

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY
THE STATE HERMITAGE MUSEUM

VIRTUAL ARCHAEOLOGY

Revealing the Past, Enriching the Present and Shaping the Future

Proceedings of the Forth International Scientific Conference
Krasnoyarsk, 20–22 September 2021

Electronic Edition

Krasnoyarsk
SFU
2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭРМИТАЖ

ВИРТУАЛЬНАЯ АРХЕОЛОГИЯ

Раскрывая прошлое, обогащая настоящее и формируя будущее

Материалы IV Международной научной конференции
Красноярск, 20–22 сентября 2021 года

Электронное издание

Красноярск
СФУ
2021

УДК 902.03:004.946(08)

ББК 63.4с51я43

B526

Программный комитет:

Д. Гук (Российская Федерация)

П. Рейли (Великобритания)

С. Ризвич (Босния и Герцеговина)

Н. Дель Унто (Швеция)

С. Хермон (Кипр)

Л. Бородкин (Российская Федерация)

Научный редактор:

Гук Дарья Юрьевна

B526 Виртуальная археология. Раскрывая прошлое, обогащая настоящее и формируя будущее : материалы IV Междунар. науч. конф. Красноярск, 20–22 сентября 2021 г. [Электронный ресурс] / науч. ред. Д. Ю. Гук. – Электрон. дан. (24,5 Мб). – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2021. – Электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb Ram ; Windows 98/XP/7 ; Adobe Reader v 8.0 и выше. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-7638-4543-3

Государственный Эрмитаж и Сибирский федеральный университет организовали четвертую встречу специалистов в области виртуальной археологии, чтобы обсудить развитие международного сотрудничества и обучение специалистов, применяющих информационные технологии при исследовании археологических памятников и представлении результатов этих исследований в музейном пространстве.

Издание предназначено для археологов, музейных работников и специалистов по информационным технологиям.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 902.03:004.946(08)

ББК 63.4с51я43

ISBN 978-5-7638-4543-3

© Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург, 2021

© Сибирский федеральный университет, 2021

Электронное научное издание

Редактор русского текста *Я. Н. Лысь*

Редактор английского текста *Е. Г. Гаврилова*

Перевод резюме *Е. Г. Гавриловой*

Макет и верстка *А. А. Быковой*

Автор логотипа «Виртуальная археология» *Д. Ю. Гук*

Подписано в свет 20.08.2021. Заказ № 14145

Тиражируется на машиночитаемых носителях

Библиотечно-издательский комплекс
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел. (391) 206-26-67; <http://bik.sfu-kras.ru>
E-mail: publishing_house@sfu-kras.ru

А. А. Тишкин

Алтайский государственный университет, РФ

С. Ю. Бондаренко

Алтайский государственный аграрный университет, РФ

Ц. Му

Алтайский государственный университет, РФ

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗБИТОГО КЕРАМИЧЕСКОГО СОСУДА

Введение

В ходе археологических раскопок предметы материальной культуры очень часто обнаруживаются разрушенными или в виде отдельных фрагментов. Многие изделия попадают в культурный слой уже в сломанном и деформированном состоянии. Изменения их формы происходят и во время длительного пребывания в грунте, а также под воздействием разных природных и антропогенных факторов. Чтобы восстановить первоначальный облик находок требуется значительное количество времени даже квалифицированным специалистам, а для реставрации еще необходимо соответствующее финансирование.

Такой массовый и разрозненный поселенческий материал, как фрагменты от разбитой керамической посуды, может вообще не использоваться для полной реконструкции ёмкостей в силу недостаточного количества имеющихся частей. Компьютерные технологии в данном случае пока не являются эффективными помощниками, хотя при создании мощной базы данных с хорошо документированной керамикой и с развитием эффективного программного обеспечения вероятность реализации подобной деятельности вполне реальна. Работа в этом направлении набирает обороты не только за рубежом, но и в России (см., например: Зайцев и др. 2021). Более благоприятной является ситуация, когда разрушенный глиняный сосуд находят в жилище, хозяйственной яме, ритуальном объекте или в могиле. Тогда есть возможность его собрать и склеить. Но часто такую работу не получается полностью выполнить из-за того, что каких-то кусков просто не хватает или они повреждены до неузнаваемости. Реставраторы обычно решают эту проблему простым способом: заделывают отсутствующие места мастикой или гипсом (Кириянов 1950). Археологи традиционно осуществляют графическую реконструкцию, руководствуясь ранее сложившимися представлениями (Грязнов 1946). Имеются попытки применения компьютерных технологий для моделирования керамических сосудов на основе обнаруженных фрагментов или для формирования недостающих частей (Беговатов, Кочкина 1993; Сингатулин 2010; Малков, Харинский 2018; и др.). В настоящее время вопросы восстановления внешнего вида археологических находок и успешной автоматизации работы с массовыми материалами раскопок остаются актуальными.

