблюдений за памятником. Съемка проводилась в несколько этапов: первоначально осуществлялось фотографирование с дрона, затем съемка выполнялась с использованием фотоаппарата в один обход вокруг памятника и на завершающем этапе съемку делали в нескольких позициях внутри грота. Фотографирование осуществлялось в автоматическом режиме.

Обработка фотографий, создание облака точек и построение модели проводились в программе Agisoft PhotoScan Pro 1.2.4. Выбор программы обусловлен ее распространением, удобным интерфейсом, а также высокой точностью генерируемых моделей, кроме того продукты Agisoft ранее уже успешно применялись для работы с изобразительными памятниками [Антонов 2013; 2018; Мерц, Антонов 2019].

Полученная модель грота в настоящее время позволяет осуществить все необходимые замеры, рассчитать направления и в целом представить общую картину памятника и соотношения плоскостей с рисунками, что открывает перспективы для дальнейшего пространственного анализа.

Выводы

Использование фотограмметрических 3D-моделей в археологии позволяет решать целый комплекс научно-исследовательских задач для хранения, редактирования и передачи информации об объектах [Буянов 2014], а также проведения виртуальной реконструкции. Также при использовании 3D-моделей отпадает необходимость для создания чертежной документации. Надо отметить, что 3D-модели также могут заменить и документальные фотографии при использовании соответствующей перспективы. Современные технологии многомерной печати позволяют воссоздать археологические объекты, плоскости с изображениями и отдельные скалы для потребностей исследователей и музейных экспозиций. Простота и доступность применения фотограмме-

трии позволяет использовать ее на всех этапах полевых исследований изобразительных памятников и позволяет в результате получить наглядный, масштабный, многомерный, объективный виртуальный макет плоскости с изображениями группы скал или всего памятника для дальнейших лабораторных (камеральных) и кабинетных исследований.

Делом будущего, уже теоретически возможным, является сочетание фотограмметрии с технологией GIS, что позволит объединить всю имеющуюся в нашем распоряжении информацию об объекте с использованием как виртуальных инструментов, так и методов статистики и пространственной привязки объектов. 3D-модели уже сейчас заменяют чертежи и прорисовки петроглифов, в точности передавая размеры и форму объектов и плоскостей.

В дальнейшем процедуру построения компьютерных моделей ускорит использование более дорогих цифровых лазерных или видеосканеров, которые в режиме реального времени в полевых условиях позволят создавать компьютерные модели объектов, с возможностью корректировки на месте их первоначального нахождения, для точного картирования памятников на основании GPS-координат и GIS-технологии. Подобные работы уже успешно выполняются в Скандинавии.

Важное значение фотограмметрия также имеет для мониторинга состояния объектов и изобразительных памятников в целом, что позволяет проследить динамику их изменений во времени, например в результате неблагоприятных природных условий или действий вандалов.

Основной метод археологических исследований — раскопки — является разрушающим, что обуславливает необходимость создания полного пакета документации памятников, включающего чертежи, фотографии и описания, несущего законченную информацию о археологическом объекте. Построение 3D-моделей на основе архивных фотографий позволяет по-новому взглянуть на уже исследованные объекты и представить информацию в максимально доступном объеме. Примером использования архивных снимков таким образом является 3D-модель мавзолея Сабит в Кызылординской области [Ильин и др. 2016].

Таким образом, фотограмметрия как виртуальная возможность визуализации объектов идеально может передать природу культурных ландшафтов, где наскальные изображения присутствуют как значимый компонент, позволяет выделять четыре структурных уровня виртуальной цифровой документации памятника:

- комплекс (совокупность археологических объектов и окружающий их ландшафт);
- локальный участок (группа археологических объектов и сопряженная форма рельефа);
- компьютерная модель изобразительной поверхности (дискретная группа фигур или одиночная фигура и субстрат — скальная плоскость);
- виртуальное изображение (цельная фигура и микрорельеф поверхности).

