

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОВОЛЖСКАЯ  
АРХЕОЛОГИЯ

**№ 4 (26)**

**2018**

**Главный редактор**

член-корреспондент АН РТ, доктор исторических наук **А.Г. Ситдиков**

**Заместители главного редактора:**

член-корреспондент АН РТ, доктор исторических наук **Ф.Ш. Хузин**

доктор исторических наук **Ю.А. Зеленев**

Ответственный секретарь – кандидат ветеринарных наук **Г.Ш. Асылгараева**

**Редакционный совет:**

**Р.С. Хакимов** – вице-президент АН РТ (Казань, Россия) (председатель)

**Х.А. Амирханов** – член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, профессор (Москва, Россия)

**И. Бальдауф** – доктор наук, профессор (Берлин, Германия)

**С.Г. Бочаров** – кандидат исторических наук (Казань, Россия)

**П. Георгиев** – доктор наук, доцент (Шумен, Болгария)

**Е.П. Казаков** – доктор исторических наук (Казань, Россия)

**Н.Н. Крадин** – член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, профессор (Владивосток, Россия)

**А. Тюрк** – PhD (Будапешт, Венгрия)

**И. Фодор** – доктор исторических наук, профессор (Будапешт, Венгрия)

**В.Л. Янин** – академик РАН, доктор исторических наук профессор (Москва, Россия)

**Редакционная коллегия:**

**А.А. Выборнов** – доктор исторических наук, профессор (Самара, Россия)

**М.Ш. Галимова** – кандидат исторических наук (Казань, Россия)

**Р.Д. Голдина** – доктор исторических наук, профессор (Ижевск, Россия)

**И.Л. Измайлов** – доктор исторических наук (Казань, Россия)

**С.В. Кузьминых** – кандидат исторических наук (Москва, Россия)

**А.Е. Леонтьев** – доктор исторических наук (Москва, Россия)

**Т.Б. Никитина** – доктор исторических наук (Йошкар-Ола, Россия)

**Ответственный за выпуск:**

**И.Л. Измайлов** – доктор исторических наук (Казань, Россия)

**Адрес редакции:**

420012 г. Казань, ул. Бутлерова, 30

Телефон: (843) 236-55-42

E-mail: [arch.pov@mail.ru](mailto:arch.pov@mail.ru)

<http://archaeologie.pro>

Индекс 80425, каталог «ПОЧТА РОССИИ»

Выходит 4 раза в год

© Академия наук Республики Татарстан, 2018

© ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», 2018

© Журнал «Поволжская археология», 2018

**Editor-in-Chief:**

Corresponding Member of the Tatarstan Academy of Sciences,  
Doctor of Historical Sciences **A. G. Sitdikov**

**Deputy Chief Editors:**

Corresponding Member of the Tatarstan Academy of Sciences, Doctor of Historical Sciences **F. Sh. Khuzin**  
Doctor of Historical Sciences **Yu. A. Zelenev**  
Executive Secretary – Candidate of Veterinary Sciences **G. Sh. Asylgaraeva**

**Executive Editors:**

- R. S. Khakimov** – Vice-Chairman of the Tatarstan Academy of Sciences (Institute of History named after Shigabuddin Mardzhani, Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russian Federation) (chairman)  
**Kh. A. Amirkhanov** – Doctor of Historical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)  
**I. Baldauf** – Doctor Habilitat, Professor (Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany)  
**S. G. Bocharov** – Candidate of Historical Sciences (Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Kazan, Russian Federation)  
**P. Georgiev** – Doctor of Historical Sciences (National Archeological Institute with Museum, Bulgarian Academy of Sciences, Shumen Branch, Shumen, Bulgaria)  
**E. P. Kazakov** – Doctor of Historical Sciences (Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Kazan, Russian Federation)  
**N. N. Kradin** – Doctor of Historical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Institute of History, Archaeology and Ethnology, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation)  
**A. Türk** – PhD (Institute of History, Research Centre for the Humanities, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary)  
**I. Fodor** – Doctor of Historical Sciences, Professor (Hungarian National Museum, Budapest, Hungary)  
**V. L. Yanin** – Doctor of Historical Sciences, Professor (Academician of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

**Editorial Board:**

- A. A. Vybornov** – Doctor of Historical Sciences, Professor (Samara State Academy of Social Sciences and Humanities, Samara, Russian Federation)  
**M. Sh. Galimova** – Candidate of Historical Sciences (Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Kazan, Russian Federation)  
**R. D. Goldina** – Doctor of Historical Sciences, Professor (Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation)  
**I. L. Izmaylov** – Doctor of Historical Sciences (Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Kazan, Russian Federation)  
**S. V. Kuzminykh** – Candidate of Historical Sciences (Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)  
**A. E. Leont'ev** – Doctor of Historical Sciences (Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)  
**T. B. Nikitina** – Doctor of Historical Sciences (Mari Research Institute of Language, Literature and History named after V. M. Vasilyev, Yoshkar-Ola, Russian Federation)

Responsible for Issue – Doctor of Historical Sciences **I. L. Izmaylov**

**Editorial Office Address:**

Butlerov St., 30, Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russian Federation