При разработке методики реконструкции формы предметов конечной целью является построение математических моделей геометрии этих объектов. Полученные результаты должны помочь при проведении исследований и дальнейшей реставрации. Уже на основе предварительной компьютерной визуализации для этого могут быть выработаны необходимые решения, а также получены сведения о многих физических свойствах изделия. Модель с полностью восстановленной геометрией позволит определить массово-центровочные и инерционные характеристики конкретного объекта, выполнить его измерения, поставить численный эксперимент по определению напряжённо-деформированного состояния, устойчивости, тепловых, оптических и других свойств. Для этого ещё нужно дополнить геометрическую модель физическими свойствами, смоделировать внешние условия её использования и выполнить соответствующие расчёты. По геометрической модели можно реконструировать технологию производства и способы механической обработки изделия, проверить саму возможность и качество его изготовления выявленным способом. Кроме того, возможна графическая имитация процесса создания предмета материальной культуры. Для этого нужна информация о предполагаемом технологическом процессе, оборудовании и другие сведения, связанные с конкретным производством.

Проблема решения перечисленных и других задач, тем более в которых учитываются физические законы, предполагает применение дифференциальных и интегральных уравнений. Нахождение их решений является крайне сложной задачей. В данной статье не станут затрагиваться расчёты, связанные с физическими процессами. Будет только рассмотрена возможность восстановления чисто геометрических характеристик объекта, не требующих привлечения дополнительной информации. Данный подход обеспечивает своего рода компьютерную «реставрацию» древнего изделия, а также создает условия для реализации современных возможностей его всесторонней презентации и дальнейшего комплексного изучения.

Материалы и методы

Для решения обозначенной задачи в качестве образца привлекался керамический сосуд с утраченными частями, которые составляли 23 % поверхности ёмкости (рис. 1). Он был обнаружен в виде отдельных фрагментов при раскопках кургана № 89 на памятнике Тыткескень-VI в Чемальском районе Республики Алтай (Россия) и относится к характерным изделиям пазырыкской культуры скифо-сакского времени (Кирюшин и др. 2020, с. 51; рис. 55; 56, 1; 58, 9; 59, 1). Была предпринята попытка физически и графически восстановить разбитую ёмкость. Однако при склеивании оказалось, что часть фрагментов по разным причинам утрачена. Кроме этого, не везде обломки хорошо состыковались друг с другом из-за разрушения краёв, что отразилось на внешнем виде восстановленного древнего изделия (рис. 1). Эти и другие изъяны не способствуют адекватному восприятию и презентации сосуда, а также усложняют получение объективной информации о нём и о технологии его изготовления.

Графическая реконструкция (Кирюшин и др. 2020, рис. 59, 1) представлена в одностороннем и схематическом порядке и носит больше условно демонстрационный характер. Для частичного преодоления выше обозначенной ситуации была предпринята компьютерная «реставрация» утраченных мест. Сложность такого процесса заключается в том, что основные пробелы приходятся на довольно крупную область тулова. Заполнение отсутствующих мелких фрагментов решается значительно проще и не вызывает больших погрешностей. Поэтому стоит сосредоточиться на представлении процесса компьютерного «реставрирования» самого большого отсутствующего участка.



