



НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ПЕТРОГЛИФОВ И МОДЕЛИРОВАНИЯ САКРАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПАМЯТНИКОВ НАСКАЛЬНОГО ИСКУССТВА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А.Р. Ласкин*, Е.Г. Дэвлет**, А.Е. Гринько***, Ю.М. Свойский***,
Е.В. Романенко***

* *Институт археологии РАН, Москва; КГБУ «Хабаровский краевой центр охраны памятников истории и культуры», Хабаровск, Россия*
archaeology@inbox.ru

** *Институт археологии РАН, Москва; Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия*
eketek@yandex.ru

*** *Институт археологии РАН, Москва, Россия*
tikal@yandex.ru, rutil28@gmail.com; ekaterina.romanenko@gmail.com

Аннотация. При исследовании памятников амуро-уссурийской провинции наскального искусства были применены современные методы бесконтактного документирования петроглифов, их ландшафтного и культурного контекста. Использованы цифровая фотосъемка (в том числе аэрофотосъемка с БПЛА), лазерное сканирование и методы спутниковой геодезии. Компьютерной обработкой собранных данных сформированы детальные трехмерные модели отдельных валунов и плоскостей с петроглифами, а также модели площадей их распространения в речной пойме и на скальных обрывах. Изучены преимущества и ограничения различных способов бесконтактного документирования, определены наборы инструментов документирования, оптимальные для воспроизведения барельефных изображений, расположенных на поверхностях сложной геометрии, для точного позиционирования рисунков на скальных обрывах и для картирования расположения камней в речных поймах. Уточнены характеристики оборудования, необходимого для полноценного выполнения воздушной и наземной фотосъемки и лазерного сканирования. Определены методы улучшения детальности и полноты собираемых данных. Применение математических алгоритмов для визуализации рельефа поверхности камня позволило выполнить трехмерную прорисовку контуров петроглифов и выявить неизвестные ранее рисунки. Собранные данные позволят в дальнейшем создать ГИС памятников, формирующих региональное сакральное пространство древности и средневековья. Материалы аэрофотосъемки участков распространения валунов с петроглифами в пойме реки Амур

Ласкин Артур Робертович – кандидат исторических наук, научный сотрудник Центра палеоискусства ИА РАН, заведующий сектором археологии КГБУ «Хабаровский краевой центр охраны памятников истории и культуры».

Дэвлет Екатерина Георгиевна – доктор исторических наук, профессор, ученый секретарь ИА РАН, руководитель Центра палеоискусства.

Гринько Александра Евгеньевна – научный сотрудник Института археологии РАН.

Романенко Екатерина Васильевна – сотрудник лаборатории RSSDA.

Свойский Юрий Михайлович – сотрудник лаборатории RSSDA.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-29-04389.

предполагается использовать для мониторинга перемещения валунов под воздействием воды и льда в период ледохода. Сочетанием взаимно дополняющих друг друга методов документирования создается целостный образ памятников наскального искусства.

Ключевые слова: археология, Дальний Восток, амуро-уссурийская провинция наскального искусства, петроглифы, трехмерные модели, аэрофотосъемка, фотограмметрия, лазерное сканирование, документирование петроглифов, математическая визуализация, геоинформатика

В последние годы активно ведется работа по изучению, документированию и мониторингу памятников наскального искусства Дальневосточного региона. Самые яркие и значимые местонахождения петроглифов сосредоточены на правом берегу Амура у сел Сикачи-Алян и Малышево, на р. Уссури у с. Шереметьево и на р. Кия, недалеко от с. Переяславка. История их изучения в регионе начинается со второй половины XIX в., а с середины 50-х годов XX в. приобретает определенную систематичность. Наиболее полные сведения о памятниках наскального искусства суммированы в монографии А.П. Окладникова «Петроглифы Нижнего Амура», в которой всесторонне рассматриваются образы, стили, сюжеты петроглифов, их хронология и семантика¹. Анализируя и сопоставляя различные образы нижнеамурских петроглифов с изображениями Тихоокеанского бассейна, А.П. Окладников рассматривает культурно-этнические связи древнего населения Амура и влияние их на становление и развитие культуры коренных народов Приамурья, дает оценку самобытной традиции в широком временном диапазоне.

Дальнейшее изучение памятников наскального искусства региона дало дополнительные возможности для формирования всестороннего представления об изобразительных пластах петроглифов, относительной хронологии, сюжетном многообразии и стилистических особенностях. Начиная с 2000-х гг. был накоплен существенно новый материал, характеризующий традицию наскального искусства Нижнего Амура, собрана и обработана обширная разноплановая информация как о самих петроглифах, так и о природно-историческом контексте памятников, определены разрушающие факторы, дан прогноз возможности сохранения древних изображений². В процессе исследований, в первую очередь благодаря применению современных технических средств, на местонахождениях Сикачи-Алян, Шереметьево и Кия был выявлен ряд новых изображений³.