**Telephone:** (843) 236-55-42

**E-mail:** [arch.pov@mail.ru](mailto:arch.pov@mail.ru)

**http://**[archaeologie.pro](http://archaeologie.pro)

© Tatarstan Academy of Sciences (TAS), 2018

© Mari State University, 2018

© “Povolzhskaya Arkheologiya” Journal, 2018

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Ранняя археология эпохи великого переселения  
и раннего средневековья в археологии Евразии**

*Горбунов В.В. (Барнаул, Россия).*

Пластинчато-кольчатые панцири Западной Сибири и Приуралья  
эпохи Великого переселения народов ..... 8

*Давыдов Р.В., Половников И.С. (Новосибирск, Россия).*

Серебряные серьги из могильника Дялян (Горный Алтай):  
технологический и сравнительно-морфологический анализ ..... 24

*Никитина А.В. (Самара, Россия).*

Керамический комплекс Жигулевского I селища именьковской культуры ..... 41

*Леонтьева А.С. (Москва, Россия).*

Кашинные изделия в погребениях Змейского катакомбного могильника ..... 56

**Археология позднего средневековья и раннего нового времени**

*Бочаров С.Г. (Казань, Россия).*

Нововыявленное селение XIII–XV вв. Керченского полуострова  
(предварительное сообщение по материалам исследований 2018 г.) ..... 71

*Базаров Б.А., Миягашев Д.А., Именохоев Н.В. (Улан-Удэ, Россия),*

*Клементьев А.М. (Иркутск, Россия).*

Раскопки жилища монгольского времени  
на Нур-Тухумском археологическом комплексе ..... 84

*Колесник А.В. (Донецк, Украина), Гусач И.Р. (г. Азов, Россия).*

Ружейные и кресальные кремни из крепости Лютик (XVII–XVIII вв.)  
на Нижнем Дону ..... 98

*Жуковский М.О. (Москва, Россия).*

Средневековые весовые гирьки с подражаниями арабским надписям ..... 117

**Междисциплинарные исследования в археологии**

*Газимзянов И.Р. (Казань, Россия).*

Новые данные по краниологии населения Горного Алтая  
гунно-сарматского времени ..... 137

*Васильев С.В. (Москва, Россия), Новиков А.В. (Кострома, Россия),*

*Боруцкая С.Б. (Москва, Россия).*

Население г. Костромы в XVI–XVIII вв. (антропологическое исследование) ..... 163

*Гольева А.А., Коваль В.Ю., Свирида Н.М. (Москва, Россия).*

Реконструкция хозяйственной деятельности средневекового Болгара  
на основе изучения погребенных почв ..... 175

*Вафина Г.Х., Овечкина Л.В., Садриев Н.Р., Старков А.С. (Казань, Россия).*

О некоторых подходах к построению трехмерных моделей сооружения ..... 193

<i>Лобода А.Ю., Терещенко Е.Ю. (Москва, Россия),</i>	
<i>Антипенко А.В. (Симферополь, Россия), Ретивов В.М., Пресняков М.Ю.,</i>	
<i>Колобылина Н.Н., Кондратьев О.А., Шишина Н.И.,</i>	
<i>Яцишина Е.Б., Кашкаров П.К. (Москва, Россия).</i>	
Методы определения элементного состава металла археологических объектов при коррозионных наслоениях и в ограниченных условиях пробоотбора материала.....	203
<i>АлАсаад Ш. (Дамаск, Сирия).</i>	
Историко-археологическое наследие Пальмиры и его сохранение в условиях военного конфликта.....	222
<b>История археологической науки</b>	
<i>Зеленев Ю.А., Пигарев Е.М. (Йошкар-Ола, Россия).</i>	
Работы археологической экспедиции на Селитренном городище в XXI в. ....	235
<i>Руев В.Л. (Симферополь, Россия).</i>	
К.С. Мережковский – исследователь археологических памятников в Крыму (1879–1880). ....	248
<i>Герцен А.Г., Могаричев Ю.М. (Симферополь, Россия).</i>	
Чуфут-Кале в описании А.С. Уварова.....	264
<i>Байтанаев Б.А. (Алматы, Казахстан).</i>	
Из истории общества археологии, истории и этнографии при Казанском Императорском Университете. ....	284
<b>Критика и библиография</b>	
<i>Пузанов Д.В. (Ижевск, Россия).</i>	
Рецензия на монографию: Хайдаров Т.Ф. «Эпоха «черной смерти» в Золотой Орде и прилегающих регионах». Казань: Институт истории им. Ш. Марджани АН РТ. 2018. 304 С. ....	295
<b>Хроника</b>	
<i>Амиров Ш.Н. (Москва, Россия).</i>	
Рауфу Магомедовичу Мунчаеву – 90 лет! .....	308
<i>Валеев Р.М. (Казань, Россия).</i>	
Константин Александрович Руденко. ....	317
<i>Ситдииков А.Г. (Казань, Россия), Боталов С.Г. (Челябинск, Россия),</i>	
<i>Измайлов И.Л., Красильников П.В. (Казань, Россия).</i>	
Научная конференция «IV Международный Мадьярский Симпозиум». ....	324
<i>Ситдииков А.Г., Шакиров З.Г. (Казань, Россия).</i>	
О работе VIII Международной научной конференции «Диалог городской и степной культур на Евразийском пространстве», посвящённой памяти Г.А. Фёдорова-Давыдова. ....	334
Список сокращений .....	344
Авторский указатель.....	347
Правила для авторов .....	363

