

**Поволжье и Урал**

УДК 004.94+726.825.2; 7.04; 930.271

<https://doi.org/10.24852/2587-6112.2024.3.8.13>**ОПЫТ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ КАСИМОВСКИХ МУСУЛЬМАНСКИХ СРЕДНЕВЕКОВЫХ НАДГРОБИЙ**

©2024 г. В.В. Агеев, М.Д. Дынин

В статье описывается первый опыт изучения касимовских мусульманских памятников с помощью трехмерных моделей. Для исследования были выбраны надгробия XVI–XVII вв. из мавзолеев Шах-Али-хана и Афган-Мухаммед-султана. Цифровое документирование памятников производилось по стандартам, разработанным лабораторией RSSDA. На полевом этапе проводилась съемка с помощью фотокамеры. Из полученных снимков создавались модели с возможностью применения различных алгоритмов для улучшения их чтения. В результате удалось сохранить эти памятники в цифровом виде и виртуально реконструировать некоторые из них, проверить и скорректировать предшествующих исследователей. Было отмечено плохое физическое состояние памятников. С помощью математической визуализации поверхности удалось частично восстановить текст эпитафии, ранее недоступной для чтения.

**Ключевые слова:** археология, цифровые гуманитарные науки, касимовские татары, восточная эпиграфика, культурное наследие народов России, позднее средневековье.

**EXPERIENCE OF 3D-MODELING IN THE STUDY OF MUSLIM MEDIEVAL GRAVESTONES IN KASIMOV**

V.V. Ageev, M.D. Dynin

The article presents the first experience of studying the Muslim monuments in Kasimov with the help of three-dimensional computer graphics. The gravestones of the XVI–XVII centuries from the mausoleums of Shahghali Khan and Afghan-Muhammad Sultan were chosen for the study. Digital documentation of the sites was done according to the standards developed by RSSDA laboratory. At the field phase, photography was carried out using a camera. Models were created from the captured images with the possibility of applying different algorithms to improve their reading. As a result, it was possible to digitally preserve these monuments and virtually reconstruct some of them, verifying and correcting previous researchers. The poor physical condition of the sites was noted. It was possible to reconstruct partially the text of the epitaph, previously difficult for reading, with the help of mathematical surface visualization.

**Keywords:** archaeology, digital humanities, Kasimov Tatars, oriental epigraphy, cultural heritage of the peoples of Russia, late Middle Ages

Касимовские мусульманские средневековые надгробия принято относить к надгробным памятникам Среднего Поволжья XVI–XVII вв. (Әхмәтжанов, 2011, с. 10–13, 16, 19–37, 178–179, 181–186; Мухаметшин, 2008, с. 45–46, 51–52, 53 и др.; Юсупов, 1960, с. 5), генетически связанных с более ранними болгарскими памятниками периода Золотой Орды (Мухаметшин, 2008, с. 20–56; Юсупов, 1960, с. 146–147, 157–159, 161, 164–165 и др.). На эту связь указывали также П.С. Паллас (Паллас, 1773, с. 192) и В.В. Вельяминов-Зернов (Вельяминов-Зернов, 1863, с. 547–558). Последний отмечал, что приводимое изречение на надгробиях в мавзолее

Шах-Али-хана, приписываемое пророку Мухаммеду, содержится в надписи вокруг дверного проема мавзолея Джанике-ханым (дочери Тохтамыш) в Крыму и на надгробии 1696/7 г. у с. Большие Нырси в Татарстане (Вельяминов-Зернов, 1863, с. 545). Однако не все средневековые мусульманские памятники Касимова связаны со Средним Поволжьем. 4 надгробия из мавзолея Афган-Мухаммед-султана сходны с памятниками типа саркофаг, экспонируемыми в лапидарии исторического музея «Ичери-шехер» в Баку, и мемориального комплекса Мухаммед Садика в пос. Лангар возле Шахрисабза в Узбекистане. Таким образом, большинство касимовских мусульман-

ских средневековых надгробий является отражением культурных традиций Золотой Орды в Касимовском Поочье.

В рамках проекта по созданию базы данных «Касимовский мусульманский некрополь» 14–17 октября 2022 г. сотрудниками лаборатории RSSDA была произведена фотосъемка надгробных памятников в Касимове для создания трехмерных моделей фотограмметрическим способом<sup>1</sup>. Выбор метода был обусловлен задачами, поставленными в рамках проекта: а) создание цифровых образов касимовских надгробий в условиях продолжающегося разрушения памятников; б) прочтение надписей на надгробиях и изучение их носителей; в) виртуальная сборка надгробий, большая часть которых на данный момент фрагментирована; г) публикация и онлайн-презентация памятников.