Документирование петроглифов – сложный и трудоемкий процесс. В амуро-уссурийском регионе экспедицией А.П. Окладникова использовались преимущественно прорисовки на кальку и эстампажи на газеты, в дальнейшем были применены различные виды фотодокументирования и силиконовые материалы для выполнения негативных матриц. Использование современных инструментов бесконтактного сбора данных как об отдельных камнях с рисунками (цифровая фотосъемка), так и о памятниках в целом (аэрофотосъемка с БПЛА, лазерное сканирование) с последующим трехмерным моделированием и математической визуализацией данных позволило отказаться от контактных методов и глазомерных зарисовок ландшафтной составляющей и археологического контекста.

¹ Окладников 1971.

² Ласкин и др. 2005; Ласкин 2007; 2014; Дэвлет, Ласкин 2015, 2017б.

³ Ласкин 2012; Ласкин, Дэвлет 2013.



Рис. 1. Сикачи-Аляна, пункт 2 при различном уровне воды в р. Амур: 1 – в период паводка (высота воды около 1 м выше ординара, 26 сентября 2016 г.), 2 – при низкой воде после ледохода (24.04.2017 г.)

Необходимость и перспективность применения современных методов документирования и визуализации памятников наскального искусства амуро-уссурийского региона обусловлены тремя важнейшими факторами:

1. Труднодоступность. Возможности контактного документирования петроглифов Сикачи-Аляна, Шереметьево и Кии ограничены климатическими факторами и, в первую очередь, колебаниями уровня рек, по берегам которых они расположены (рис. 1). В холодный период года работы на памятниках практически невозможны из-за низких температур и снежного покрова.

2. Динамичность. Петроглифы Сикачи-Аляна, пожалуй, единственный в России памятник наскального искусства, компоненты которого находятся в постоянном движении под действием реки Амур. Особенно сильным является экзарационное воздействие в период весеннего ледохода, когда глыбы льда смещают и переворачивают прибрежные валуны с петроглифами. При этом некоторые изображения пропадают из поля зрения, другие вновь появляются.

3. Особенности техники выполнения петроглифов. Изображения, выбитые на базальтовых валунах и вертикальных скальных выходах в пойме р. Амур, Уссури и Кии, нередко расположены на поверхностях двойной кривизны и на ребрах слабо окатанных валунов. При этом они часто оконтурены широким и глубоким желобком, а сама выбивка имеет переменную глубину. Все это делает изображения не плоскостными, а трехмерными (барельефными). Эти особенности крайне затрудняют документирование памятников традиционными контактными методами, которые не дают возможности фиксирования глубины выбивки, и корректность прорисовки от этого сильно страдает.

Названные факторы предполагают применение на памятниках амуро-уссурийской провинции наскального искусства комплекса взаимно дополняющих методов документирования⁴. Основным методом, примененным в 2017 г. при документировании петроглифов на местонахождениях Сикачи-Алян, Шереметьево и Кия, стало трехмерное моделирование на основе цифровых фотографий, обрабатываемых фотограмметрическим способом.

На начальном этапе было документировано 13 валунов с петроглифами с пунктов 1 и 2 Сикачи-Аляна. При этом методика адаптировалась к специфическим особенностям наскальных изображений региона, подбирались режимы съемки и моделирования. Для каждого валуна было собрано от 772 до 1589 фотографий с разрешением 4256 x 2832 пикселя (12.1 МР). Для создания одной модели в среднем требовалось 20–30 мин. полевой фотосъемки и от 5 до 15 ч. компьютерной обработки полученных данных. Этот опыт позволил подтвердить корректность избранной методики и сделать ряд выводов, критически важных для улучшения точности и детальности моделирования, определить критерии оценки качества собранных данных и сформированных моделей, выработать стандартные процедуры съемки и моделирования. Для улучшения детальности моделей был осуществлен переход на цифровую камеру с более высоким разрешением матрицы 7952 x 5304 (42.2 МР).

Фотограмметрической обработкой полученных изображений были сформированы трехмерные полигональные модели валунов с петроглифами, объективно зафиксировавшие геометрию камня и изображения. В процессе изучения этих моделей с применением методов математической визуализации уточнены детали уже известных петроглифов и выявлены новые изображения, в том числе и на плоскостях, которые неоднократно исследовались ранее. Для этой цели была разработана новая методика работы с поверхностью модели, позволившая существенно повысить распознавание изображений и детальность прорисовки. Фрагменты полигональных моделей поверхности валунов с изображениями были преобразованы в топографические модели (карты высот), по которым делались

⁴ Дэвлет и др. 2017.