CONTENS

**Early Archaeology of the Great Migration period  
and the Early Middle Ages in the Archaeology of Eurasia**

*Gorbunov V.V. (Barnaul, Russian Federation).*

Plate-Ring Armors of Western Siberia and the Urals of the Epoch  
of the Great Migration of Peoples. .... 8

*Davydov R.V., Polovnikov I.S. (Novosibirsk, Russian Federation).*

Silver Earrings from the Dyalyan Burial Ground (Altai Mountains):  
technological and comparative-morphological analyses..... 24

*Nikitina A.V. (Samara, Russian Federation).*

Ceramic Complex of Zhigulevsk I Settlement of Imenkovo Culture ..... 41

*Leontyeva A.S. (Moscow, Russian Federation).*

The Kashi Artefacts in the Burials of the Zmeisky Catacomb Cemetery. .... 56

**Archaeology of the Late Middle Ages and the Early Modern period**

*Bocharov S.G. (Kazan, Russian Federation).*

Newly Discovered Settlement of the 14<sup>th</sup> – 15<sup>th</sup> Centuries On Kerch Peninsula  
(preliminary report on 2018 research materials). .... 71

*Bazarov B.A., Miyagashev D.A., Imenokhoyev N.V. (Ulan-Ude,  
Russian Federation), Klementiev A.M. (Irkutsk, Russian Federation).*

Excavations of Dwelling of Mongolian Period  
on the Nur-Tukhum Archaeological Complex ..... 84

*Kolesnik A.V. (Donetsk, Ukraine), Gusach I.R. (Azov, Russian Federation).*

Gunflints and Fire-Steel Flints from the Fortress of Liutic (XVII–XVIII centuries)  
on the Lower Don Region. .... 98

*Zhukovsky M.O. (Moscow, Russian Federation).*

Medieval Weights with Pseudo-Arabic Inscriptions..... 117

**Interdisciplinary research in archaeology**

*Gazimzyanov I.R. (Kazan, Russian Federation).*

New Information on the Craniology of the Altai Mountains Population  
of the Hun-Sarmatian Period..... 137

*Vasilyev S.V. (Moscow, Russian Federation), Novikov A.V. (Kostroma,  
Russian Federation), Borutskaya S.B. (Moscow, Russian Federation).*

The Population of Kostroma in XVI–XVIII Centuries (anthropological research). ..... 163

*Golyeva A.A., Koval' V.Yu., Svirida N.M. (Moscow, Russian Federation).*

Land Use Reconstruction in the Medieval Bolgar Based on the Study of Buried Soils..... 175

*Vafina G.Kh., Ovechkina L.V., Sadriev N.R., Starkov A.S. (Kazan, Russian Federation).*

Approaches to the Generation of Three-Dimensional Building Models. .... 193

*Loboda A.Yu., Tereshchenko E.Yu. (Moscow, Russian Federation),*

*Antipenko A.V. (Simferopol, Russian Federation), Retivov V.M., Presniakov M.Yu.,*

*Kolobykina N.N., Kondratiev O.A., Shishlina N.I., Yatsishina E.B.,  
Kashkarov P.K. (Moscow, Russian Federation).*  
Local and Integral Techniques in Metal Compositional Analysis of Archaeological  
Objects with Surface Corrosion Layers and Small Sample Quantities..... 203

*AlAsaad S. (Damascus, Syria).*  
Historical and Archaeological Heritage of Palmyra and its Preservation  
in the Conditions of a Military Conflict. .... 222

### History of archaeological science

*Zeleneev Yu.A., Pigarev E.M. (Yoshkar-Ola, Russian Federation).*  
The Work of the Archaeological Expedition at Selitrennoe Residential  
Settlement in the Twenty-First Century..... 235

*Ruev V.L. (Simferopol, Russian Federation).*  
Konstantin Merezhkovsky as an Investigator of the  
Archaeological Monuments of the Crimea (1879–1880)..... 248

*Gerzen A.G., Mogarichev Yu.M. (Simferopol, Russian Federation).*  
Chufut-Kale in the Description of A.S. Uvarov. .... 264

*Baitanayev B.A. (Almaty, Kazakhstan).*  
From the History of Society for Archeology, History  
and Ethnography Affiliated with Kazan Imperial University..... 284

### Critics and Bibliography

*Puzanov D.V. (Izhevsk, Russian Federation).*  
Review of the Monograph T.F. Khaidarov  
“Age of ‘Black Death’ in Golden Horde and Adjacent Regions”  
Kazan: Marjani Institute of History of Academy of Sciences, 2018. 304 P. .... 295

### Chronicle

*Amirov Sh.N. (Moscow, Russian Federation).*  
90<sup>th</sup> Anniversary of Rauf Magomedovich Munchaev. .... 308