Рис. 1
Склеенный керамический сосуд пазырыкской культуры

Для выработки адекватного алгоритма необходимо придерживаться определенной логики, согласно которой будет осуществляться намеченный процесс. Учитывая то, что представленный керамический сосуд является ручной работой, а его геометрия слабо ограничена какой-нибудь механической технологией, кажется, что точно восстановить такую большую область утраты почти невозможно. Основная проблема заключается во множественных вариациях восстановления отсутствующей стенки тулова сосуда, и важно доказать, что процесс компьютерной «реставрации» отражает действительно исходную форму изделия.

Специалист-реставратор, осуществляя подобную работу на реальном горшке, исходит из своего опыта, который базируется не только на большом количестве виденного им материала и на понимании самого процесса изготовления, а зачастую и на представлении, каким должно было быть изделие в гипотетически идеальном случае с учётом качества работы мастера. То есть важно понимать задумку автора-изготовителя и его реальные возможности. Именно последнее утверждение стоит использовать для компьютерного способа «реставрации», который нуждается в чётко поставленной задаче и обоснованной логике исполнения.

Задача восстановления утраченных фрагментов керамического сосуда направлена на построение поверхности, имеющей определённые радиусы кривизны в каждой её точке или ограниченном сегменте. Поэтому сначала надо проанализировать форму сосуда для определения максимальных допусков, уже существующих в его геометрии. Анализ можно проводить с помощью продольных и поперечных сечений, проходящих в заданных местах таким образом, чтобы эти сечения, соединяясь кривыми, наиболее полно повторяли форму сосуда, в результате получая единую трёхмерную форму. Данный процесс построения поверхности по её сечениям, по сути, является плазированием, применяемым для построения сложных математически не описываемых

сплайновых поверхностей (рис. 2). В заданном формате можно построить бесчисленное множество нормальных сечений, которые отличаются направлением и их количеством, а следовательно, и точность расчёта ограничивается лишь временем и вычислительными мощностями.

Анализ полученных сечений хорошо показывает, что рассматриваемый керамический сосуд не являлся телом системного механического вращения, т. е. он не был изготовлен на гончарном круге. Но автор-изготовитель явно стремился к тому, чтобы сделать его «ровным», т. е. достичь определённой геометрии тела вращения. Будем считать это пределом расчётов с учётом погрешностей мастерства и технологии, заложенных в геометрии данной ёмкости (кринки).

Определение того самого «мастерства» изготовителя и возможностей его технологии с точки зрения геометрических выкладок сводится к определению погрешности от той геометрии, которую хотел достичь гончар. Среднеквадратичное отклонение по сечениям варьируется в пределах 5,4 % от округлости по всем сечениям (так же, как и условные центры вращения для каждого из сечений). Учитывая данную информацию и предполагая, что в потерянной геометрии сосуда эта закономерность явно сохранится, можно построить некий коридор максимумов и минимумов координат для каждой точки сосуда, а после определить главные кривизны поверхности, которые являются максимальной и минимальной кривизнами соответственно.

Для того чтобы реализовать намеченную программу, необходимо сначала получить некое облако точек, на основании которого можно построить поверхность. Для построения каждой точки достаточно определить три координаты и иметь функции выполнения операций над её радиус-вектором.