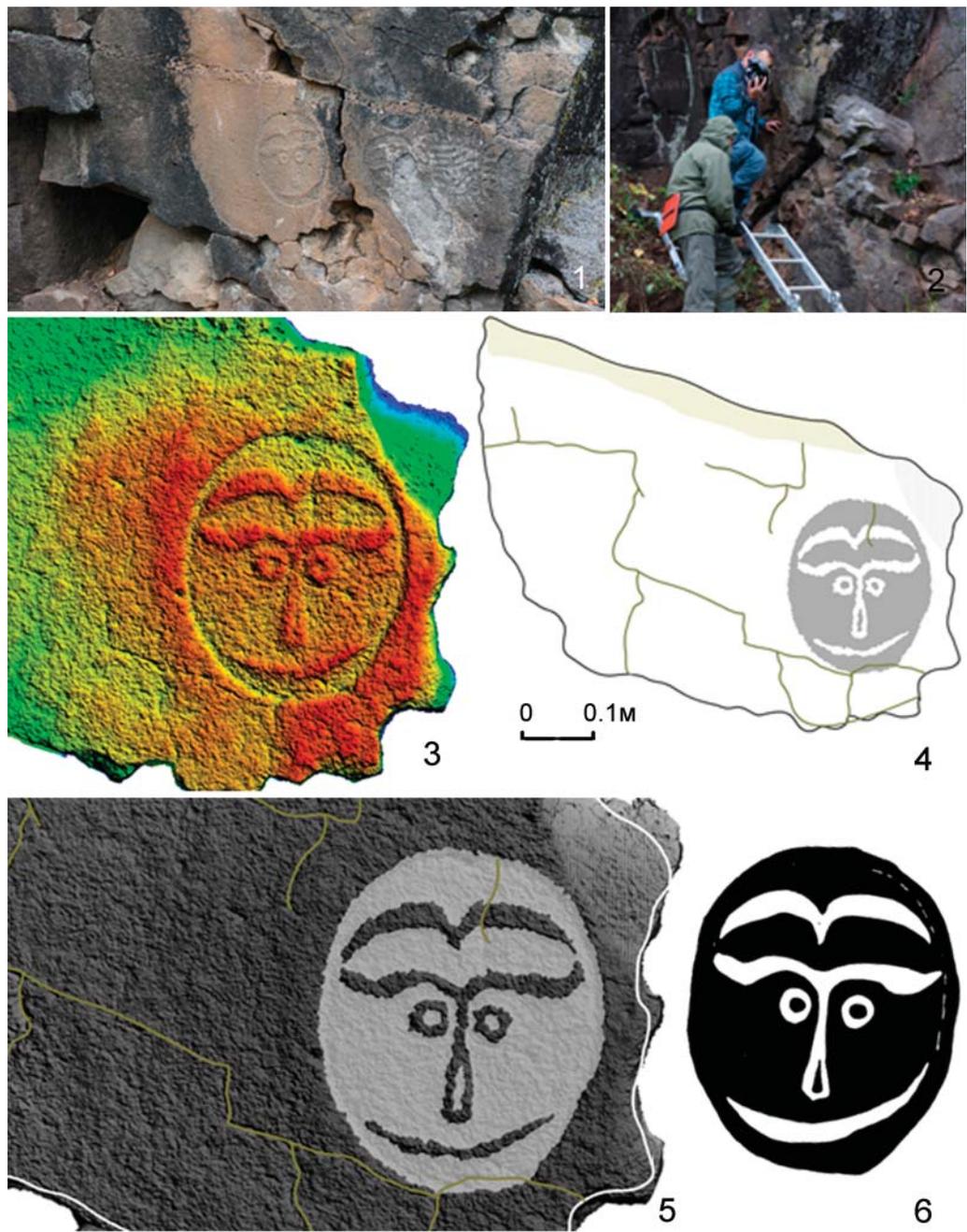


Рис. 2. Кия. Документирование антропоморфного изображения: 1 – общий вид плоскости; 2 – рабочий момент; 3 – результат визуализации поверхности математическим алгоритмом; 4 – трехмерная прорисовка; 5 – прорисовки А.П. Окладникова (1971)

непосредственно прорисовки. Контуры обработанной и необработанной поверхности фиксировались не по границе света и тени, как при работе с традиционной фотографией, а по перегибам поверхности, определяемым посредством математической визуализации рельефа модели. Прорисовки выполнялись в трехмерном пространстве и затем проецировались на плоскость. Таким образом, формируется точная и детальная прорисовка, которая позволяет досконально проследить линии выбивки и отобразить детали (рис. 2, 3).

Документирование ландшафтного контекста осуществлено методом аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), впервые примененным на памятниках амуро-уссурийской провинции наскального искусства: выполнялась как плановая, так и перспективная аэрофотосъемка.