Каждому уровню структуры соответствует определенный набор видов документации, и только в совокупности, в виде трехмерной компьютерной модели, они отражают присутствующую памятнику цельность. Для исследователей наскального искусства структурно развитая, детальная и качественная виртуальная документация объектов может стать практически неисчерпаемым источником для дальнейшей интерпретации и разностороннего изучения памятников.

Такая документация позволит также решить многие задачи менеджмента, консервации и охраны памятников наскального искусства; она незаменима для постановки памятников на государственный учет и охрану. Качество и полнота документации, которые гарантированно обеспечивают компьютерные модели изобразительных памятников, имеют особое значение в работе консерваторов и реставраторов, перед которыми стоят задачи фиксации состояния объекта на момент его обследования, а также мониторинга и регистрации последующих изменений [Алтынбеков 2014]. Еще более велика заинтересованность в детальной документации памятников у архитекторов, занимающихся проектированием

благоустройства, организации туристических маршрутов и презентации петроглифов.

Только компьютерные цифровые технологии позволяют сегодня обеспечить комплексный подход к изучению и сохранению памятников наскального искусства на основании единства принципов менеджмента и документирования; использования памятников как туристических объектов и как объектов долгосрочного системного научного исследования. Использование этих технологий выводит на новый качественный уровень наши знания и позволит соблюсти порой взаимоисключающие требования, предъявляемые к исследованиям изобразительных памятников.

Конец XX и начало XXI в. ознаменовались значительным прорывом в археологии, связанным с широким распространением новейших технологий и методов на всех этапах научного процесса. Важной составляющей этого прорыва стало использование 3D-технологий и дополненной реальности, позволивших найти выход из проблемы субъективного влияния ученого на формирование археологического источника, так как создаваемые трехмерные модели плоскостей с изображениями, самих изображений, артефактов, памятников в целом автоматизированы, объективны, лишены субъективности восприятия изображений и более того — позволяют частично верифицировать либо выявить новые, скрытые данные об объекте исследования. Использование фотограмметрии позволяет создавать 3D-модели, передающие не только форму объектов, но и их точные размеры и иные визуальные свойства (цвет, технику изготовления, следы инструментов и т. д.).

Имеющийся опыт и лучшие примеры международной практики свидетельствуют, что приверженность указанным принципам ведет к сбалансированности задач изучения и сохранения памятников наскального искусства. В организационном плане реализация вышеописанной методики требует объединения усилий всех специалистов-петроглифоведов, работающих в разных регионах Центральной Азии.