В мавзолее Шах-Али-хана было задокументировано 29 имеющих текст или/и орнамент фрагментов от надгробий второй половины XVI в., 1 надгробие, датирующееся не ранее начала XVII в., а также плита с надписью над входом. В мавзолее Афган-Мухаммед-султана задокументировано 2 целых памятника и 2 фрагмента от одного надгробия середины XVII в., а также плита над входом, имеющая надпись. Помимо этого, были задокументированы 2 фрагмента от разных надгробий XVII в., хранящиеся на момент фиксации в мавзолее Афган-Мухаммед-султана и перенесенные туда со Старопосадского кладбища, а также 2 надгробия конца XVIII — середины XIX вв. на городском мусульманском кладбище.

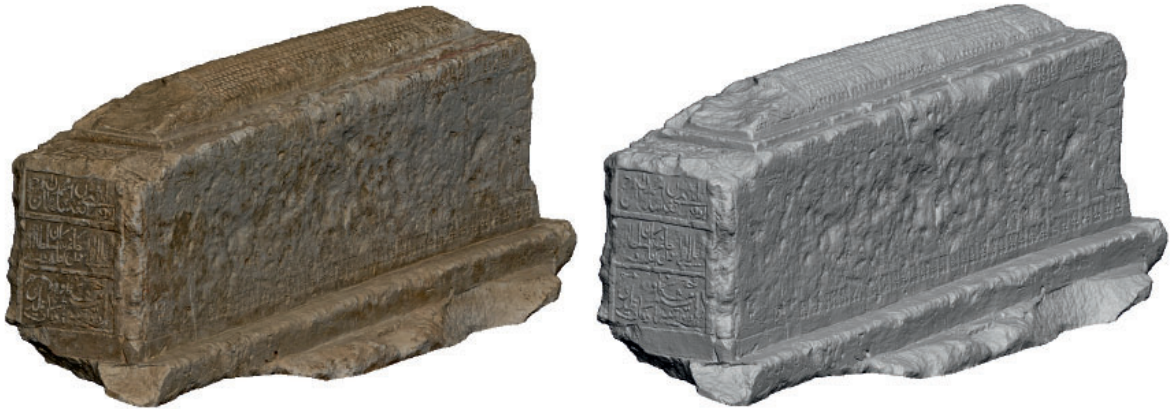
Документирование памятников культурного наследия методами трехмерного моделирования и применение различных алгоритмов математической визуализации поверхности модели для их изучения широко распространились в последнее десятилетие как в зарубежной науке (*Epigraphy in the Digital Age...*, 2021), так и в российской (*Археология и геоинформатика...*, 2023). Проекты цифрового документирования были реализованы в последние годы и в рамках исследований татарских надгробий (Сайфутдинова, Вафина, 2018; Гайнуллин, Абдуллин, Касимов, Гайнутдинов, Хамидуллин, Багаутдинова, 2023; *Археология и геоинформатика...*, 2023, с. 54–55).

Данный проект в методологическом отношении является продолжением ряда проектов

цифрового документирования, осуществленных лабораторией RSSDA, и опирается на методику сбора и обработки данных, разработанную лабораторией для документирования памятников эпиграфики (Авдеев, Свойский, 2019). Съемка производилась с помощью фотокамеры Sony A7RII с полнокадровой матрицей (42 Мп), оснащенной объективом Sony FE 50mm f/2.5 G. Равномерность освещения всех участков объекта обеспечивалась за счет накамерного кольцевого осветителя. Съемка выполнялась с расстояния 40–60 см. Во всех случаях, когда это было возможно, съемка выполнялась по замкнутой схеме расположения камер. Помимо общего принципа необходимости максимальной полноты документирования объекта, в случае с касимовскими надгробиями было важно получить замкнутую модель из-за наличия на многих фрагментах надписей с четырех сторон, а также для дальнейшей сборки фрагментов. Стенные плиты, массивные саркофаги и фрагменты надгробий, вмонтированные в постаменты, были сняты по незамкнутой схеме расположения камер. Расположенные на высоте 3–4 м от земли надписи над входами в мавзолеи документировались камерой, закрепленной на геодезической вехе и управляемой дистанционно. В среднем на каждый объект было сделано 500–800 фотографий, в особо сложных случаях это количество доходило до 1200.