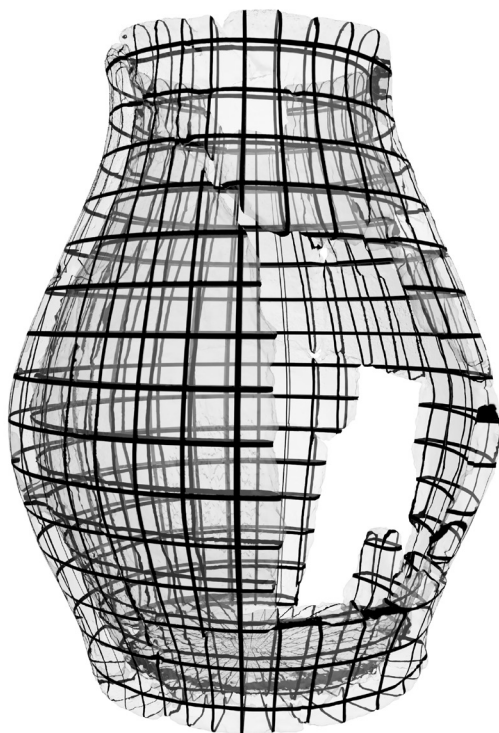


Рис. 2

Построение горизонтальных и вертикальных сечений сосуда

Это потребуется для ответа на вопрос о том, принадлежит ли точка области условной поверхности сосуда с учётом определённых погрешностей (т. е. надо классифицировать точку). Чтобы установить принадлежность точки некой двумерной поверхности, необходимо найти все точки, принадлежащие всем сечениям с условием их пересечения с границами области. Это довольно ресурсоёмкое занятие для обычного компьютера, поэтому был определён шаг сечений в 1 мм, что позволило сократить количество анализируемых сечений до относительно небольшого числа. Далее легко определить принадлежность рассматриваемой точки заданной области. Результатом явилось облако точек, в пределах которого теоретически может находиться геометрия сосуда (рис. 3).

Обозначенное облако точек весьма неоднозначно определяет поверхность. Такую область изменения параметров могут иметь очень многие поверхности. Для построения недостающей части сложной формы необходимы предварительные построения, упрощающие дальнейший процесс. Для нас практическое значение будут иметь пространственные линии и точки, которые находятся в области заданных параметров. Для последующей реконструкции поверхности можно построить два семейства ортогональных, в точке их пересечения, кривых при различных значениях критериев – максимума и минимума. Два таких семейства кривых образуют сетку. Через каждую точку можно провести множество различных кривых, и величина их достоверности будет иметь одно и то же значение, несмотря на то, что у них разная кривизна. Единственным критерием отбора здесь может являться лишь то, что кривизна такой кривой должна быть в интервале кривизны, определяемом максимумом и минимумом нормального сечения в данной точке.



Рис. 3

Сформированное облако точек
(масштаб размеров точек 10:1)

Для реализации такой работы использовались NURBS-кривые (неоднородный рациональный фундаментальный сплайн), построенные на множестве неравноотстоящих узлов. NURBS-кривая представляет собой линейную комбинацию кусочно-полиномиальных функций заданной степени и позволяет строить кривые заданного порядка гладкости.

Допустим, что берётся некая кривая линия в виде соединённого ряда точек. Кривизна такой линии будет меняться в зависимости от того, какие именно точки использовались в качестве опорных для создания данной кривой. На полученном облаке точек можно построить огромное количество подобных кривых, из которых необходимо выбрать наиболее адекватные. Адекватными можно считать те кривые, для которых кривизна нормального сечения принимает максимальное и минимальное значения в заданном выше диапазоне. Так как функции построения подобных кривых не являются независимыми и они связаны между собой уравнениями, то семейство кривых, полностью удовлетворяющих условию, что следующая точка линии не должна выйти за сферу смещения, не будет многочисленным. В результате отбор кривых с максимальной степенью адекватности не представляет особого труда даже в ручном режиме. И это имеет своё преимущество, так как компьютер всё-таки не может полностью заменить человека в области нечёткой логики, он выдаёт на рассмотрение все возможные траектории (рис. 4).

Построение математической модели поверхности происходит аналогично построению кривых. Функции поверхности ограничиваются некоторыми значениями её параметров, и получается геометрическая информация о поверхности в точке, соответствующей данным значениям параметров.



Рис. 4

Семейство ортогональных NURBS-кривых внешней поверхности сосуда, имеющее максимальную степень адекватности

Если некоторая функция поверхности допускает выход значений параметров за область определения, то данный вариант поверхности отбрасывается и в дальнейшем рассмотрении не участвует.

Для построения поверхности на сетке, образованной двумя семействами кривых, были использованы составные поверхности Безье, получающиеся в результате стыковки отдельных поверхностей Безье, имеющих вдоль стыкуемых краев одинаковые степени. Данные поверхности ограничиваются контурами уже существующей поверхности сосуда и её параметрами. Им разрешается принимать значения только внутри области, ограниченной этими контурами.

Так как при поиске параметров линии пересечения в качестве границы можно использовать только габаритный прямоугольник внешнего контура сетки сосуда, то после построения линий пересечения поверхность проверялась на пересечение граничными контурами и отсекалась этими контурами, сохранив только те части, которые лежат внутри реальных областей. После построения геометрии поверхности сосуда она текстурировалась вручную для придания более реалистичного внешнего вида (рис. 5).

