

The background of the cover is a historical map of Saint-Petersburg, showing the city's layout, including the Neva River and various canals. Overlaid on the map is a semi-transparent image of a stone ruin, featuring several large arches and a column, likely representing archaeological remains from the city's history.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ МАТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ

БЮЛЛЕТЕНЬ

13

ОХРАННАЯ АРХЕОЛОГИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2022



**ИНСТИТУТ ИСТОРИИ МАТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**



**ПАЛЬМИРА. ТРИУМФАЛЬНАЯ АРКА
PALMYRA. TRIUMPHAL ARCH**

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE FOR THE HISTORY OF MATERIAL CULTURE

BULLETIN

№ 13

RESCUE ARCHAEOLOGY



ST. PETERSBURG

2022

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ МАТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ

БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 13

ОХРАННАЯ АРХЕОЛОГИЯ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2022

УДК 902/904
ББК 63.4
Б98

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2

Рецензенты:

А. В. Поляков (ИИМК РАН)
И. Л. Тихонов (Институт истории СПбГУ)

Ответственный редактор: Н. Ф. Соловьева

Технический редактор, оформитель: С. Л. Соловьев
Корректор: А. О. Поликарпова

Бюллетень Института истории материальной культуры Российской академии наук:
(охранная археология). [№] 13 / науч. ред. Н. Ф. Соловьева, С. Л. Соловьев;
ИИМК РАН. – СПб.: Изд-во ООО «Невская Типография», 2022. – 194 с. : ил.

Bulletin of the Institute for the History of Material Culture Russian Academy of Sciences:
(rescue archaeology). [№] 13 / ed. by N. F. Soloveva, S. L. Solovyev;
IHMC RAS. – SPb.: Publishing House LLC «Nevsky Printing House», 2022. – 194 pp. : ill.

Специальный выпуск Бюллетеня посвящен одному из самых масштабных и амбициозных международных проектов – Реставрация Триумфальной Арки Пальмиры (III в.) – города, являющегося визитной карточкой Сирии и одним из самых известных архитектурных памятников из списка Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО. Осенью 2015 г. весь мир облетели кадры взрыва Арки террористами. Действия боевиков ИГИЛ (запрещенная в России террористическая организация) были названы преступлением против цивилизации и подвергнуты единодушной критике всем культурным сообществом. Ответом на варварские действия стало появление целого ряда инициативных проектов по спасению памятника. Осенью 2021 г. было принято решение о реставрации Арки усилиями всей России. Весной 2022 г. договор о реставрации Триумфальной Арки Пальмиры был подписан между Институтом истории материальной культуры Российской академии наук, Департаментом древностей и музеев Сирии и Сирийским фонд развития. Проект выполняется объединенным российско-сирийским творческим коллективом под эгидой Русского географического общества при поддержке Минобороны России и Посольства РФ в Сирии. В настоящем выпуске Бюллетеня представлены статьи российских участников проекта о результатах работы 2022 г.

The special issue of the Bulletin is dedicated to one of the most ambitious international projects – the Restoration of the Triumphal Arch of Palmyra (3rd century AD) – the symbol of Syria, the world’s most famous architectural structure of the UNESCO World Cultural Heritage Site – famous Palmyra. In the fall of 2015 photos of the explosion of the Arch by terrorists flew around the world. The actions of ISIS (the terrorist organization banned in Russia) militants have been called a crime against civilization and subjected to unanimous criticism of the entire cultural community. The response to the barbaric actions was the emergence of a number of initiative projects to save the monument. In the autumn of 2021 it was decided to restore the Arch by the efforts of the whole of Russia. In the spring of 2022 an agreement on the restoration of the Palmyra Triumphal Arch was signed between the Institute for the History of Material Culture of the Russian Academy of Sciences, the Department of Antiquities and Museums of Syria and the Syrian trust for Development. The project is being implemented by a joint Russian-Syrian creative team under the auspices of the Russian Geographical Society with the support of the Russian Ministry of Defense and the Russian Embassy in Syria. This issue of the Bulletin presents articles by Russian participants of the project on the results of work in 2022.