При выполнении плановой аэрофотосъемки в пунктах 1 и 2 петроглифов Сикачи-Аляна с целью обеспечения высокой горизонтальной и высотной точности была создана опорная геодезическая сеть из 6 пунктов для каждого участка. Координаты реперных точек определялись с точностью до 2 см средствами спутниковой геодезии с использованием двухчастотного GNSS-приемника Leica GS08, работающего в режиме RTK (Real Time Kinematic). В дальнейшем реперные точки использовались при формировании ортофотопланов и моделей рельефа исследуемых участков и обеспечили их высокую плановую и высотную точность. Это позволило надежно зафиксировать положение валунов с петроглифами на момент съемки, что в дальнейшем поможет отследить их возможное перемещение под воздействием льда и паводковых вод.

На начальном этапе в зоне Киинских петроглифов плановая и перспективная аэрофотосъемка использовались для рекогносцировки памятника, так как на момент проведения работ петроглифы были недоступны из-за продолжительных дождей. Полученная фотосхема территории памятника не только существенно облегчила планирование дальнейших работ, но и позволила дистанционно выявить ранее неизвестные изображения личин, которые стали видны уже на модели⁵.

Перспективная аэрофотосъемка применялась преимущественно в качестве вспомогательного метода, однако в пункте 4 петроглифов Сикачи-Аляна она была использована в том числе и для формирования модели поверхности скального массива фотограмметрическим способом. Дополнительно на основе данных перспективной фотосъемки формировались сферические панорамы, которые в дальнейшем предполагается объединить в виртуальные туры.

В 2017 г. впервые на памятниках наскального искусства Дальневосточного региона было применено лазерное сканирование. Этот метод документирования был ориентирован на решение двух задач: картирование субвертикальных поверхностей с петроглифами и мониторинг движения камней на контрольных участках поймы р. Амур.

Для отработки первой задачи был выбран скальный массив с петроглифами на правом берегу реки р. Кия. Картирование выполнялось лазерным сканером марки Leica C10 геодезическим способом с реперных точек опорной сети. В зоне петроглифов было сделано 7 сканов и получено около 148 млн. точек лазерных отражений, из них 42 млн. точек – непосредственно от скального массива, а осталь-

⁵ Дэвлет, Ласкин 2017а.