В результате моделирования были получены мастер-модели полной детальности, которые ввиду своего размера (200–600 млн полигонов в среднем, до 1,2 млрд полигонов для особо крупных объектов) требуют уменьшения, чтобы их можно было открыть даже на мощном компьютере. Поэтому на их основе был сформирован набор моделей для исследовательских и презентационных целей: модели размером 70–80 млн полигонов (средний размер ребра полигона — от 0,06 до 0,28 мм; плотность — от 3 до 65 тыс. полигонов на см<sup>2</sup>), которые послужили основой для создания растровых рендеров (рис. 1) и применения алгоритмов математической визуализации поверхности, и модели размером 50 млн полигонов, которые были преобразованы в веб-версии для облегченного доступа исследователей и презентации в сети.

При работе с текстами надписей использовался встроенный инструмент визуализации



**Рис. 1.** Надгробие Афган-Мухаммед-султана. Мавзолей Афган-Мухаммед-султана, Касимов. Трехмерная полигональная модель VE1265 с текстурой и без текстуры.

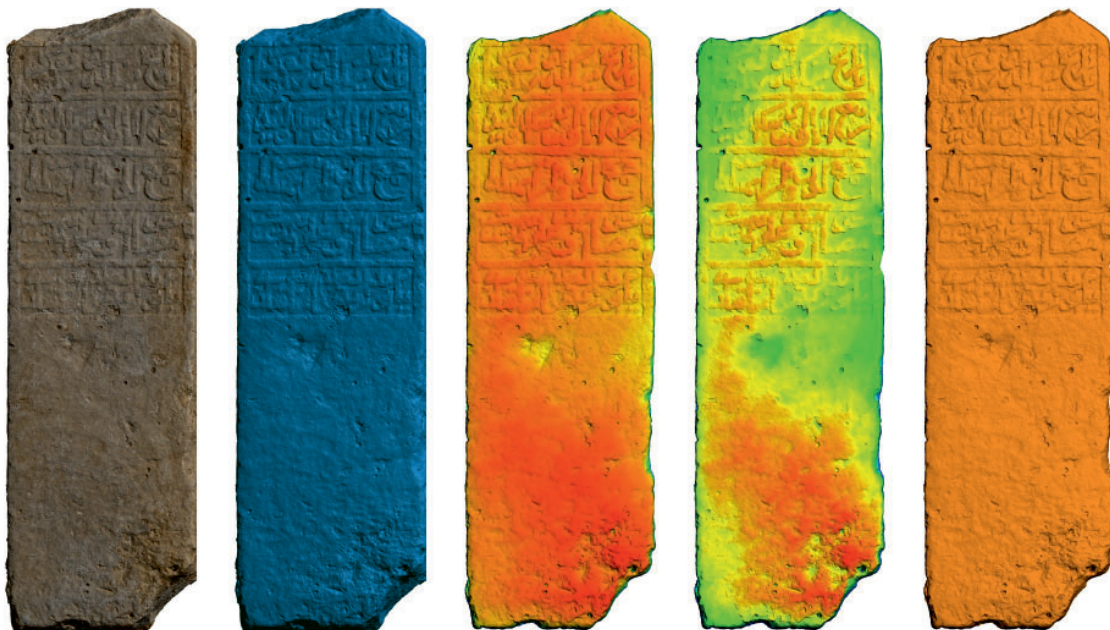
**Fig. 1.** Gravestone of Afghan-Muhammad Sultan. Mausoleum of Afghan-Muhammad Sultan, Kasimov. 3D polygonal model VE1265 with texture and without texture.

поверхности модели искусственными тенями. Для надписей, чтение которых затруднительно ввиду их плохой сохранности, были применены матрицы высот — алгоритм визуализации поверхности модели, который подразумевает присвоение поверхности условного цвета в зависимости от особенностей ее геометрии (рис. 2). Различные цветовые схемы матриц высот основаны на относительной высоте, угле или направлении наклона каждого участка поверхности.