*Valeev R.M. (Kazan, Russian Federation).*  
Konstantin Aleksandrovich Rudenko. .... 317

*Sitdikov A.G. (Kazan, Russian Federation),  
Botalov S.G. (Chelyabinsk, Russian Federation),  
Izmailov I.L., Krasilnikov P.V. (Kazan, Russian Federation).*  
Scientific Conference “4<sup>th</sup> International Magyar Symposium” ..... 324

*Sitdikov A.G., Shakirov Z.G. (Kazan, Russian Federation).*  
Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Scientific Conference  
“Dialogue of Urban And Steppe Cultures in the Eurasian Space”  
Dedicated to the Memory of G.A. Fedorov-Davydov..... 334

List of Abbreviations. .... 344

Index of the Authors..... 347

Submissions. .... 363

## О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ПОСТРОЕНИЮ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ СООРУЖЕНИЯ

© 2018 г. Г.Х. Вафина, Л.В. Овечкина, Н.Р. Садриев, А.С. Старков

В статье приводится описание двух подходов к построению трехмерных моделей деревянных объектов на примере сооружения № 41, исследованного в раскопе «Татарская слободка» в селе Свяжск в 2011–2014 гг. Первый подход заключается в фотографировании собранного в пространстве сооружения и дальнейшее ее построение в программе Agisoft Photoscan. Модель, полученную таким способом, авторы назвали "монолитной". Второй подход основан на сборе сооружения на единой платформе из отдельных моделей деревянных элементов, входящих в его состав. Таким образом, авторами была построена "сборная" модель. В основе этих двух подходов лежат методы фотограмметрии. В ходе исследования было проведено сравнение методов получения "монолитной" и "сборной" моделей, каждая из которых имеет ряд преимуществ и недостатков. "Монолитная" отличается высокой скоростью получения модели и малым объемом занимаемой памяти. "Сборная" позволяет компоновать модель сооружения из элементов в компьютере без его фактического сбора в пространстве.

**Ключевые слова:** археология, фотограмметрия, Свяжск, сооружение, трехмерная модель, "монолитная" модель, "сборная" модель.

**Фотограмметрия в археологических исследованиях.** В век информационных технологий фотограмметрия как инструмент сохранения объектов культурного наследия находит широкое применение в археологических кругах. Помимо фотофиксации раскопов, склепов, погребений, горнов и других стационарных объектов, которые обнаруживаются во время полевых исследований, технологии фотограмметрии применяются и для построения моделей таких портативных объектов, как, например, археологические находки.

Метод фотограмметрии позволяет на основании наборов перекрывающихся фотоснимков определять положение и ориентацию камеры во время съемки, а также реконструировать плотные облака точек, полигональные модели по рассчитанной информации,

на основе чего могут быть сгенерированы цифровые модели и ортофотопланы (Смекалова, Кутайсов, 2017). Достоинством данного метода является быстрое и высокоточное получение достоверной информации о форме, размерах и пространственном положении объекта съемки, получение необходимой информации о текстуре, цвете объекта (Алексеева, Тышкевич, 2015). Построение трехмерных моделей артефактов позволяет проводить многократные измерения и исследования дистанционно и не разрушая объект интереса.

Фотограмметрические модели позволяют наиболее точно передать геометрию моделей (Кривошеков, 2013). На получаемых цифровых моделях можно проводить любые измерения, расчеты, получать разрезы, изучать положение отдельных элементов под



любым углом и с разных ракурсов, переводить их при необходимости в двухмерные чертежи и т. д. (Гусев, Ражев, 2014).

В рамках работ, связанных с созданием музея археологического дерева, был сформирован электронно-цифровой архив деревянных предметов, найденных в ходе археологических работ в раскопе «Татарская слободка» с. Свияжск.

#### **Раскоп «Татарская Слободка».**

Археологические исследования на месте создания музея археологического дерева были проведены в 2011–2014 гг. в северо-восточной части с. Свияжск, на береговой линии. Эта территория в XVI–XVII вв. была занята посадом города-крепости. Работы были проведены силами сотрудников Института археологии им. А.Х. Халикова АН РТ, на общей площади около 2100 кв. м. Результатом проведенных археологических работ стало выявление остатков деревянной средневековой застройки, представленными остатками крупных жилых и хозяйственных построек, разделенные между собой сетью оград, улиц, переулков, тупиков. Мощность культурного археологического слоя достигала 300 см.

В ходе работ было выявлено более 250 сооружений, в том числе остатки деревянных надворных и заглубленных в землю построек XVI–XVIII вв., многочисленные хозяйственные ямы. В соответствии со стратиграфическими наблюдениями до XVIII в. на данной территории насчитывается до 4 строительных периодов, состоящих из около 80 деревянных сооружений XVI–XVII вв.

I период (верхний) (конец XVII – начало XVIII в.) – представлен остат-

ками 8–9 домовладений и 25 построек, 6 из которых, вероятно, носили жилой характер.

II период (середина XVII – конец XVII в.) – представлен 8 домовладениями, 7–8 домовладений из 24 построек, 4 из которых носили жилой характер.