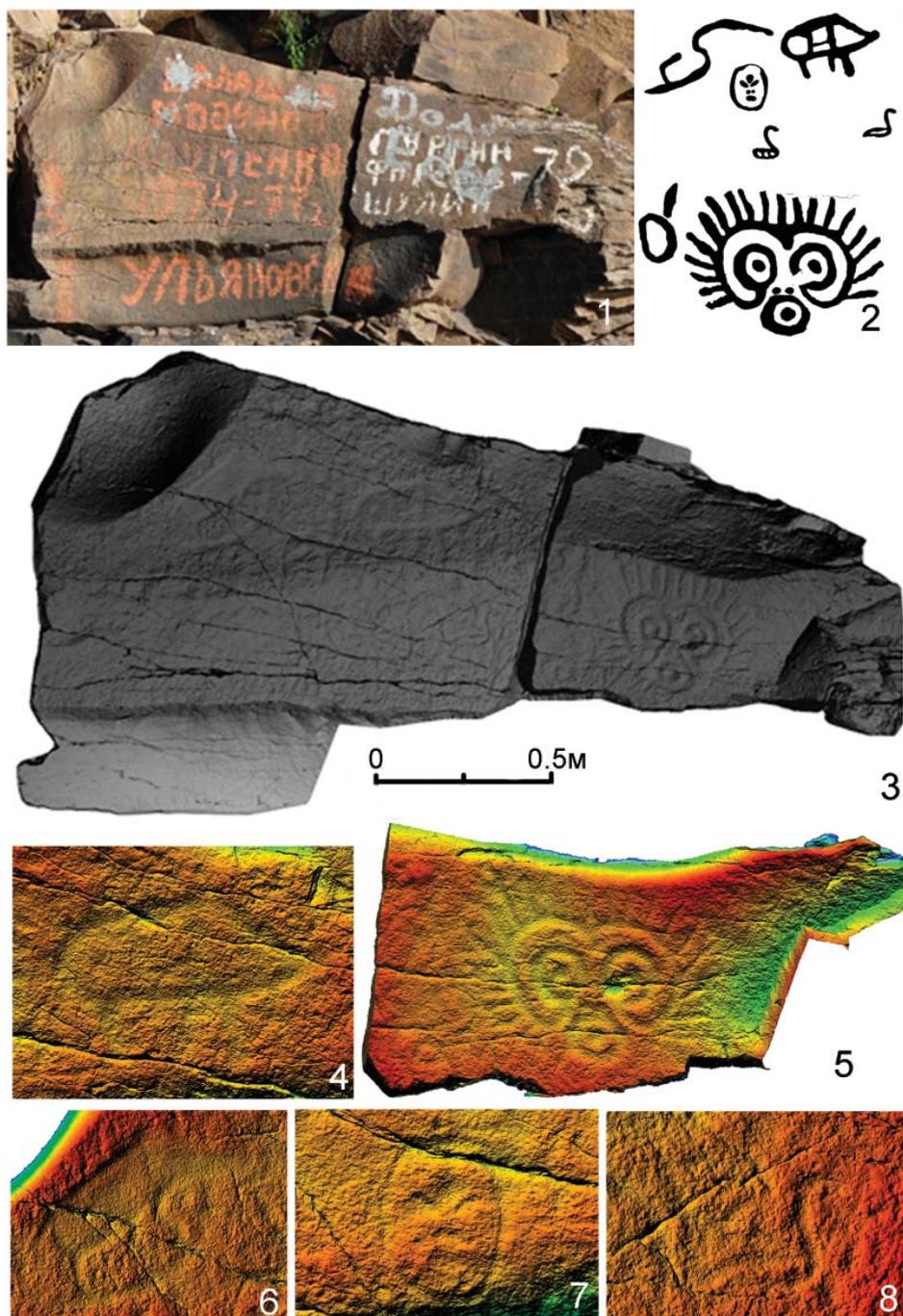


Рис. 3. Шереметьево 3. Варианты документирования плоскости, в настоящее время сильно поврежденной посетительскими надписями: 1 – общий вид; 2 – прорисовка (по: Окладников, 1971); 3 – общая трехмерная полигональная модель; 4–8 – визуализация фрагментов поверхности математическим алгоритмом

ные пришлось на растительность. Средняя плотность облака точек лазерных отражений от скальной поверхности составила около 10 отражений на квадратный сантиметр, что позволило создать достаточно детальную и геометрически корректную модель скального выхода. Такая модель имеет ряд несомненных преимуществ по сравнению с традиционными зарисовками и фотографиями, так как позволяет получить геометрически точный образ плоскости с петроглифами.

Вторая задача отрабатывалась на двух небольших контрольных участках пункта 1 петроглифов Сикачи-Аляна. Здесь лазерное сканирование было применено для фиксации относительного расположения валунов с петроглифами, находящихся в низкой пойме р. Амур. В дальнейшем эти данные будут использованы для количественной оценки воздействия льда и паводковых вод на базальтовые валуны с наскальными изображениями (рис. 4).

Следует отметить, что модель, сформированная на основе облака точек указанной плотности, заведомо непригодна для документирования собственно наскальных изображений, так как для точной фиксации в зависимости от техники нанесения и степени сохранности петроглифов необходимы плотности в диапазоне 2000–5000 точек на квадратный сантиметр. Кроме того, у сканера Leica C10 «шум», возникающий вследствие ошибок измерения расстояний лазерным дальномером сканера, превышает ± 2 см, поэтому на модели отображаются лишь те изображения, которые имеют относительно глубокий рельеф пикетажа. Документирование петроглифов как таковых лазерными сканерами не практично и на современном этапе не может заменить фотограмметрический метод.

Сложность и разнообразие местонахождений петроглифов Амуро-Уссурийской провинции наскального искусства обуславливает невозможность формирования полноценного образа ландшафтного контекста памятника одним методом. Для каждого из местонахождений петроглифов применялся комплекс методов, сбалансированный и оптимизированный для специфических условий памятника. Выбор определялся, в первую очередь, расположением рисунков (на валунах или на субвертикальных скальных поверхностях) и, в меньшей степени, залесенностью местности, ограничениями доступа к петроглифам.

Опыт работ позволил сформулировать два рабочих подхода к сбору материалов о ландшафтном контексте, позволяющих собрать сведения о ландшафте памятника в целом и месте отдельных петроглифов в этом ландшафте. Первый подход основан на формировании документирования ландшафтного контекста преимущественно плановой аэрофотосъемкой с последующим формированием ортофотоплана и модели рельефа памятника фотограмметрическим способом. Перспективная аэрофотосъемка и, в отдельных случаях, лазерное сканирование используются как вспомогательные (дополняющие) методы. Такой подход был использован в пунктах 1 и 2 Сикачи-Аляна и в целом применим для местонахождений с петроглифами на валунах, расположенных в широких поймах крупных рек в зоне целиком или полностью лишенной растительности.