ISBN 978-5-907298-39-2

© ИИМК РАН, Санкт-Петербург, 2022
© Центр спасательной археологии ИИМК РАН, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	7
История строительства, изучения и реставрации Триумфальной Арки Пальмиры	11
<i>О.А. Кузеванов, М.С. Тушкина, А.В. Трынова</i>	
Триумфальная Арка Пальмиры. Посттравматическое реагирование. Археологические исследования	19
<i>Н.Ф. Соловьева, С.Л. Соловьев</i>	
Археологические находки из раскопок Триумфальной Арки в Пальмире	47
<i>Ф.Ш. Аминов, С.Л. Соловьев</i>	
Цифровые технологии в проекте «Реставрация Триумфальной Арки Пальмиры»	65
<i>Е.К. Блохин, Р.С. Малай, Я.А. Низов</i>	
Архитектурная обработка археологических исследований на примере Триумфальной арки Пальмиры	80
<i>Р.С. Малай, Б.М. Атаянц, Е.А. Малай, М.С. Тушкина, П.Д. Котелевец</i>	
Техническое состояние конструкций Триумфальной Арки Пальмиры	105
<i>П.П. Дейчук</i>	
Основные подходы к реставрации Триумфальной Арки Пальмиры	113
<i>Н.И. Явейн, Г.В. Иванов, И.В. Сабанцев, О.А. Блинов, Д.П. Кресов</i>	
Реконструкция первоначального вида Триумфальной Арки в свете новых данных	128
<i>М.Б. Атаянц, А.А. Уваров, Е.О. Юрков</i>	
Природные и искусственные материалы конструкций Триумфальной Арки в Пальмире.	155
<i>А.М. Харитонов, Е.Г. Панова, Н.Н. Шангина, Д.В. Редькин, Д.С. Сизов</i>	
К вопросу об идеологическом и проектном подходе к реставрации Триумфальной Арки Пальмиры методом анастилоза	175
<i>Н.И. Явейн, Г.В. Иванов, И.В. Сабанцев, О.А. Блинов, Д.П. Кресов</i>	
Символизм Арки Пальмиры и особенности реставрационных работ с памятниками-символами	187
<i>А.В. Михайлов, В.Э. Трушковский</i>	

CONTENTS

<i>Preface</i>	7
History of the Construction, Study and Restoration of the Triumphal Arch of Palmyra	11
<i>O. A. Kuzevanov, M. S. Tushkina, A. V. Trynova</i>	
The Triumphal Arch of Palmyra. Post-Traumatic Reaction. Archaeological research	19
<i>N. F. Soloveva, S. L. Solovyev</i>	
Archaeological Finds from the Excavations of the Triumphal Arch in Palmyra	47
<i>F. Sh. Aminov, S. L. Solovyev</i>	
Digital Technologies in the Project «Restoration of the Triumphal Arch of Palmyra»	65
<i>E. K. Blokhin, R. S. Malay, Y. A. Nizov</i>	
Architectural Processing of Archeological Research Exemplified by Palmyra's Triumphal Arch	80
<i>R. S. Malay, B. M. Atayants, E. A. Malay, M. S. Tushkina, P. D. Kotelevets</i>	
Technical Condition of the Structures of Palmyra's Triumphal Arch	105
<i>P. P. Deychuk</i>	
Basic Approaches to Restoration of Palmyra's Triumphal Arch	113
<i>N. I. Yavein, G. V. Ivanov, I. V. Sabantsev, O. A. Blinov, D. P. Kresov</i>	
Reconstructing the Initial Appearance of the Triumphal Arch in the Light of New Data	128
<i>B. M. Atayants, A. A. Uvarov, E. O. Yurkov</i>	
Natural and Artificial Materials Used in the Triumphal Arch Structures in Palmyra	155
<i>A. M. Kharitonov, E. G. Panova, N. N. Shangina, D. V. Red'kin, D. S. Sizov</i>	
On the Issue of the Ideological and Design Approach to the Restoration of the Triumphal Arch of Palmyra by the Method of Anastylosis	175
<i>N. I. Yavein, G. V. Ivanov, I. V. Sabantsev, O. A. Blinov, D. P. Kresov</i>	
The Symbolism of the Palmyra Arch and the Features of Restoration Work with Symbolic Monuments	187
<i>A. V. Mikhaylov, V. E. Trushkovsky</i>	



Предисловие

Preface

Триумфальная Арка Пальмиры – визитная карточка Сирии – самое известное за пределами страны сооружение поздней Античности. Осенью 2015 г. весь мир облетели кадры взрывов террористами объектов культурного наследия города: храма Бэла, храма Баалшамина, уникальных погребальных башен и Триумфальной Арки. Преступные деяния боевиков ИГИЛ (террористическая организация, запрещенная в России) были подвергнуты единодушной критике всем мировым культурным сообществом. Особой болью весть о взрыве Арки отозвалась в сердцах россиян, ведь все, кто учился в пятом классе советской и российской средней школы, начинали свое знакомство и любовь к Античности, открывая ставший

The Triumphal Arch of Palmyra is the visiting card of Syria and the most famous construction of late antiquity outside the country. In the Autumn of 2015, shots of explosions of cultural heritage sites of the city performed by terrorists flew around the world: the Bel Temple, the Baalshamin Temple, the unique funeral towers and the Triumphal Arch. The criminal acts of ISIS (the terrorist organization banned in Russia) fighters were unanimously criticized by the entire cultural community of the world. The Arch explosion news responded with special pain in the hearts of the Russians. Everyone who studied in the fifth grade of the Soviet and the Russian school began their acquaintance and love of antiquity, opening the ancient world history textbook by

легендарным учебник Ф.П. Коровкина по истории древнего мира, на обложке которого размещена фотография Арки Пальмиры.