III период (начало XVII – середина XVII в.) – представлен 8–9 домовладениями из 20 построек, 6 из которых носили жилой характер.

IV период (XVI – начало XVII в.) – представлен 7 домовладениями из 10 построек, 2 из которых носили жилой характер (*Старков, в подгот.*).

**Построение трехмерных моделей сооружения.** Общее количество деревянных элементов, из которых состояли обнаруженные конструкции, достигает 3200 единиц. Часть из них под действием различных факторов, ключевую роль в которых играет время, имеет плохую сохранность и непригодна для проведения фотографической съемки.

Однако большая часть найденных деревянных предметов находится в достаточно хорошем состоянии и удовлетворяет условиям проведения съемки с использованием методов фотограмметрии.

Более трех тысяч деревянных предметов было сфотографировано по специально разработанной методике. Полученные снимки затем применялись для создания трехмерных моделей. Кроме построения пространственных моделей бревен, были созданы десятки трехмерных моделей собранных сооружений.

На основе полученных материалов была предпринята попытка проведения сравнительного анализа трехмерных моделей, полученных двумя



Рис. 1. "Монолитная" модель сооружения.

Fig. 1. "Monolithic" building model.

способами, в основе которых лежат методы фотограмметрии.

Одна модель создавалась в ходе фотографирования сооружения в собранном виде. Бревна были скомпонованы и подвешены в музее таким образом, как они располагались в раскопе во время их обнаружения. Этот собранный объект фотографировался с разных ракурсов и по серии фотографий получалась пространственная модель. Другими словами, создавалась одна «монолитная» модель объекта.

А другая модель собиралась на единой платформе из моделей отдельных бревен, созданных так же методами фотограмметрии. Каждое бревно, входящее в состав сооружения, фотографировалось отдельно, создавалась ее трехмерная модель. А затем в программе Autodesk 3ds Max все бревна объединялись в одно сооружение. Модель, созданную таким образом, назовем «сборной».

Естественно, что для получения этих двух моделей требуются разные усилия, затрачивается разное время съемки и обработки фотографий. В рамках данной работы мы рассматриваем некоторые преимущества и недостатки в создании «монолитной» и «сборной» модели.

Сравнение этих двух подходов к построению трехмерных моделей продемонстрируем на примере сооружения № 41, которое имеет вид сруба, из яруса II раскопа «Татарская слободка». По данным дендрохронологического исследования оно датируется XVII в. Данное сооружение имеет хорошую сохранность, состоит из 7 предметов.

**«Монолитная» модель сооружения.** Для построения «монолитной» модели сооружения было сфотографировано в собранном виде, подвешенном на потолке музея археологии дерева (рис. 1).

Фотофиксация имела ряд особенностей, связанных с пространственным размещением объекта фотографирования. Во-первых, сооружение было массивно, следовательно, неподъемно, а это значит, что не было возможности развернуть объект так, как это было необходимо с учетом особенностей освещения. Во-вторых, сооружение было подвешено, что создавало сложности фотографирования, – требовались дополнительные приспособления, в частности леса и стремянки, чтобы сфотографировать объект со всех сторон. Методика съемки предполагает фотографирование с перекрытием, поэтому затрачивалось

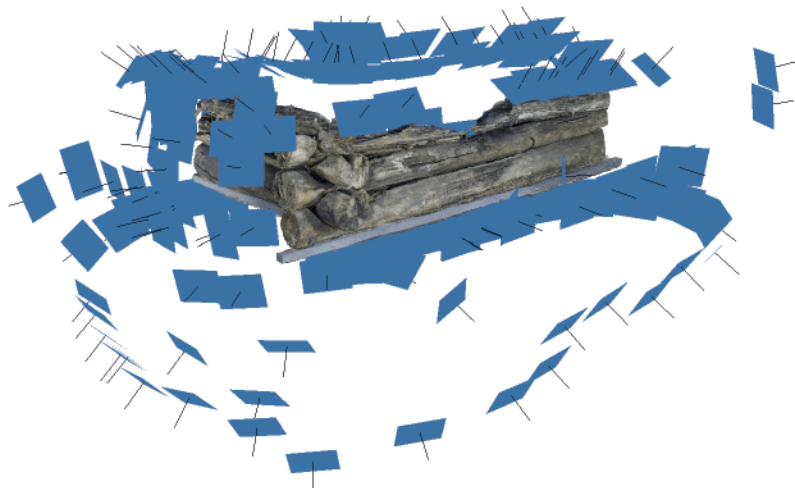


Рис. 2. Положение камер «монолитной» модели.

Fig. 2. Arrangement of chambers in a “monolithic” model.

много времени на последовательную смену положения фотографа в пространстве.

Описанным методом на сооружение № 41 было сделано 174 снимка (рис. 2). Фотографирование производилось на фотоаппарат Canon 650D. Время проведения съемки рассчитывалось по данным из первого и последнего снимка серии фотографий. На съемку данного сооружения был затрачен 1 ч 21 мин.