Второй подход эффективен для местонахождений с петроглифами на вертикальных скальных выходах (зачастую обрывающихся в узкую пойму), доступ к которым затруднен древесной и кустарниковой растительностью, удаление которой проблематично, а чаще всего и невозможно. Аэрофотосъемка не может дать здесь должного результата, так как обрывы сверху (а в некоторых случаях и

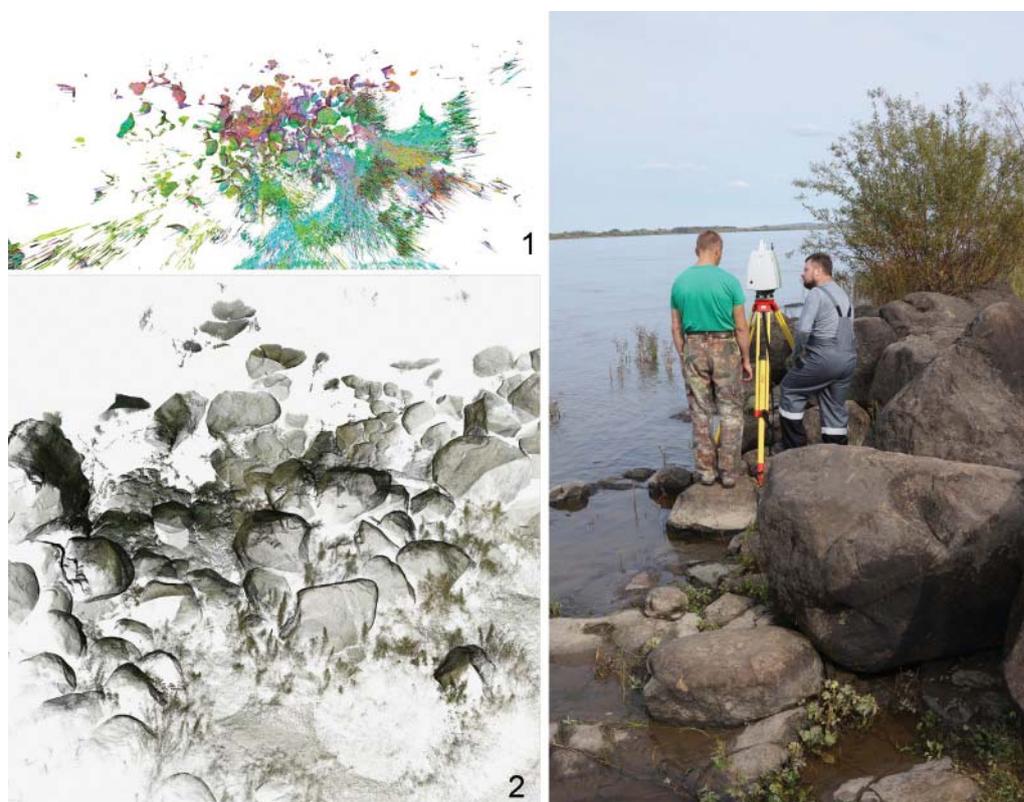


Рис. 4. Сикачи-Алян, пункт 1. 1, 2 – фиксация положения камней с петроглифами методом лазерного сканирования и результаты увязки облака точек лазерного сканирования; 3 – процесс лазерного сканирования лазерным сканером Leica C10

с фронта) перекрыты растительностью. Поэтому в таких случаях оптимальным способом воспроизведения геометрии скалы, несущей петроглифы, становится лазерное сканирование, а плановая и перспективная фотосъемка становятся вспомогательными методами. Такой подход был успешно применен для Киинских петроглифов, а в дальнейшем этот опыт предполагается распространить и на памятники Шереметьево (пункты 2 и 3).

Вне зависимости от того, какой именно метод применяется в качестве основного при сборе сведений о ландшафтном контексте памятника, он должен быть дополнен рядом общих методов, позволяющих связать собранные данные в единое целое. В качестве таковых были использованы методы спутниковой геодезии и геоинформатики, обеспечившие успешное формирование геоинформационных систем каждого из изученных памятников.

Применительно к основным памятникам наскального искусства российского Дальнего Востока в 2017 г. прошли важный этап апробации современные методы и средства документирования⁶. Накопленные данные формируют надежную документальную основу для их дальнейшего научного изучения, мониторинга и популяризации наскального искусства, а также для формирования ГИС сакрального пространства Дальнего Востока на достоверном фактическом материале.