Уже в конце 2015 г. в разных точках земного шара появилась серия инициативных проектов сохранения и восстановления уникального памятника. Осенью 2016 г. сразу после освобождения и проведенного российскими саперами гуманитарного разминирования Пальмиры группа отечественных специалистов под руководством Института истории материальной культуры Российской академии наук (ИИМК РАН) предложила и реализовала проект «Пальмира во времени и пространстве», включающий создание уникальной 3D-модели всей территории памятника и ГИС-Пальмира. Модель была передана в дар Сирийской Арабской Республике и в ЮНЕСКО.

Но вопрос реставрации Триумфальной Арки оставался открытым. Конечно, специалисты осознавали, что реализация такого масштабного проекта возможна лишь объединенными усилиями всех неравнодушных. Осенью 2021 г. было принято решение, что работы будут выполняться совместными усилиями российских и сирийских специалистов под эгидой Русского географического общества (РГО) при поддержке Минобороны России. С сирийской стороны проект курирует Министерство культуры, в работе примут участие специалисты Генерального департамента древностей и музеев Сирии (ДГАМ), будет привлечено население современного города Тадмор, на окраине которого расположена Пальмира.

Научное руководство проектом возложено на Центр спасательной археологии Института истории материальной культуры Российской академии наук (ЦСА ИИМК РАН). Центр создал уникальный временный научный творческий коллектив, в который вошли лучшие специалисты Санкт-Петербурга и России: ООО «Архитектурное бюро «Студия 44» Никиты Явейна, ООО «Архитектурная мастерская М. Атаянца», ученые Санкт-Петербургского государственного университета, члены ИКОМОС Россия и региональной общественной организации содействия развитию реставрационной отрасли «Союз реставраторов Санкт-Петербурга», руководители и сотрудники ООО «АЖИО», ООО «ЛСУ» и ООО «Бастион».

F. P. Korovkin that has become a legendary book, on the cover of which was a photograph of the Arch of Palmyra.

By the end of 2015, a series of projects for the conservation and restoration of the unique monument was launched in different parts of the globe. In the Autumn of 2016, immediately after the liberation of Palmyra and mine clearing performed by the unit of Russian sappers, a group of Russian experts under the leadership of the Institute for the History of Material Culture of the Russian Academy of Sciences (IHMK RAS), proposed and implemented the “Palmyra in Time and Space” project, including the creation of a unique 3D model of the entire area of the monument and “GIS Palmyra”. The model was donated to the Syrian Arab Republic and to UNESCO.

But the issue of restoration of the Triumphal Arch remained open. Of course, experts realized that the implementation of such a large-scale project is possible only by the combined efforts of all those who are not indifferent. In the Autumn of 2021, it was decided that the work would be carried out by the joint efforts of Russian and Syrian experts under the auspices of the Russian Geographical Society (RGO) with the support of the Russian Ministry of Defense. On the Syrian side, the project is supervised by the Ministry of Culture, specialists from the General Department of Antiquities and Museums of Syria (DGAM). The population of the modern city of Tadmor will be attracted to take part in the work, on the outskirts of which Palmyra is located.

The scientific management of the project is entrusted to the Rescue Archeology Center of the Institute for the History of Material Culture of the Russian Academy of Sciences (RAC IHMC RAS). The Center created a unique temporary scientific creative team, which included the best specialists of St. Petersburg and Russia: Architectural Bureau Studio 44 of Nikita Yaveina, Architectural Workshop of M. Atayants, scientists of St. Petersburg State University, members of ICOMOS Russia and the regional public organization for the development of St. Petersburg restoration industry, managers, and employees of (OOO) “Azhio” LLC, (OOO) “LSU” LLC, and (OOO) “Bastion” LLC.

Реализация проекта началась весной 2022 г. после подписания «Меморандума о взаимопонимании в области реставрации Триумфальной Арки Пальмиры» между ДГАМ, Сирийским фондом развития и ИИМК РАН.

За прошедший год совместными усилиями российских и сирийских специалистов сделано много: выполнен весь объем посттравматического реагирования, проведены археологические раскопки, собраны пробы и выполнены анализы материалов, проведено геологическое обследование, созданы новые трехмерные цифровые модели Арки, выполнена цифровая реконструкция ее исторического облика, определены методы реставрации. Первые результаты всех проведенных исследований представлены в виде статей в настоящем сборнике. Хочу особо подчеркнуть значение этого издания: дело в том, что до работ нашего коллектива практически никаких исследований Триумфальной Арки не проводилось. Исключения составляют изыскания (и единственная посвященная им статья), связанные с реставрацией Арки французскими специалистами под руководством Робера Ами в 30-х гг. XX в.