Построение модели производилось в специальной программе Agisoft PhotoScan. Данная программа успешно применяется как для трехмерной реконструкции больших площадных раскопов при съемке с летательного аппарата, дрона (Verhoeven, 2013), подводной археологии и исследования затонувших объектов или целых поселений (Таскаев, 2010), получения моделей пещер (Леонов, Аникушкин, 2014), петроглифов и наскальных рисунков (Казиков, 2016), так и для документирования небольших археологических находок (Поврозник,

2015). Наложение масок на фотографии для исключения нежелательного фона из обработки в данном случае не было необходимым. Мы пренебрегли этим, так как это было бы весьма времязатратным в связи с тем, что объект имеет на каждой фотографии сложную конфигурацию. Вместо наложения масок мы вырезали некорректные точки после построения плотного облака точек.

Всего модель сооружения № 41 содержит 21 908 565 точек плотного облака. Показателем качества, детальности модели можно назвать количество полигонов на модели. Их насчитывается 1 043 824.

Время компьютерной реконструкции без учета времени, затраченного на организацию процесса обработки заняло 53 минуты.

Итоговый размер папки, содержащей модель сооружения вместе с фотографиями, имеет вес 1,98 ГБ.

**«Сборная» модель.** Второй подход заключался в построении моделей отдельных предметов (рис. 3), входя-



Рис. 3. Модель бревна, входящего в состав "сборной" модели.

Fig. 3. Model of a log comprising a "collective" model.

щих в состав сооружения, и компоновке их уже в электронном варианте.

Для каждого деревянного предмета была построена отдельная модель в программе Agisoft PhotoScan. Затем эти модели собирались в сооружение по схемам, предоставленным археологами, в программе Autodesk 3ds Max (рис. 4). Таким образом получалась «сборная» модель сооружения (рис. 5).

Методика съемки бревна несколько отличается от методики съемки сооружения. При фотофиксации поворачивалось бревно для получения серии фотографий, покрывающей всю поверхность предмета. При этом брев-

но по отношению к источнику света размещалось так, чтобы на предмет фотографирования не попадали посторонние тени и предметы, в частности тени фотографа. Тем самым необходимость наложения масок на сам предмет отпадала. Маски накладывались только на пространство вокруг бревна, так как оно каждый раз поворачивалось в среднем на  $45^\circ$ , а фон оставался неизменным, что в свою очередь могло привести к некорректной сшивке фотографий.

Всего для построения 7 моделей бревен потребовалось сделать 1251 кадр. В среднем на каждое бревно было сделано по 178 снимка (рис. 6).

Рис. 4. Бревна, входящие в состав сооружения №41.

Fig. 4. Logs from building No.41.



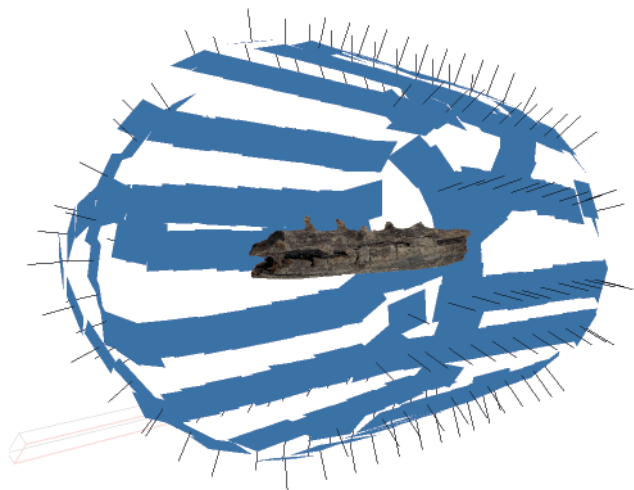


Рис. 5. "Сборная" модель сооружения № 41.

Fig. 5. "Collective" model of building No.41.

На съемку было затрачено 4 часа 30 минут, а на дальнейшую обработку – 6 часов 35 минут 36 секунд. При этом затрачивалось примерно 5 часов 12 минут на наложение масок при средней скорости накладывания 4 маски/минуту.

Плотное облако полученной модели насчитывает 164 745 830 точек, а модель состоит из 8 190 282 полигонов. Итоговая папка, содержащая модель сооружения вместе с фотографиями, занимает объем памяти в 10,1 ГБ.

**Сравнительный анализ «монолитной» и «сборной» моделей.** Мы применили два разных подхода к построению модели одного и того же сооружения. Каждая из использованных методов имеет свои преимущества и недостатки.

Для сравнения результатов этих способов использовался ряд критериев, который представлен в таблице 1.

Если сравнивать скорость фотофиксации и построения модели, то здесь явное превосходство «моно-

Рис. 6. Положение камер бревна, входящего в 41 сооружение.

Fig. 6. Arrangement of log chambers from building No. 41.



Таблица 1.

Сравнительные характеристики "монолитной" и "сборной" моделей.