ЛИТЕРАТУРА

- Дэвлет, Е.Г., Ласкин, А.Р. 2015: Петроглифы Хабаровского края: результаты мониторинга последствий паводка в 2013 году на Амуре и Уссури. *Археология, этнография и антропология Евразии* 4 (43), 94–105.
- Дэвлет, Е.Г., Ласкин, А.Р. 2017а: Петроглифы на р. Кия в Хабаровском крае. *КСИА* 249 (1), 167–173.
- Дэвлет, Е.Г., Ласкин, А.Р. 2017б: Состояние сохранности петроглифов Сикачи-Аляна: природное и антропогенное воздействие. В сб.: С.В. Батаршев, А.М. Шиповалов (ред.), *Археология CIRCUM-PACIFIC: Памяти Игоря Яковлевича Шевкомуда*. Владивосток, 252–265.
- Дэвлет, Е.Г., Ласкин, А.Р., Свойский, Ю.М., Романенко, Е.В., Тимофеева А.С., Пахунов А.С. 2017: Трёхмерное документирование – инструмент передачи иконографических особенностей личин в наскальном искусстве Дальневосточного региона. В сб.: С.В. Батаршев, А.М. Шиповалов (ред.), *Археология CIRCUM-PACIFIC: Памяти Игоря Яковлевича Шевкомуда*. Владивосток, 266–273.
- Ласкин, А.Р. 2007: Перспективы дальнейшего изучения и сохранения петроглифов Сикачи-Аляна. *Археология, этнография и антропология Евразии* 2 (30), 136–142.
- Ласкин, А.Р. 2012: Исследования Шереметьевских петроглифов в Хабаровском крае. В сб.: А.П. Деревянко (ред.), *Дальневосточно-сибирские древности: сборник научных трудов, посвященный 70-летию со дня рождения В.Е. Медведева*. Новосибирск, 51–54.
- Ласкин, А.Р. 2014: Новые результаты исследований памятников древнего наскального искусства в бассейне рек Амура и Уссури в Хабаровском крае: проблемы сохранения и использования. В сб.: А.Г. Ситдииков, Н.А. Макаров, А.П. Деревянко (ред.), *Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда в Казани*. IV. Казань, 62–65.
- Ласкин, А.Р., Дэвлет, Е.Г. 2013: Новые петроглифы на реке Уссури в Хабаровском крае. *ПИФК* 4 (42). 209–216.
- Ласкин, А.Р., Дэвлет, Е.Г., Бабаев, А.Л., Судаков, А.И. 2005: Петроглифы Сикачи-Аляна – уникальный памятник древнего наскального искусства на Нижнем Амуре (проблемы сохранения и использования). В сб.: Е.Г. Дэвлет (ред.), *Мир наскального искусства*. М., 154–162.
- Окладников, А.П. 1971: *Петроглифы Нижнего Амура*. Л.

REFERENCES

⁶ Авторы выражают свою благодарность сотрудникам Лаборатории RSSDA Александру Пешкову, Сергею Пешкову, Екатерине Конаковой, Рафхату Габдулину, Антону Клеймёнову, Дарье Анисимовой, Евгении Бритько, Виталию Красноруцкому, Наталье Чекуновой, Евгению Юшину, принимавшим участие в полевом документировании, обработке собранных данных и трёхмерном моделировании камней и плоскостей с петроглифами и ландшафтного контекста памятников, а также ассистенту кафедры БЧС и ЗОС Инженерной Школы Дальневосточного Федерального Университета Евгению Желдаку, выполнившему лазерное сканирование.