Выполнение столь большого объема работы за короткий срок стало возможным исключительно благодаря поддержке организаций и отдельных людей. Финансирование комплексных научных исследований взяло на себя Минобрнауки России. Работы весной 2022 г. по разбору образовавшегося в результате взрыва завала профинансировал Сирийский фонд развития. Пребывание в Пальмире и любые работы на памятнике всегда обеспечивали специалисты Национального центра управления обороной Российской Федерации (НЦУО РФ) и Группировки войск (сил) ВС РФ в САР при поддержке лично генерал-полковника М.Е. Мизинцева. Непосредственное участие в работе экспедиции приняли специалисты Топографической службы Вооруженных сил Российской Федерации. Постоянную помощь в осуществлении взаимодействия с сирийскими государственными органами оказывает Посольство Российской Федерации в Сирийской Арабской Республике и лично Специальный представитель Президента Российской Федерации по развитию отношений с Сирийской Арабской Республикой, Чрезвычайный и Полномочный Посол Российской

The project was launched in the spring of 2022 after the signing of the “Memorandum of Understanding in the Field of Restoration of the Triumphal Arch of Palmyra” between the DGAM, the Syrian Trust for Development Fund and the IHMC RAS.

Over the past year, a lot has been done by the joint efforts of Russian and Syrian experts: the entire amount of post-traumatic response has been completed, archaeological excavations have been carried out, samples have been taken and materials have been analyzed, a geological survey has been carried out, new three-dimensional digital models of the Arch have been performed, and the digital model of its historical appearance has been performed, and restoration methods have been determined. The first results of all studies are presented in the form of articles in this collection. I want to emphasize the significance of this publication: the fact is that before the work of our team, practically there was not any research carried out on the Triumphal Arch. An exception is the research (and the only article devoted to it) related to the restoration of the arch by French specialists under the guidance of Rober Amy in the 30s of the twentieth century.

Performing such a large amount of work in such a short time became possible solely thanks to the support of organizations and individuals. The Ministry of Education and Science of Russia undertook financing of comprehensive research. In the spring of 2022, the Syrian Trust for Development Fund provided financing to clean up the rubble left by bombing. Staying in Palmyra and execution of any type of work on the monument was always provided by specialists of the National Center for Defense Management of the Russian Federation (NTsUO RF) and the group of forces (forces) of the RF Armed Forces in the SAR, with the support of Colonel General M. E. Mizintsev. Experts from the Russian Armed Forces Topography Service took a direct part in the work of this expedition. The Embassy of the Russian Federation in the Syrian Arab Republic and the Special Representative of the President of the Russian Federation on development of relations with the Syrian Arab Republic, Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of the Russian Federation to the Syrian Arab Republic A. V. Efimov provide constant assistance in interacting with Syrian state

Федерации в Сирийской Арабской Республике А.В. Ефимов. Неоценимую поддержку проекту оказывает генеральный директор Государственного Эрмитажа, академик РАН М.Б. Пиотровский.

Творческий коллектив проекта выражает искреннюю благодарность всем людям и организациям (тем, кто перечислены выше, и тем, кого по определенным соображениям, нельзя называть) за неоценимую помощь и неравнодушное отношение к нашей работе. В опубликованных в этом сборнике статьях значительная доля их труда!

*Директор Центра спасательной археологии
ИИМК РАН,
руководитель проекта Н.Ф. Соловьева*

bodies. Invaluable support is provided by the Director General of the State Hermitage, academician of the Russian Academy of Sciences M.B. Piotrovsky.

The creative team of the project expresses sincere gratitude to all people and organizations (those listed above, and those who, for certain reasons, should not be called) for invaluable help and wholehearted attitude to our work. They contributed a significant share of their work to the articles published in this collection!

*Director of the Rescue Archeology Center
IHMC RAS,
project manager N.F. Soloveva*