Критерий	"Монолитная" модель	"Сборная" модель	Отношение параметров "сборной" модели к "монолитной"
Количество фотографий	174	1251	7,2
Время проведения съемки	1ч 21 мин.	4 ч 30 мин	3,3
Время накладывания маски	-	5 ч 12 мин	-
Время обработки (построения плотного облака точек, модели и текстуры)	23 мин 57 сек	2 ч 43 мин 8 сек	6,8
Время поиска соответствий и выравнивания	29 мин 03 сек	3ч 52 мин 28 сек	8
Количество точек плотного облака	21 908 565	164 745 830	7,5
Количество полигонов модели	1 043 824	8 190 282	7,8
Количество вершин модели	522 070	4 095 259	7,8
Вес готового файла	1,98 ГБ	10,1 ГБ	5,1

литной» модели. На «сборную» модель мы потратили в 7 раз больше усилий, так как создавали 7 моделей. Как известно, чаще всего если мы выигрываем в качестве, то мы неизбежно проигрываем в количестве. На «сборную» модель мы сделали в 7,2 раза больше фотографий, которые в 7,4 раза дольше обрабатывали. Но вместе с тем мы получили модель, количество плотных точек которой в 7,5 раза, а полигонов и вершин в 7,8 раза больше, следовательно, и детальнее, подробнее, чем у «монолитной».

Недостатком «монолитной» модели можно назвать его статичность. В ходе сборки сооружения каждое бревно может иметь множество различных положений в пространстве, но человек, собирающий его, располагает одним-единственным образом. В дальнейшем построенная модель монолитного сооружения не может изменяться. В этой модели мы не можем подвинуть бревно, убрать или заменить его. Изменение положения бревен в сооружении могло бы от-

крыть новые горизонты для научных археологических поисков и заставить по-новому взглянуть на объект исследования. В связи с этим «сборная» модель является более перспективной для дальнейших исследований сооружения с использованием электронно-цифровых ресурсов.

При формировании архива немаловажную роль играет объем памяти, занимаемый каждым объектом. Файл модели сооружения не содержит сами изображения, а только ссылается на их расположение на компьютере. В связи с этим для работы с моделью в программе Agisoft Photoscan необходимо наличие папки с фотографиями. Вес готового файла «монолитной» модели в 5,1 раз меньше, чем «сборной». Это значит, что для хранения «монолитной» модели нужно меньше места на диске.

Таким образом, мы пришли к выводу, что если перед исследователем стоит задача визуализации сооружения в короткие сроки, то лучше подойдет применение метода «моно-

литной» модели. Если по каким-либо причинам отсутствует возможность сборки сооружения в пространстве, то можно построить модели отдельных бревен, входящих в состав сооружения, и собрать их воедино методом «сборной» модели.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеева А.С., Тышкевич А.В.* Применение метода цифровой фотограмметрии как средства моделирования в обследовании и реконструкции памятников архитектуры // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы 15 Между-нар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 30 октября 2015г. / Отв. ред. Г.М. Скибин. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова ЮРГПУ (НПИ), 2015. С. 1–8.
2. *Гусев Ал.В., Ражев ДИ., Слепченко С.М., Зайцева О.В., Пушкарев А.А., Водясов Е.В., Вавулин М.В.* Археологических комплекс Зеленый Яр: новые технологии полевых исследований // Уральский исторический вестник. 2014. № 2(43). С. 89–96.
3. *Казаков В.В.* Применение информационных технологий в задачах лаборатории мультидисциплинарных исследований первобытного искусства Евразии НГУ // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2016. Т. 14. № 4. С. 50–57.
4. *Кривошеков С.А.* Способы определения размеров объектов и расстояний между ними по изображению, зафиксированному фото- или видеокамерой с неизвестными параметрами, при помощи фотограмметрического программного обеспечения // Теория и практика судебной экспертизы. 2013. №3(31). С. 46–52.
5. *Леонов А.В., Аникушкин М.Н., Бобков А.Е., Рысь И.В., Козликин М.Б., Шуньков М.В., Деревянко А.П., Батулин Ю.М.* Создание виртуальной 3D-модели Денисовой пещеры // Археология, этнография и антропология Евразии. 2014. № 3(59). С. 14–20.
6. *Поврозник Н.Г.* Виртуальный музей: сохранение и репрезентация историко-культурного наследия. // Вестник Пермского университета. Серия История. 2015. Вып. 4(31). С. 213–221.
7. *Смекалова Т.Н., Кутайсов В.А.* Археологический атлас Северо-Западного Крыма. Эпоха поздней бронзы. Ранний железный век. Античность / Археологические атласы Северного Причерноморья. Т. II. Вып. XVIII. СПб: Алетейя, 2017, 448 с.
8. *Старков А.С.* в подгот. Отчет об археологических исследованиях "Татарская Слободка" на территории села Свияжск в Зеленодольском районе Республики Татарстан в 2012 году / НФ МАРТ ИА им. А.Х. Халикова.
9. *Таскаев В.Н.* Методика проведения подводно-археологических работ // Вопросы подводной археологии. 2010. № 1. С. 45–95.
10. Verhoeven G., Sevara Ch., Karel W., Ressel C., Doneus M., Briese Ch. Undistorting the Past: New Techniques for Orthorectification of Archaeological Aerial Frame Imagery // Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites. Dordrecht: Springer International Publishing. 2013. P. 31–68.