- Devlet, E.G., Laskin, A.R. 2015: Petroglify Khabarovskogo kraja: rezul'taty monitoringa posledstviy pavodka v 2013 godu na Amure i Ussuri [Petroglyphs of Khabarovsk Territory: the impact of the 2013 Amur and Ussuri flooding]. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii* [Archaeology, ethnology and anthropology of Eurasia] 4 (43), 94–105.
- Devlet, E.G., Laskin, A.R. 2017a: Petroglify na r. Kiya v Khabarovskom krae [Petroglyphs on the Kiya River in the Khabarovsk Territory]. *Kratkie soobshcheniya instituta arkheologii* [Brief Communications of the Institute of Archaeology] 249 (1), 167–173.
- Devlet, E.G., Laskin, A.R. 2017b: Sostoyanie sokhrannosti petroglifov Sikachi-Alyana: prirodnoe i antropogennoe vozdeystvie [The Sikachi-Alyan Petroglyphs' Conservation Status: Natural and Anthropogenic Impact]. In: S.V. Batarshhev, A.M. Shipovalov (eds.), *Arkheologiya CIRCUM-PASIFIC: Pamyati Igorya Yakovlevicha Shevkomuda* [CIRCUM-PACIFIC Archaeology: in the Memory of Igor Yakovlevich Shevkomud]. Vladivostok, 252–265.
- Devlet, E.G., Laskin, A.R., Svoyskiy, Yu.M., Romanenko, E.V., Timofeeva, A.S., Pakhunov, A.S. 2017: Trekhmernoe dokumentirovanie – instrument peredachi ikonograficheskikh osobennostey lichin v naskal'nom iskusstve Dal'nevostochnogo regiona [Three-dimensional documentation – a tool for the transfer of iconographic features of the anthropomorphic masks in the rock art of the Far Eastern region]. In: S.V. Batarshhev, A.M. Shipovalov (eds.), *Arkheologiya CIRCUM-PASIFIC: Pamyati Igorya Yakovlevicha Shevkomuda* [CIRCUM-PACIFIC Archaeology: in the Memory of Igor Yakovlevich Shevkomud]. Vladivostok, 266–273.
- Laskin, A.R. 2007: Perspektivy dal'neyshego izucheniya i sokhraneniya petroglifov Sikachi-Alyana [The Rock Art of Sikachi-Alyan: Future Study and Preservation]. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii* [Archaeology, ethnology and anthropology of Eurasia] 2 (30), 136–142.
- Laskin, A.R. 2012: Issledovaniya Sheremet'evskikh petroglifov v Khabarovskom krae [Studies of Sheremet'ev petroglyphs in Khabarovsk Territory]. In: A.P. Derevyanko (ed.), *Dal'nevostochno-sibirskie drevnosti: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 70-letiyu so dnya rozhdeniya V.E. Medvedeva* [Far-Eastern Antiquities: collected papers to the 70th anniversary of V.E. Medvedev]. Novosibirsk, 51–54.
- Laskin, A.R. 2014: Novye rezul'taty issledovaniy pamyatnikov drevnego naskal'nogo iskusstva v bassejne rek Amura i Ussuri v Khabarovskom krae: problemy sokhraneniya i ispol'zovaniya [New research results of ancient rock art sites in the Amur and Ussuri basins in Khabarovsk Territory: problems of conservation and use]. In: A.G. Sitdikov, N.A. Markarov, A.P. Derevyanko (eds.), *Trudy IV (XX) Vseross. arkheologicheskogo s'ezda v Kazani* [Proceedings of the IV(XX) All-Russian Archaeological Congress in Kazan']. T. IV. Kazan, 62–65.
- Laskin, A.R., Devlet, E.G., Babaev, A.L., Sudakov, A.I. 2005: Petroglify Sikachi-Alyana – unikal'nyy pamyatnik drevnego naskal'nogo iskusstva na Nizhnem Amure (problemy sokhraneniya i ispol'zovaniya) [The Sikachi-Alyan petroglyphs – a unique ancient rock art site on the Lower Amur (problems of conservation and use)]. In: E.G. Devlet (ed.), *Mir naskal'nogo iskusstva* [The World of Rock Art]. Moscow, 154–162.
- Laskin, A.R., Devlet, E.G. 2013: Novye petroglify na reke Ussuri v Khabarovskom krae [New petroglyphs on the Ussuri river in Khabarovsk Territory]. *Problemy istorii, filologii, kul'tury* [Journal of Historical, Philological and Cultural Studies] 4 (42), 209–216.
- Okladnikov, A.P. 1971: *Petroglify Nizhnego Amura* [Petroglyphs of the Lower Amur]. Leningrad.

NEW RESULTS OF DOCUMENTATION OF PETROGLIFS AND MODELLING
OF SACRAL LANDSCAPES OF MONUMENTS OF THE FAR EAST

Artur R. Laskin*, Ekaterina G. Devlet**, Aleksandra E. Grinko***,
Yuriy M. Svoyskiy***, Ekaterina S. Romanenko***

**Institute of Archaeology RAS, Moscow, Regional State Budgetary Institution
“Khabarovsk Regional Centre for Cultural and Historical Heritage Protection”,
Khabarovsk, Russia*

archaeology@inbox.ru

***Institute of Archaeology RAS, Moscow; Far Eastern Federal University, Vladivostok,
Russia*

eketek@yandex.ru

**** Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia*

tikal@yandex.ru; rutil28@gmail.com; ekaterina.romanenko@gmail.com

Abstract. During the study of monuments of the Amur-Ussuri province of rock art, modern methods of contactless documentation of petroglyphs and their landscape and cultural context were applied. Digital photography was used (including aerial photography with UAV), laser scanning and methods of satellite geodesy. Computerized processing of the collected data generates detailed three-dimensional models of individual boulders and surfaces with petroglyphs, as well as models of areas of their distribution in the river floodplains and on rocky cliffs. Advantages and limitations of various methods of contactless documentation were studied, sets of documentation tools were optimized for the reproduction of bas-relief images located on surfaces of complex geometry, for accurate positioning of petroglyphs on rock cliffs and for mapping the location of stones in river floodplains. The characteristics of the equipment necessary for efficient aerial and terrestrial photography and laser scanning were defined. Methods for improving the detail and completeness of the collected data had been determined. The application of mathematical algorithms to visualize the relief of the surface of the stone made it possible to perform a three-dimensional drawing of the contours of petroglyphs and to reveal previously unknown petroglyphs. The collected data on rocky cliffs will allow creating maps of the distribution of rock carvings in the future. Materials of aerial photography of the distribution areas of boulders with petroglyphs in the floodplain of the Amur River are supposed to be used to monitor the movement of boulders under the influence of water and ice during the ice drift. A combination of mutually complementary methods of documenting creates an integral image of the monuments of rock art.

Keywords: archaeology, Far East, Amur-Ussuri province of rock art, petroglyphs, 3D models, aerial photography, photogrammetry, laser scanning, documentation of petroglyphs, mathematical visualization, geoinformatics