В ходе работы с трехмерными моделями удалось соотнести между собой фрагменты

надгробий и провести виртуальную сборку некоторых из них (рис. 3). На данный момент удалось воссоединить фрагменты 6 надгробий. Для точности сборки лицевая поверхность каждого фрагмента вписывалась в условную плоскость и затем выравнивалась по ней. При этом, для готовыхборок в качестве контрольной процедуры применялись матрицы высот, что позволяло выявить и исправить неровно соединенные участки.

Полевое документирование и последующая работа с цифровыми образами позволили осветить целый ряд вопросов. Установлено,



**Рис. 2.** Надгробие. Мавзолей Шах-Али-хана, Касимов. Матрица высот, построенная на основе трехмерной полигональной модели VE1242.

**Fig. 2.** Gravestone. Mausoleum of Shahghali Khan, Kasimov. Elevation map based on the 3D polygonal model VE1242.



**Рис. 3.** Надгробие Шах-Али-хана. Мавзолей Шах-Али-хана, Касимов.

Трехмерная полигональная модель VE1374 с текстурой и без текстуры.

**Fig. 3.** Gravestone of Shahghali Khan. Mausoleum of Khan Shahghali, Kasimov.

3D polygonal model VE1374 with texture and without texture.

ваны с помощью фотографии и эстампажа в 1880-е гг. (Дело Императорской Археологической комиссии..., 1886, л. 45, 74–79), практически полностью сбиты. Плохое физическое состояние надгробий в мавзолее Афган-Мухаммед-султана отмечал М.И. Ахметзянов (Әхмәтжанов, 2011, с. 31–34, 184–186).

При сверке опубликованных В.В. Вельяминовым-Зерновым снимков (Вельяминов-Зернов, 1863, табл. III–IV; Вельяминов-Зернов, 1864, табл. II) и наших 3D-моделей выявлены различия между ними (например, разное расположение слов и букв в 3-й строчке лицевой стороны надгробия Шах-Али-хана (рис. 3)). С помощью математической визуализации поверхности надгробия в мавзолее Шах-Али-хана, выявленного после В.В. Вельяминова-Зернова, удалось частично восстановить текст эпитафии, который не смог разобрать Р.А. Бултачеев (рис. 2) (Акимов, 2004, с. 157–158). Благодаря этому надгробие было отнесено нами ко времени, не ранее начала XVII в. Был также детально зафиксирован растительный и геометрический орнамент надгробных памятников в мавзолее Афган-Мухаммед-султана, ранее практически никем не изученный.

Таким образом, в ходе наших работ впервые создаются цифровые образы сохранившихся касимовских мусульманских надгробий XVI–XVII вв. Сейчас это особенно актуально, когда эти исторически значимые памятники продолжают разрушаться. 3D-модели позволяют уточнить наши представления о памятниках из более ранних исследований. При этом было установлено, что фиксация надписей, произведенная в 1860-е гг. Х. Фаизхановым и В.В. Вельяминовым-Зерновым, в целом, выполнена достаточно точно. Имеющийся к настоящему времени материал (3D-модели, опубликованные и неопубликованные тексты эпитафий) создает базу для новой уточненной публикации этих памятников, работа над которой уже ведется.

что с момента посещения Касимова в 1863 г. В.В. Вельяминовым-Зерновым (Вельяминов-Зернов, 1864, с. I–XVI) в мавзолее Шах-Али-хана произошли изменения, отмеченные Р.А. Бултачеевым в 2003 г. (Акимов, 2004, с. 155–165). Так, не был обнаружен фрагмент надгробия Маг-султан. Надгробия Шах-Али-хана (рис. 3), Абдуллы-султана и Буляк-Шад были расколоты на 3 части, а не на две, как у В.В. Вельяминова-Зернова; один фрагмент от последнего находился в подвальном помещении. Нами было выявлено также одно надгробие, не учтенное В.В. Вельяминовым-Зерновым, но исследованное Р.А. Бултачеевым (рис. 2) (Акимов, 2004, с. 157–158). Происхождение этого памятника еще предстоит установить. В мавзолее Афган-Мухаммед-султана сохранилось 3 памятника (Афган-Мухаммед-султана, Тюге-султана и Ай-ханым) из 4 обнаруженных в ходе раскопок в мавзолее в 1880-е гг. (рис. 1) (Селиванов, 1888; Отчет о деятельности..., 1888, с. 194). Однако они имеют множество сколов, один памятник (Тюге-султана) расколот на 2 части, в ряде случаев тексты эпитафий, которые были зафиксиро-

**Благодарности:**

Авторы выражают благодарность Ф.Ф. Назипову (Казань) за помощь в прочтении текста.