### Информация об авторах:

**Вафина Гульнур Харисовна**, техник, Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ (г. Казань, Россия); vafina.gulnur5@mail.ru

**Овечкина Людмила Викторовна**, техник, Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ (г. Казань, Россия); olv93@mail.ru

**Садриев Наиль Равилевич**, научный сотрудник, Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ (г. Казань, Россия); nail.sad@mail.ru

**Старков Андрей Сергеевич**, младший научный сотрудник, Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ (г. Казань, Россия); 2647425@mail.ru

## APPROACHES TO THE GENERATION OF THREE-DIMENSIONAL BUILDING MODELS

G.Kh. Vafina, L.V. Ovechkina, N.R. Sadriev, A.S. Starkov

The authors describe two approaches to the construction of three-dimensional models of wooden objects on the example of building No. 41, found in the excavation "Tatar Slobodka" in the village of Sviyazhsk in 2011–2014. The first approach is to photograph the assembled space in the building and continue its construction in the program Agisoft Photoscan. The model obtained in this way, has been called by the authors "monolithic". The second approach is based on the collection of structures on a single platform from individual models of wooden elements that make up its structure. Thus a "combined" model has been constructed by the authors. Two approaches was based on photogrammetry methods. In the course of the study, a comparison was made between the methods of obtaining "monolithic" and "composite" models, each of which has a number of advantages and disadvantages. "Monolithic" is characterized by high speed of the model and a small amount of memory. "Combined" model allows you to compose the model of the building from the elements in the computer without its actual collection in space.

**Keywords:** archaeology, photogrammetry, Sviyazhsk, construction, three-dimensional model, "monolithic" model, "composite" model.

### REFERENCES

1. Alekseeva, A. S., Tyshkevich, A. V. 2015. In Skibin, G. M. (ed.). *Informatsionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemykh zdaniy i sooruzheniy (Information technologies in inspection of the operated buildings and constructions)*. Novocherkassk: Platov South-Russian State Polytechnic University, 1–8 (in Russian).
2. Gusev, Al. V., Razhev, D I., Slepchenko S. M., Zaytseva, O. V., Pushkarev, A. A., Vodyasov, E. V., Vavulin, M. V. 2014. In *Ural'skiy istoricheskiy vestnik (Ural Historical Journal)* 2 (43). 89–96 (in Russian).
3. Kazakov, V. V. 2016. In *Vestnik NGU (Vestnik Novosibirsk State University Series: Information Technologies)*. 14 (4). 50–57 (in Russian).
4. Krivoshhekov, S. A. 2013. In *Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy (Theory and Practice of Forensic Science)*. 3(31). 46–52 (in Russian).
5. Leonov, A. V., Anikushkin, M. N., Bobkov, A. E., Rys', I. V., Kozlikin, M. B., Shun'kov, M.V., Derevyanko, A. P., Baturin, Yu. M. 2014. In *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii (Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia)* 59 (3), 14–20 (in Russian).
6. Povroznik, N. G. 2015. In *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Istoriya» (Bulletin of the Perm University. History Series)* 31 (4), 213–221 (in Russian).
7. Smekalova, T. N., Kutaysov, V. A. 2017. *Arkheologicheskie atlasy Severnogo Prichernomor'ya (Archaeological Atlases of the Northern Black Sea Region)* II (XVIII). Saint Petersburg: "Aleteyya" Publ. (in Russian).
8. Starkov, A. S. (in preparation). *Otchet ob arkheologicheskikh issledovaniyakh "Tatarskaya Slobodka" na territorii sela Sviyazhsk v Zelenodol'skom rayone Respubliki Tatarstan v 2012 godu (Report on Archaeological Research "Tatarskaya Slobodka" in the Territory of Sviyazhsk Village in the Zelenodolsk District of the Republic of Tatarstan in 2012)*. Kazan. Scientific Fund of the Museum of Archaeology of the Republic of Tatarstan, Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Tatarstan Academy of Sciences (in Russian).
9. Taskaev, V. N. 2010. In *Voprosy podvodnoy arkheologii (Issues of Underwater Archaeology)* 1. 45–95 (in Russian).



10. Verhoeven, G., Sevara, Ch., Karel, W., Ressel, C., Doneus, M., Briese, Ch. 2013. In *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Dordrecht: Springer International Publishing. 31–68.

**About the Authors:**

**Vafina Gulnur Kh.** Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Tatarstan Academy of Sciences. Butlerov Str., 30, Kazan, 420012, the Republic of Tatarstan, Russian Federation; vafina.gulnur5@mail.ru

**Ovechkina Lyudmila V.** Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Tatarstan Academy of Sciences. Butlerov Str., 30, Kazan, 420012, the Republic of Tatarstan, Russian Federation; olv93@mail.ru

**Sadriev Nail R.** Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Tatarstan Academy of Sciences. Butlerov Str., 30, Kazan, 420012, the Republic of Tatarstan, Russian Federation; nail.sad@mail.ru

**Starkov Andrej S.** Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Tatarstan Academy of Sciences. Butlerov Str., 30, Kazan, 420012, the Republic of Tatarstan, Russian Federation; 2647425@mail.ru

Статья поступила в номер 01.11.2018 г.