История строительства, изучения и реставрации Триумфальной Арки Пальмиры

History of Construction, Study and Restoration of the Triumphal Arch of Palmyra

О. А. Кузеванов¹, М. С. Тушкина², А. В. Трынова³

O. A. Kuzevanov¹, M. S. Tushkina², A. V. Trynova³

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-11-18

Триумфальная Арка Пальмиры во многом уникальнейший объект. Слово «Триумфальная» в официальном названии памятника всемирного наследия вызывает ряд вопросов. Согласно историческому опыту, триумфальные арки ставились в честь побед и победителей, что отражалось в тематическом убранстве такого сооружения, в сюжетах его орнаментации. Название «Триумфальная» дали Арке открывшие ее для себя европейцы, подразумевая, что она построена в честь военной победы. Однако исторические примеры показывают, что на таких арках событие (военный триумф) всегда отражалось в сюжетах ее декора: победители, побежденные, кони, оружие, доспехи. В данном случае архитектурно-художественное убранство этого памятника носит украшательский вид: орнаменты растительного характера, маски львов, лоза и листья винограда, цветочные розетки, пальметты. Сама Арка играла важную градостроительную роль: оформляла перелом Главной улицы (Via Magna) и расширение Большой колоннады от узкого центрального участка к более широкому восточному, имевшему церемониальное значение как направление к пропилеям главного храма города – храма Бэла.

Авторы предполагают, что ошибочная атрибуция произошла из-за того, что к моменту открытия руин этого города европейскими исследователями, Арка приобрела иной вид, чем имела изначально в момент создания. Почти полное разрушение восточного участка Большой колоннады привело к тому, что юго-восточный фасад сооружения полностью раскрылся. Арка стала напоминать собой триумфальные трехпролетные арки Древнего Рима.

The Palmyra's Triumphal Arch of is a unique site in many respects. The word "Triumphal" in the official name of the World Heritage Site raises a number of questions. According to historical experience, triumphal arches were erected in honor of victories and winners, which was reflected in the thematic decoration of such a structure, in the theme of its decor. The name "Triumphal" was given to the Arch by the Europeans who discovered it for themselves, implying that it was built in honor of a military victory. However, historical examples show that on such arches the event (military triumph) was always reflected in the theme of their decor: winners, the vanquished, horses, weapons, armor. In this case, the architectural and artistic decoration of this monument is decorative: floral ornaments, lion masks, vines and vine leaves, flower rosettes, palmettes. The Arch itself played an important urban planning role: it formed the bend of the Main Street (Via Magna) and the expansion of the Great Colonnade from a narrow central section to a wider eastern one which had ceremonial significance as a direction to the propylaea of the main temple of the city – the Temple of Bel.

The authors suggest that the erroneous attribution occurred due to the fact that by the time the ruins of this city were discovered by European researchers, the Arch had acquired a different look than it had originally at the time of creation. The almost complete destruction of the eastern section of the Great Colonnade led to the fact that the southeastern facade of the structure was fully revealed. The Arch started resembling the triumphal three-span arches of Ancient Rome. Due to the incorrect attribution

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: akila@list.ru.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: marina.tusch@yandex.ru.

³ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: alextryn@mail.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: akila@list.ru.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: marina.tusch@yandex.ru.

³ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: alextryn@mail.ru.

Из-за неверной атрибуции Арки как триумфальной родились и другие ее названия. Одни исследователи называли ее аркой Адриана, вероятно, потому, что Сирия была связана с жизнью этого императора. В настоящее время принято называть ее аркой Септимия Севера, правившего Римом в 193–211 гг., и относить ее возведение в честь его победы над парфянами в 197 г. Не исключено, что правы те исследователи, которые относят ее возведение к более позднему периоду, когда Пальмира достигла своего наивысшего расцвета. На Арке была мемориальная надпись на греческом языке о том, что два стратега города (один из которых был Вород) воздвигли статую Геродиана, сына царя Одената, с которым он разделял титул «царя царей, удостоенного диадемы в честь победы над персами» в 260 г. (Бунни, Ал-Ас'ад, 2016. С. 86–87).

Закат Пальмиры, начавшийся после подавления мятежа против римлян в 273 г., несмотря на попытки возродить город при императорах Диоклетиане и Юстиниане Великом, завершился разрушением города арабами в 744 г. Небольшое селение Тадмор сохранилось только в черте комплекса храма Бэла.

Европейцы открыли для себя руины города в XVII в. В начале века здесь побывал итальянский путешественник Пьетро делла Валле (Pietro Della Valle), в 1630 г. – французский купец Жан-Батист Тавернье (Jean-Baptiste Tavernier), а в 1678 г. здесь скрывали группу английских купцов, захваченных бедуинами с целью получения выкупа. В 1691 г. купцы из Британской Левантийской компании предприняли первую экспедицию с целью изучения Пальмиры. В состав группы входил пастор Уильям Галифакс (William Halifax), составивший описание путешествия, и живописец Герард Хофстед из Эссена (Gerard Hofsted van Essen), написавший по эскизам с натуры панораму руин Пальмиры, ставшую первым известным изображением города. По результатам этой поездки в 1696 г. было опубликовано первое научное описание Пальмиры в книге богослова и писателя Авденаго Селлера (Abednego Seller). В 1705 г. в Пальмире побывали французы Сотэ (Sautet) и Жиро (Giraud). Последний написал панораму Пальмиры, ныне утраченную, но дошедшую в виде позднее созданной по ней гравюры Пьера-Жана Мариетта (Mariette).