**Примечание:**

<sup>1</sup> В съемке участвовали: М.Д. Дынин, М.Б. Бодрова, А.П. Гирич, Д.В. Тронин. Организационную поддержку осуществил М.А. Кураев, финансовую — А.А. Брундуков. Посильную помощь в работах оказал О.В. Милованов. Авторы также выражают благодарность Ю.М. Свойскому, Е.В. Романенко и Ю.А. Мироновой за помощь при организации полевых работ и обработке данных.

**ЛИТЕРАТУРА**

Авдеев А.Г., Свойский Ю.М. Методы документирования эпиграфических памятников Московской Руси в рамках свода русских надписей (CIR) // Вопросы эпиграфики. Вып. X / Отв. ред. А.Г. Авдеев. М.: Русский фонд содействия образованию и науке, 2019. С. 229–260.

Акимов В.В. Касимовские татары. М.: Вече, 2004. 192 с.

Археология и геоинформатика. Шестая международная конференция. Тезисы докладов / Отв. ред. Д.С. Коробов. М.: ИА РАН, 2023. 88 с.

Әхмәтҗанов М.И. XVII–XVIII ғасыр татар ташбилгеләре. Казан, 2011. 260 б.

Вельяминов-Зернов В.В. Исследование о касимовских царях и царевичах. 2-е изд. СПб.: В тип. Имп. Академии наук. Часть первая. (с четырьмя таблицами). 1863. XIII, 558 с.

Вельяминов-Зернов В.В. Исследование о касимовских царях и царевичах. Ч. 2. СПб.: в типографии Императорской Академии Наук, 1864. [6], XVI, 498 с., 2 л. ил.

Гайнуллин И.И., Абдуллин Х.М., Касимов А.В., Гайнутдинов А.М., Хамидуллин С.М., Багаутдинова Л.Н. Документирование булгаро-татарских эпиграфических памятников современными методами // Восток (Orient). 2023. № 6. С. 29–41.

Дело Императорской Археологической комиссии о сношениях с Археологическим институтом и Губернскими архивными комиссиями, к установлению единства действий в делах исследования памятников древности // Рукописный архив ИИМК РАН. Ф. 1. 1886. № 43.

Мухаметшин Д.Г. Татарские эпиграфические памятники. Региональные особенности и этнокультурные варианты / Археология евразийских степей. Вып. 6. Казань: ИА АН РТ, 2008. 132 с.

Отчет о деятельности Рязанской Ученой Архивной Комиссии за 1887 г. // Труды РУАК за 1887 год. Т. II. Вып. 8. Рязань, 1888. С. 192–198.

Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российской Империи. Ч. 1. СПб: Имп. Акад. наук, 1773. 773 с.

Сайфутдинова Г.М., Вафина Г.Х. Трёхмерное представление надгробных камней и территории кладбища Биш-Балта // Виртуальная археология (с воздуха, на земле, под водой и в музее): материалы Международного форума, состоявшегося в Государственном Эрмитаже 28–30 мая 2018 г. СПб.: изд-во Гос. Эрмитажа, 2018. С. 199–203.

Селиванов А.В. Раскопки в г. Касимове в 1886 г. // Труды РУАК за 1887 год. Т. II. Вып. 2. Рязань, 1888. С. 28–30.

Юсупов Г.В. Введение в булгаро-татарскую эпиграфику. М.-Л.: АН СССР, 1960. 322 с.

Epigraphy in the Digital Age. Opportunities and Challenges in the Recording, Analysis and Dissemination of Inscriptions / ed. by I.V. Soriano and D.E. Espinosa. Oxford: Archaeopress, 2021. 239 pp.

**Информация об авторах:**

**Агеев Вадим Вячеславович**, научный сотрудник, Научно-производственный центр «Рязанская археологическая экспедиция» (г. Рязань, Россия), vadi-agee@yandex.ru

**Дынин Михаил Данилович**, сотрудник, Лаборатория RSSDA (г. Москва, Россия); стажер-исследователь, Институт цифровых гуманитарных инициатив Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (г. Москва, Россия), mdynin7@gmail.com

**REFERENCES**

Avdeev, A.G., Svoyskiy, Yu. M. 2019. In Avdeev, A.G. (ed.). *Voprosy epigrafiki (Issues of Epigraphy)* X. Moscow: Russian Foundation for the Promotion of Education and Science, 229–260 (in Russian).