Литература

- Алтынбеков К. 2014. *Возрожденные сокровища Казахстана: опыт научной реставрации*. Алматы: Остров Крым.
- Антонов М. А. 2013. Фотограмметрия поселения Талдысай. В: Артюхова О. А., Курманкулов Ж., Ермолаева А. С., Ержанова А. Е. *Комплекс памятников в урочище Талдысай*. Т. 1. Приложение 4. Алматы: [б. и.], 393–395.
- Антонов М. А. 2018. Текелийская буддийская стела: исследование методом фотограмметрии. *Маргулановские чтения — 2018. Духовная модернизация и археологическое наследие*. Алматы; Актобе: [б. и.], 606–612.
- Мерц И. В., Антонов М. А. 2019. Грот Енбек с наскальными росписями в окрестностях г. Талдыкоргана. *Отан тарихы 2 (86)*, 200–214.
- Бедельбаева М. В., Новоженов В. А., Новоженова Н. В. 2015. *Изобразительные памятники Казахского мелкосопочника*. Караганда: Сарыаркинский археологический институт.
- Буянов С. С. 2014. Перспективы использования 3D-технологий для развития информационно-аналитической платформы «История современной России». *Genesis: исторические исследования 6*, 75–97.
- Дэвлет М. А. (ред.). 2017. *Изобразительные и технологические традиции ранних форм искусства 1*. М.; Кемерово: Кузбассвузиздат.
- Дэвлет М. А. (ред.). 2019. *Изобразительные и технологические традиции ранних форм искусства 2*. М.; Кемерово: Кузбассвузиздат.
- Изместьев А. Г. 2014. *Дистанционные методы зондирования Земли: учеб. пособие*. Кемерово: КузГТУ.
- Ильин Р. В., Амиров Е. Ш., Акылбек С. Ш. 2016. Мавзолей Сабит — мемориальное сооружение середины XIX века. *Оразбаевские чтения — 2016. Археология, этнология и музеология в системе современного высшего образования*. Алматы: Қазақ университеті, 229–232.
- Каменецкий И. С., Маршак Б. И., Шер Я. А. 1975. *Анализ археологических источников (возможности формализованного подхода)*. М.: Наука.
- Клотт Ж. (ред.). 2010. *Наскальное искусство в Центральной Азии*. Париж: ИКОМОС (на русском и английском языках).
- Мерц В. К. 2002. *Наскальные рисунки края Кереку-Баян*. Павлодар: Изд-во Павлодарского ун-та.
- Новгородова Э. А. 1984. *Мир петроглифов Монголии*. М.: Наука.
- Новоженов В. А. 2002. *Петроглифы Сарыарки*. Алматы: Институт археологии НАН РК.
- Новоженов В. А. 2012. *Чудо коммуникации и древнейший колесный транспорт Евразии*. М.: Таус.
- Новоженов В. А. 2014. Великая степь: человек в системе древних коммуникаций. В: Епиматов А. В. (ред.). *Таинство этнической истории древнейших кочевников степной Евразии*. Алматы: Остров Крым, 18–267.
- Новоженов В. А., Смирнов Д. А., Шер Я. А. 1993. Компьютерный банк данных «Петроглифы Центральной и Средней Азии» (общая концепция и основные структуры). В: Мартынов А. И., Шер Я. А. (ред.). *Современные проблемы изучения петроглифов*. Кемерово: КемГУ; Кем. Полиграфкомб., 48–60.
- Пойкалайнен В., Талпсепп Э. 1990. Возможности использования персонального компьютера для обработки и хранения графической информации наскального творчества. В: Дэвлет М. А. (ред.). *Проблемы изучения наскальных изображений в СССР*. М.: Наука, 30–33.
- Ранов В. А. 2016. *Бегающие по скалам. Наскальные рисунки Памира*. Душанбе: Дониш.
- Рогожинский А. Е. (ред.). 2004. *Памятники наскального искусства Центральной Азии: общественное участие, менеджмент, консервация, документация*. Алматы: Искандер.
- Рогожинский А. Е., Новоженов В. А. 2018. *Культурные ландшафты с петроглифами Центральной Азии: вопросы и ответы*. Самарканд: МИЦАИ.
- Рогожинский А. Е., Хорош Е. Х., Чарлина Л. Ф. 2004. О стандарте документации памятников наскального искусства Центральной Азии. В: Рогожинский А. Е. (ред.). *Памятники наскального*