Вторая половина XVIII в. стала важной вехой в деле изучения Пальмиры. В 1751 г. английская экспедиция Роберта Вуда (Robert Wood) и Джеймса Докинса (James Dawkins), в состав которой входил итальянский архитектор, инженер и рисовальщик Джованни Батиста Борра (Giovanni Battista Borra) изучала архитектуру Пальмиры. При этом, судя по книге Вуда «Руины Пальмиры» (1753), исследователи

of the Arch as a triumphal one, its other names were born. Some researchers called it the Arch of Hadrian, probably because Syria was associated with the life of this emperor. At present, it is commonly referred to as the Arch of Septimius Severus who ruled Rome in 193–211, and it is considered to be erected in honor of his victory over the Parthians in 197. It is possible that the researchers attributing its construction to a later period, when Palmyra reached its peak, might be right. The Arch had a memorial inscription in Greek saying that two strategists of the city (one of them was Vorod) erected a statue of Herodian, son of King Odaenathus, with whom he shared the title of “king of kings, awarded with a diadem in honor of the victory over the Persians” in 260 (Бунни, Ал-Ас'ад, 2016. С. 86–87).

The decline of Palmyra, which began after the suppression of the rebellion against the Romans in 273, despite the attempts to revive the city under the emperors Diocletian and Justinian the Great, ended with the destruction of the city by the Arabs in 744. The small settlement of Tadmor survived only within the Temple of Bel complex.

Europeans discovered the ruins of the city in the 17th century. At the beginning of the century, the place was visited by Italian traveler Pietro Della Valle, in 1630 – by French merchant Jean-Baptiste Tavernier, and in 1678 a group of English merchants was hidden here captured by the Bedouins for receiving a ransom. In 1691, merchants from the British Levant Company undertook the first expedition to explore Palmyra. The group included pastor William Halifax, who wrote a description of the journey, and painter Gerard Hofsted van Essen who painted a panorama of the ruins of Palmyra from sketches from nature, which became the first known image of the city. As a result of this trip, in 1696 the first scientific description of Palmyra was published in the book by theologian and writer Abednego Seller. In 1705, the French Sautet and Giraud visited Palmyra. The last one wrote a panorama of Palmyra, which is now lost, but has survived in the form of an engraving created later by Pierre-Jean Mariette.

The second half of the 18th century became an important milestone in the study of Palmyra. In 1751, the English expedition of Robert Wood and James Dawkins, which included the Italian architect, engineer, and draftsman Giovanni Battista Borra, studied the architecture of Palmyra. At the same time, judging by the Wood's book “The Ruins of Palmyra” (1753), the researchers also conducted excavations, digging out valuable fragments from the sand. The drawings by Wood and Borra played a large role in popularizing

вели и раскопки, откапывая из песка ценные фрагменты. Рисунки Вуда и Борра сыграли большую роль в популяризации наследия Пальмиры и стали источниками для украшений фасадов и интерьеров в Англии и Италии. Это событие было настолько значимо для английской науки, что даже нашло отражение в картине Гэвина Гамильтона (Gavin Hamilton) «Джеймс Докинс и Роберт Вуд открывают руины Пальмиры» (1758). Вуд создал и графическую реконструкцию первоначального вида Арки, проложив тем самым дорогу французскому архитектору и художнику Луи-Франсуа Кассасу (Louis-François Cassas), который в 1785 г. создал множество эскизов руин Пальмиры. Его авторству принадлежит более точная реконструкция Арки.

В октябре 1859 г. английский акварелист немецкого происхождения Карл Хагг (Carl Haag) вместе с дочерью британского адмирала и картографа Фрэнсиса Бофорта посетил Пальмиру в рамках длительного путешествия по Египту, Палестине, Ливану и Сирии. Хагг сделал в Пальмире эскизы, на основании которых написал позднее несколько акварелей, в том числе и классический вид монументальной Арки с юго-восточной стороны (рис. 1). Также следует обратить внимание на величественную картину Хагга «Руины храма Солнца», в правой части которой изображена Большая колоннада с Аркой. В 1861 г. младшая из сестер Бофорт Эмили Анна, будущая леди Стрэнгфорд (Emily Anne Beaufort – Strangford), выпустила книгу «Египетские гробницы и сирийские святыни, включая пребывание в Ливане,

the heritage of Palmyra and became sources for the decoration of facades and interiors in England and Italy. This event was so significant for English science that it was even reflected in the painting by Gavin Hamilton “James Dawkins and Robert Wood discover the ruins of Palmyra” (1758). Wood also created a graphic reconstruction of the original appearance of the Arch, thus paving the way for French architect and artist Louis-François Cassas, who in 1785 created many sketches of the ruins of Palmyra. He was the author of a more accurate reconstruction of the Arch.