Akimov, V. V. 2004. *Kasimovskie tatory (The Kasimov Tatars)*. Moscow: “Veche” Publ. (in Russian).

Korobov, D. S. (ed.). 2023. *Arkheologiya i geoinformatika. Shestaya mezhdunarodnaya konferentsiya (Archaeology And Geoinformatics Sixth International Conference)*. Moscow: Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences (in Russian).

Akhmetzyanov, M. I. 2011. *XVII–XVIII gasyr tatar tashbilgeläre (Tatar stone sculptures of the XVI–XVIII centuries)*. Kazan (in Tatar).

Velyaminov-Zernov, V. V. 1863. *Issledovanie o kasimovskikh tsariakh i tsarevichakh (Study on Qasim Tsars and Princes) I*. Saint Petersburg: Typography of the Imperial Academy of Sciences (in Russian).

Velyaminov-Zernov, V. V. 1864. *Issledovanie o kasimovskikh tsariakh i tsarevichakh (Study on Qasim Tsars and Princes) II*. Saint Petersburg: Typography of the Imperial Academy of Sciences (in Russian).

Gaynullin, I. I., Abdullin, Kh. M., Kasimov, A. V., Gaynutdinov, A. M., Khamidullin, S. M., Bagautdinova, L. N. 2023. In *Vostok (Oriens)* 6, 29–41 (in Russian).

1886. *Delo Imperatorskoy Arkheologicheskoy komissii o snosheniyakh s Arkheologicheskim institutom i Gubernskimi arkhivnymi komissiyami, k ustanovleniyu edinstva deystviy v delakh issledovaniya pamyatnikov drevnosti*

(*The case of the Imperial Archaeological Commission on relations with the Archaeological Institute and the Provincial Archival Commissions, to establish unity of action in the study of ancient monuments*). Manuscript Archive of Institute for the History of Material Culture, Russian Academy of Sciences. Fund 1, dossier 43 (in Russian).

Mukhametshin, D. G. 2008. *Tatarskie epigraficheskie pamiatniki. Regional'nye osobennosti i etnokul'turnye varianty (Tatar epigraphic sites. Regional features and ethnic-cultural versions)*. Series: *Arkheologiya evraziiskikh stepei (Archaeology of the Eurasian Steppes)* 6. Kazan: Institute of History, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (in Russian).

In 1888. *Trudy Ryazanskoj Uchenoy Arkhivnoy Komissii (Proceedings of the Ryazan Scientific Archival Commission) II (8)*. Ryazan, 192–198 (in Russian).

Pallas, P. S. 1773. *Puteshestvie po raznym provintsiiam Rossiiskoi imperii (Traveling across Various Provinces of the Russian Empire)*. Part 1. Saint Petersburg: Typography of the Imperial Academy of Sciences (in Russian).

Sayfutdinova, G. M., Vafina, G. Kh. 2018. In *Virtual'naia arkheologiya (effektivnost' metodov) (Virtual Archaeology (Method Efficiency))*. Saint Petersburg: The State Hermitage Museum, 199–203 (in Russian).

Selivanov, A. V. 1888. In *Trudy Ryazanskoj Uchenoy Arkhivnoy Komissii (Proceedings of the Ryazan Scientific Archival Commission) II (2)*. Ryazan, 28–30 (in Russian).

Yusupov, G. V. 1960. *Vvedenie v bulgaro-tatarskuyu epigrafiku (Introduction to the Bolgar-Tatar Epigraphy)*. Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of the USSR (in Russian).

Soriano, I. V., Espinosa, D. E. (eds.). 2021. *Epigraphy in the Digital Age. Opportunities and Challenges in the Recording, Analysis and Dissemination of Inscriptions*. Oxford: Archaeopress.

#### About the Authors:

**Ageev Vadim V.**, Scientific and Production Center "Ryazan Archaeological Expedition". Esenin., str., 29, office 2/1, Ryazan, 390023, Russian Federation; vadi-agee@yandex.ru

**Dynin Mikhail D.** RSSDA Laboratory. Moscow, Russian Federation; HSE University. Pokrovsky boulevard, 11, Moscow, 109028, Russian Federation; mdynin7@gmail.com



Статья поступила в журнал 01.02.2024 г.  
Статья принята к публикации 01.04.2024 г.  
Авторы внесли равноценный вклад в работу