Для оцифровки керамического сосуда и получения 3D-модели использовалось программное обеспечение Meshroom и задействовались нейросеть U-Net с предобученными моделями. Для проведения работ по техническому вычислению при компьютерной «реставрации» стенки сосуда привлекался пакет прикладных программ MATLAB версии R2020b. В качестве платформы 3D-визуализации применялся Autodesk 3dsMax 2020 Athena с системой рендеринга V-Ray Next.



Рис. 5

Результат компьютерной «реставрации» отсутствовавшей стенки сосуда

Заключение

Компьютерная «реставрация» пока ещё является довольно трудоёмким и несовершенным процессом с отсутствующей общей методикой и алгоритмами действий. В данной статье предложена для обсуждения логика решения одной из обозначившихся задач. Из неё можно исходить при создании математических моделей всего процесса создания виртуальной идеальной модели, к которой стремился автор-изготовитель, и учёте погрешностей его работы, как неизбежной постоянной составляющей несовершенства технологии, так и переменной составляющей – человеческого фактора. Представленный частный пример может стать основой для дальнейших исследований, связанных с изучением и презентацией керамической посуды пазырыкской культуры.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-39-90022 «Керамическая посуда из памятников пазырыкской культуры скифо-сакского времени: комплексные исследования и реконструкции»).

ЛИТЕРАТУРА

Беговатов, Кочкина 1993

Беговатов Е. А., Кочкина А. Ф. О восстановлении размеров сосудов по фрагментам // Российская археология. 1993. № 3. С. 88–99.

Грязнов 1946

Грязнов М. П. Техника графической реконструкции формы и размеров глиняной посуды по фрагментам // Советская археология. 1946. № VIII. С. 306–318.

Зайцев и др. 2021

Зайцев А. В., Романенко Е. В., Свойский Ю. М., Стоянов Р. В., Горская О. В., Иванчик А. И. Применение трёхмерного моделирования при документировании керамики: индивидуальный и массовый подходы // Археология и геоинформатика. Пятая Международная конференция: тезисы докладов. М., 2021. С. 42–43.

Кирьянов 1950

Кирьянов А. В. Реставрация древней керамики // Краткие сообщения ИИМК. 1950. Вып. XXXI. С. 157–164.

Кирюшин и др. 2020

Кирюшин Ю. Ф., Тишкин А. А., Матренин С. С., Кунгуров А. Л., Семибратов В. П. Тыткескенский археологический микрорайон Северного Алтая: культурно-хронологические комплексы поздней Древности и раннего Средневековья // Археологические памятники Алтая. Вып. 4. Барнаул, 2020.

Малков, Харинский 2018

Малков Ф. С., Харинский А. В. Воссоздание малых недостающих фрагментов керамических сосудов с помощью методов виртуальной реконструкции и 3D-печати // Виртуальная археология (с воздуха, на земле, под водой и в музее). СПб., 2018. С. 109–114.

Сингатулин 2010

Сингатулин Р. А. О некоторых возможностях стереофотограмметрических технологий при исследовании массового керамического материала // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 6. С. 284–286.

альности. Виртуальная реальность или видео 360 – это новый стандарт в кинематографе, когда зритель помещается в центр видео. Зритель больше не является пассивным наблюдателем. Он/она может поворачиваться и взаимодействовать с видео. VR-видео действительно погружает зрителя в снятую сцену. В этой статье мы представляем новые правила кинематографа и грамматику киноязыка VR-видео. Мы знакомим читателей с VR-камерами, основными правилами производства VR-видео, а также с сильными и слабыми сторонами VR-видео в рамках цифрового представления культурного наследия.

Ключевые слова: цифровое культурное наследие, VR-видео, видео 360, виртуальная реальность, интерактивный цифровой сторителлинг.

Keywords: digital cultural heritage, VR video, 360 video, Virtual Reality, interactive digital storytelling.