In October 1859, English watercolorist of German origin Carl Haag, together with the daughters of British admiral and cartographer Francis Beaufort, visited Palmyra as part of a long journey through Egypt, Palestine, Lebanon, and Syria. Haag made sketches in Palmyra, based on which he later painted several watercolors, including the classic view of the Monumental Arch from the southeast side (Fig. 1). It is worth mentioning the majestic painting by Haag “The Ruins of the Temple of the Sun”, on the right side of which is the Great Colonnade with the Arch. In 1861, the youngest of the Beaufort sisters Emily Anna, the future Lady Strangford (Emily Anne Beaufort-Strangford), published the book “Egyptian tombs and Syrian shrines, including a stay in Lebanon, Palmyra, and Western Turkey”. In it, she accurately noted the combination of antique architecture with local features in Palmyra’s monuments. In 1862, based on this book, English artist Nicholas Hanhart released



Рис. 1. Вид на Арку с юго-востока. Карл Хагг. 1859. Акварель
Fig. 1. View of the Arch from the southeast. Carl Haag. 1859. Watercolor

в Пальмире и в Западной Турции». В ней она точно подмечает в пальмирских памятниках сочетание античной архитектуры с местными особенностями. В 1862 г. по мотивам этой книги английский художник Николас Ханхарт (Nicholas Hanhart) выпустил цветные литографии с панорамой Пальмиры, на которых мы также видим изображение Арки.

Во второй половине XIX в. появились первые фотографии Пальмиры. Первым город запечатлел Луи Винь (Louis Vignes) в 1864 г. (рис. 2). Открывшаяся в 1867 г. в Бейруте коммерческая фотостудия Феликса Бонфиса (Félix Adrien Bonfils) изготавливала и продавала фотографии Ближнего Востока, в том числе и Пальмиры, способствуя распространению их по миру (рис. 3). К этому времени относится и появление в Пальмире первых русских путешественников и исследователей: в 1872 г. Л. А. Пашковой и в 1882 г. князя С. С. Абамелек-Лазарева и А. В. Прахова (Абамелек-Лазарев, 1884). Последние открыли плиту 137 г. с надписью на

color lithographs with a panorama of Palmyra, on which we also see the image of the Arch.

In the second half of the 19th century, the first photographs of Palmyra appeared. The first to capture the city was Louis Vignes in 1864 (Fig. 2). The commercial photography studio of Félix Adrien Bonfils, which was opened in 1867 in Beirut, produced and sold photographs of the Middle East, including Palmyra, contributing to their spreading around the world (Fig. 3). The appearance of the first Russian travelers and researchers in Palmyra also dates back to this time: in 1872 L. A. Pashkova and in 1882 Duke S. S. Abamelek-Lazarev and A. V. Prakhov (Абамелек-Лазарев, 1884). The last ones discovered a slab of 137 with an inscription in Greek and Aramaic, which was called the “Palmyra Tariff” and brought from Palmyra to Petersburg in the early 20th century. One can only regret that Vasily Polenov who traveled with Abamelek-Lazarev and Prakhov in the East, did not accompany them to Palmyra



Рис. 2. Вид на Арку с юго-востока. Луи Винь. 1862. Фото
Fig. 2. View of the Arch from the southeast. Louis Vin. 1862. Photo



Рис. 3. Вид на Арку с запада. Феликс Бонфис. Последняя треть XIX в. Фото
Fig. 3. View of the Arch from the west. Felix Bonfils. Last third of the 19th century. Photo

греческом и арамейском языках, получившую название «Пальмирский тариф». В начале XX в. тариф был привезен из Пальмиры в Петербург. Остается лишь сожалеть, что Василий Поленов, путешествовавший вместе с Абамелек-Лазаревым и Праховым по Востоку, не стал сопровождать их в Пальмиру и не запечатлел на своих полотнах виды этого города. Важным событием в развитии российской науки стала экспедиция 1900 г. в Сирию Русского археологического института в Константинополе, итогом работы которой стали исследования Ф.И. Успенского, Б.В. Фармаковского и П.К. Коковцева.

and did not capture the views of this city on his canvases. An important event in the development of Russian science was the expedition in 1900 to Syria by the Russian Archaeological Institute in Constantinople, the result of which was the research by F.I. Uspensky, B.V. Farmakovskiy, and P.K. Kokovtsev.