- искусства Центральной Азии. *Общественное участие, менеджмент, консервация, документация*. Алматы: Искандер, 156–161.
- Самашев З. 2006. *Петроглифы Казахстана*. Алматы: Өнер.
- Самашев З., Байтлеу Д., Курманкулов Ж. 2013. *Петроглифы Теректы Аулие*. Астана: Филиал Института археологии НАН РК.
- Самашев З., Мургабаев С., Елеуов М. 2014. *Петроглифы Сауыскандыка*. Астана: Филиал Института археологии НАН РК.
- Свойский Ю. М., Романенко Е. В., Миклашевич Е. А. 2018. Опыт создания цифровых образов эстампажей енисейских петроглифов методом трехмерного моделирования. *Camera praehistorica* 1, 106–116.
- Сингатулин Р. А. 2013. Фотограмметрические технологии в археологии (краткий исторический очерк). *Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики* 3 (29), 148–152.
- Формозов А. А. 1969. *Очерки по первобытному искусству. Наскальные изображения и каменные изваяния эпохи камня и бронзы на территории СССР*. М.: Наука.
- Хужаназаров М. 2018. *Сармишсой коятош расмлари, идмий таджикотлар (Сармишсай: наскальные изображения, научные исследования)*. Ташкент: Nurfayz Nashriyotli.
- Швец И. Н. 2005. Некоторые аспекты современного состояния изучения наскального искусства Центральной Азии. *Археология, этнография и антропология Евразии* 3, 130–139.
- Шер Я. А. 1970. Интуиция и логика в археологическом исследовании. К формализации типологического метода. В: Колчин Б. А., Шер Я. А. (ред.). *Статистико-комбинаторные методы в археологии*. М.: Наука, 8–24.
- Шер Я. А. 1977. Алгоритм распознавания стилистических типов в петроглифах. К теории стиля в первобытном искусстве. В: Ковальченко И. Д. (ред.). *Математические методы в историко-культурных и историко-экономических исследованиях*. М.: Наука, 127–143.
- Шер Я. А. 1978. О развитии языка археологии. В: Столяр А. Д. (ред.). *Проблемы археологии*. Вып. 2. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 43–48.
- Шер Я. А. 1980. *Петроглифы Средней и Центральной Азии*. М.: Наука.
- Яценко Е. Л., Голубев С. Р., Рогожинский А. Е. 2004. База данных «Петроглифы Центральной Азии: менеджмент и консервация». В: Рогожинский А. Е. (ред.). *Памятники наскального искусства Центральной Азии. Общественное участие, менеджмент, консервация, документация*. Алматы: Искандер, 162–168.
- Anati E. 1970. Methode d`etude del`art megalithique. *L`Anthropologie* 74, 255–261.
- Anati E. 1977. Methods of recording and analysing of rock engravings. *Camunian Studies* 7, 35–61.
- Bertilsson U. 1989. Space, economy and society: the rock carvings of Northern Bohuslan. In: Larsson T. B., Lundmark H. (eds.). *Approaches to Swedish Prehistory*. Oxford: BAR, 287–321.
- Burenhult C. 1974. *The Rock Carvings of Gotaland (excluding Gothenburg county, Bohuslan and Dalsland)*. Bonn: R. Habelt; Lund: Gleerup.
- Frachetti M. D. 2008. *Pastoralist Landscapes and Social Interaction in Bronze Age Eurasia*. Berkley: University of California Press.
- Gardin J.-K. 1968. On some reciprocal requirements of scholars and computers in the fine art and archaeology. In: *Computers and Their Potential Application in Museums*. New-York: Arno Press, 103–125.
- Gardin J.-K. 1974. Les projets de banques de données archéologiques. Problèmes méthodologiques, technologiques et institutionnels. *Colloques nationaux CNRS* 932, 16–26.
- Lymer K. 2009. Maps and visions: Shamanic voyages and rock art imagery in the Republic of Kazakhstan. In: Gacek T., Pstrusinska J. (eds.). *Proceedings of the Ninth Conference of the European Society for Central Asian Studies*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 226–246.
- Lymer K. 2015. The petroglyphs of Terekty Aulie in Central Kazakhstan. *Expression* 8, 96–101.

- Novozhenov V. A. 1993. The composition with a chariot in the Bronze Age petroglyphs of Mongolia. *International Newsletter on Rock Art* 6, 7–10.
- Reilly P. 1988. *Data Visualisation: Recent Advances in the Application of Graphic Systems to Archaeology*. Winchester: IBM UK Scientific Centre.
- Shvets I. N. 2012. *Studien zur Felsbildkunst Kasachstans. Materialien zur Archaeologie Kasachstans*. Bd. 1. Darmstadt; Mainz: Philipp von Zabern.
- Striedter K. H. 1983. *Felsbilder Nordafrikas und der Sahara: ein Verfahren zu ihrer systematischen Erfassung und Auswertung*. Wiesbaden: F. Steiner.