Перевод Е. Г. Гавриловой

Татьяна Миятович

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОГРАММЕТРИИ

В данной статье рассматривается практическое применение фотограмметрии для документирования культурного наследия во всём его многообразии, поскольку этот метод применим в больших масштабах – от ландшафтов до небольших объектов. Здесь объясняются особые требования, предъявляемые к фотограмметрии в зависимости от масштаба, а также рассказывается о методах визуализации и необходимом оборудовании. На различных примерах из практики в Боснии и Герцеговине продемонстрирована и изучена специфика каждого случая, а также показано, что полученные результаты подходят для целого ряда известных аналитических методов и предлагают множество вариантов презентации. Это ещё и отличное представление о заманчивом методе документирования, который не требует больших финансовых затрат на дорогостоящее оборудование и является одинаково быстрым и надёжным.

Ключевые слова: фотограмметрия, примеры использования, культурное наследие, документация.

Keywords: photogrammetry, case studies, cultural heritage, documentation.

Перевод Е. Г. Гавриловой

Alexey Tishkin, Sergei Bondarenko, Tsinshan Mu

POSSIBILITIES OF THE RECONSTRUCTION OF A BROKEN CERAMIC VESSEL

One of the problems of archaeological research is the reliable restoration of the original appearance of an ancient ceramic pot from its fragments found during excavations. It is still difficult to solve this problem with the help of computer technologies, although certain steps

have already been taken in this direction by foreign and domestic specialists. In reality, during the desk processing of finds, ceramic fragments are manually selected to match each other, sequentially glued, following which further reconstruction of their appearance is performed, as a rule, hypothetically, since it is often not possible to completely restore the pot. In this article, the authors attempt to use a mathematical model to reconstruct the geometric shape of a pot with missing essential pieces found in the Altai burial of the Pazyryk culture. At each stage, based on the implemented computer capabilities, the reliability was checked and, as a result, a complete visual “restoration” was performed. The article shows an algorithm for solving this problem, which can be used to work with other similar finds not only from the monuments of the Pazyryk culture, but also with various archaeological finds of antiquity, the Middle Ages and modern times. To obtain a 3D model of the pot, “Meshroom” software was used, as well as the U-Net neural network with pre-trained models. For the technical calculation during the computer “restoration” of the pot, MATLAB R2020b version application software was used. As a 3D visualization platform, Autodesk 3dsMax 2020 Athena with the V-Ray Next rendering system was used. In addition to describing the entire procedure and the results obtained, the article demonstrates a number of relevant illustrations. The work was partially supported by the Russian Foundation for Fundamental Research (Project № 20-39-90022).

Keywords: Pazyryk culture, Scythian-Saka time, photogrammetry, mathematical model, computer reconstruction.

Ключевые слова: пазырыкская культура, скифо-сакское время, фотограмметрия, математическая модель, компьютерная реконструкция.

Translated by E. Gavrilova

Viktoria Panchenko, Anna Denisova

THREE-DIMENSIONAL MODELS OF MEDIEVAL STONE CROSSES USED AS A MODEL FOR DISPLAYING ARTIFACTS FROM “INACCESSIBLE” PLACES

Medieval stone crosses widespread on the territory of the Novgorod Land in XII–XVI centuries are the monuments that are quite difficult to study. This is due, firstly, to the specifics of their location – few crosses have survived in rather remote villages or forests mostly in Leningrad, Novgorod and Pskov regions. In addition, since the end of the XIX century, stone crosses have been entering the collections of regional and central museums; most of them are not published. By the beginning of the XXI century, crosses that used to belong to one group (for example, coming from the village of Voynosolovo) could be divided – some of them being stored in situ, and some of them being a part of the collection at three or four different museums.

In 2019 the State Hermitage Museum expedition together with the Siberian Federal University started to publish 3D models of the crosses studied during fieldwork on the Hermitage Electronic Encyclopedia website. We also publish crosses which are stored as closed collections. This allows us not only to show qualitative images of artifacts which are difficult to access but also to reconstruct fragmented groups within virtual space.

Keywords: medieval stone crosses, archaeology of Novgorod Land, ancient Russian art, ethnography, museum collections.

Ключевые слова: средневековые каменные кресты, археология Новгородской земли, древнерусское искусство, этнография, музейные коллекции.

Translated by E. Gavrilova

СПИСОК АВТОРОВ / LIST OF AUTHORS

АЛИСПАХИЧ Сельма

Киноакадемия Сараево, Сараевская школа науки и технологий, Босния и Герцеговина

Selma **ALISPANIC**

Sarajevo Film Academy, Sarajevo School of Science and Technology (SSST) University, Bosnia and Herzegovina
ORCID: 0000-0002-3393-354X
ayselma0513@gmail.com

БАТАРШЕВ Сергей Владимирович

Кандидат исторических наук,
ведущий научный сотрудник
ООО «Научно-производственный центр историко-культурной экспертизы», РФ
ORCID: 0000-0002-2995-011X
batar1980@mail.ru

Sergei **BATARSHEV**

Scientific and Production Centre of Historical and Cultural Expertise LLC, Russian Federation

БОНДАРЕНКО Сергей Юрьевич

Алтайский государственный аграрный университет, РФ
ORCID: 0000-0003-4295-4120

Sergei **BONDARENKO**

Altai State Agricultural University, Russian Federation

ВЕБЕР Пиа Патриция

Немецкий музей горного дела в Бохуме, Германия

Pia Patrizia **WEBER**

M.A.
German Mining Museum in Bochum, Germany
ORCID: 0000-0002-4184-415X
pia.weber@bergbaumuseum.de

ГРИГОРЬЕВ Станислав Валентинович

Иркутский национальный исследовательский технический университет, РФ

Stanislav **GRIGORIEV**

Irkutsk National Research Technical University, Russian Federation

ГУК Дарья Юрьевна

Магистр технических наук,
кандидат филологических наук,
старший научный сотрудник
Государственный Эрмитаж, РФ
ORCID: 0000-0002-3380-9426

Daria **HOOKK**

MSc in Engineering, PhD in Philology, Senior Research Fellow
State Hermitage Museum, Russian Federation

ДЕЛЬ УНТО Николо

Лундский университет, Швеция

Nicolò **DELL'UNTO**

Associate Professor
Lund University, Sweden
ORCID: 0000-0003-2831-3378
nicolo.dellunto@ark.lu.se

ДЕНИСОВА Анна Александровна

Младший научный сотрудник лаборатории «Digital Humanities» Гуманитарного института Сибирский федеральный университет, РФ

Anna Aleksandrovna **DENISOVA**

Junior research associate of the laboratory "Digital Humanities" of the Humanitarian Institute Siberian Federal University, Russian Federation

ДОУСОН Иан
Саутгемптонский университет,
Великобритания

Ian **DAWSON**
Southampton University, Great Britain

ИСАЕВА Анастасия Александровна
Иркутский национальный исследовательский
технический университет, РФ

Anastasia **ISAEVA**
Irkutsk National Research Technical University,
Russian Federation

МАЛКОВ Фёдор Сергеевич
Иркутский национальный исследовательский
технический университет, РФ
iksut@yandex.ru

Fedor **MALKOV**
Irkutsk National Research Technical University,
Russian Federation

МИЯТОВИЧ Боян
Киноакадемия Сараево, Босния и Герцеговина

Bojan **MIJATOVIĆ**
Sarajevo Film Academy, Bosnia and Herzegovina
bojan.mijatovic@ssst.edu

МИЯТОВИЧ Татьяна
Университет Сараево, Босния и Герцеговина

Tatjana **MIJATOVIĆ**
University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
mijatovic.tatjana.73@gmail.com

МУ Циньшань
Аспирант
Алтайский государственный университет, РФ

Tsinshan **MU**
Graduate student
Altai State University, Russian Federation
ORCID: 0000-0002-7463-9638

ПАНЧЕНКО Виктория Борисовна
Научный сотрудник
Государственный Эрмитаж, РФ
vikipanch@gmail.com

Vikoria **PANCHENKO**
Research associate
State Hermitage Museum, Russian Federation

ПИКОВ Никита Олегович
Сибирский федеральный университет, РФ
ORCID 0000-0003-0084-2091
npikov@sfu-kras.ru

Nikita **PIKOV**
Siberian Federal University, Russian Federation

ПОНКРАТОВА Ирина Юрьевна
Кандидат исторических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
Северо-Восточный государственный
университет, РФ
ORCID: 0000-0003-3410-3430
ponkratova1@yandex.ru

Irina **PONKRATOVA**
North-Eastern State University, Russian
Federation

РЕЙЛИ Пол
Саутгемптонский университет,
Великобритания

Paul **REILLY**
Visiting Senior Reserch Fellow
Southampton University, UK
ORCID: 0000-0002-8067-8991
p.reilly@soton.ac.uk

РИЗВИЧ Сельма
Университет Сараево, Босния и Герцеговина

Selma **RIZVIĆ**
PhD
University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
ORCID: 0000-0001-7085-7104
srizvic@etf.unsa.ba

СЕНОТРУСОВА Полина Олеговна
Старший научный сотрудник
Сибирский федеральный университет, РФ
ORCID 0000-0003-3969-9907
pollina1987@rambler.ru

Polina **SENOTRUSOVA**
Senior Research Fellow
Siberian Federal University, Russian Federation

ТИШКИН Алексей Алексеевич
Кандидат исторических наук
Алтайский государственный университет, РФ
ORCID: 0000-0002-7769-136X
tishkin210@mail.ru

Alexey **TISHKIN**
Altai State University, Russian Federation

ХЕРМОН Сорин
Кипрский институт, Кипр

Sorin **HERMON**
PhD, Associate professor
Cyprus Institute, Cyprus
ORCID: 0000-0001-6083-7994
sorin.hermon@gmail.com

ШИМЕРЛЬ Николас
Немецкий музей горного дела в Бохуме,
Германия

Nicolas **SCHIMERL**
M.A.
German Mining Museum in Bochum, Germany
ORCID: 0000-0002-0189-5059
Nicolas.Schimerl@bergbaumuseum.de

ШТЁЛЛЬНЕР Томас
Немецкий музей горного дела в Бохуме,
Рурский университет Бохума, Германия

Thomas **STÖLLNER**
Professor for Prehistory
German Mining Museum Bochum,
Ruhr-University Bochum, Germany

СОДЕРЖАНИЕ

P. REILLY, I. DAWSON <i>Towards a virtual art/archaeology</i>	6
И. Ю. ПОНКРАТОВА, С. В. БАТАРШЕВ <i>Русские горизонты «Территории»: опыт организации виртуальной выставки по результатам работ Гижигинской археологической экспедиции</i>	20
N. SCHIMERL, P. P. WEBER, T. STÖLLNER <i>Rethinking the analogue – from virtual archaeology to a digital exhibition</i>	29
B. MIJATOVIĆ, S. RIZVIĆ <i>Virtual Reality video in digital cultural heritage applications</i>	38
T. MIJATOVIĆ <i>Photogrammetry case studies</i>	46
A. А. ТИШКИН, С. Ю. БОНДАРЕНКО, Ц. МУ <i>Возможности компьютерной реконструкции разбитого керамического сосуда</i>	54
В. Б. ПАНЧЕНКО, А. А. ДЕНИСОВА <i>Трёхмерные модели каменных крестов как вариант экспонирования памятников из «недоступных» мест</i>	62
N. DELL'UNTO <i>Shifting Grounds: the archaeological practice in the age of digital technology</i>	67
S. ALISPAHIC, S. RIZVIĆ <i>Acting and directing in digital cultural heritage applications</i>	73
Ф. С. МАЛКОВ, С. В. ГРИГОРЬЕВ, А. А. ИСАЕВА <i>Перспективы применения инструментов управления VR/AR-контентом в археологии</i>	86
П. О. СЕНОТРУСОВА, Н. О. ПИКОВ <i>Образовательные возможности виртуальной археологии (опыт практического использования)</i>	90
S. HERMON <i>Building DIGILAB – towards a data-driven research in cultural heritage</i>	93
D. Yu. HOOKK <i>Virtual archaeology: 10 years in virtual space</i>	97
РЕЗЮМЕ / SUMMARIES	113
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ / LIST OF ABBREVIATIONS	120
СПИСОК АВТОРОВ / LIST OF AUTHORS	121