In the 1920s – 1930s in Palmyra, French scientists carried out a large complex of archaeological research and emergency response work. They were worried about the condition of the Monumental Arch, in which one of the small arches bearing the thrust

В 1920–1930-х гг. в Пальмире французские ученые проводили большой комплекс археологических исследований и противоаварийных работ. Их беспокоило состояние монументальной Арки, у которой была разрушена одна из малых арок, принимавших на себя распор центральной арки. Замковый камень этой арки, опустившийся из-за отклонения от вертикали центральных пилонов, мог быть раздавлен, что привело бы к обрушению всей конструкции. Первые решения по спасению памятника были предложены в 1926 г. Альбером Габриэлем (Albert Gabriel). Прибывший в 1930 г. в Пальмиру архитектор Робер Ами произвел комплекс необходимых работ по укреплению и реставрации сооружения. При этом, проведя раскопки рядом с Аркой, он обнаружил подлинные каменные блоки, часть из которых использовал при восстановлении малой северной арки (рис. 4). Утраченные и пришедшие в негодность блоки малой арки Ами заменил новыми каменными блоками, но без декора. С одной стороны, идентичный материал новых блоков позволил им вписаться в общий вид сооружения, с другой, более светлый характер поверхности камня и упрощенность рисунка

of the central arch was destroyed. The keystone of this arch, lowered due to the deviation of the central pylons from the vertical, could be crushed, which would lead to the collapse of the entire structure. The first solutions to save the monument were proposed in 1926 by Albert Gabriel. Architect Robert Amy, who arrived in Palmyra in 1930, carried out a package of necessary work to strengthen and restore the structure. At the same time, having carried out excavations near the Arch, he discovered genuine stone blocks, some of which he used to restore the small northern arch (Fig. 4). Amy replaced the lost and dilapidated blocks of the small arch with new stone blocks, but without decor. On the one hand, the identical material of the new blocks allowed them to fit into the general appearance of the structure, on the other hand, the lighter nature of the stone surface and the simplification of the pattern show viewers where the original elements of the structure are located, and where the elements recreated in the 1920s. In his article (Amy, 1933) the architect acknowledged the more correct way to provide a vertical position to the supports of the central arch but could not do this in view of the limited possibilities available to



Рис. 4. Вид на Арку с северо-запада. М. Б. Атаянц. 2005. Фото
Fig. 4. View of the Arch from the northwest. M. B. Atayants. 2005. Photo

показывают зрителям, где находятся первоначальные элементы сооружения, а где воссозданные в 1930-х гг. В своей статье (Аму, 1933) архитектор признавал более правильным путь придания опорам центральной арки вертикального положения, но не мог этого сделать ввиду ограниченности имевшихся у него возможностей. Замковый камень был поднят и укреплен дополнительной каменной вставкой.

После Второй мировой войны на территории Пальмиры работали сирийские археологи (С. Абдул-Хак, А. Бунни). С 1957 г. сирийская экспедиция (А. Бунни и О. Таха) раскапывала участок Большой колоннады, примыкавшей к Триумфальной Арке с запада. В 1970-х гг. специалистами из Департамента древностей Сирии здесь были заново поставлены более 80 каменных колонн. Участок главной улицы, ведущий от Арки к храму Бэла, исследовался с 1963 г. сирийскими археологами под руководством Аднан Бунни и Нуха Салиби (Бунни, Ал-Ас'ад, 2016. С. 85, 88). В 1980 г. Пальмира была включена в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО.

В мае 2015 г. Пальмира была захвачена террористами, которые в начале октября того же года взорвали многие памятники, в том числе и Триумфальную Арку. В марте 2016 г. Пальмира была освобождена. Сразу после освобождения памятник посетили сирийские археологи, которые с привлечением французских и польских коллег начали фиксацию разрушений. В июле 2016 г. Пальмиру посетила группа российских экспертов, археологов, реставраторов для оценки ущерба и разработки плана работ.

В сентябре 2016 г. и в сентябре 2019 г. экспедиции Института истории материальной культуры Российской академии наук выполнили первоочередные исследовательские работы в Пальмире (Соловьева и др., 2019. С. 278–286). В результате этих работ была создана 3D-модель объекта всемирного наследия ЮНЕСКО «Археологические памятники Пальмиры» и динамическая геоинформационная система PalmyraGIS (УБС «Пальмира во времени и пространстве»).

Немаловажной проблемой изучения истории строительства Арки стало то, что до 2022 г. никто не проводил комплексных археологических исследований ее основания. Статья Р. Ами 1933 г. является фактически единственным документом по истории существования сооружения. Археологические исследования совместной российско-сирийской экспедиции 2022 г. стали вторым важным этапом в изучении истории строительства Арки, что дает новые возможности для ее восстановления.

him. The keystone was raised and reinforced with an additional stone insert.

After World War II, Syrian archaeologists (S. Abdul-Haq, A. Bunni) worked on the territory of Palmyra. Since 1957 the Syrian expedition (A. Bunni and O. Taha) had excavated a section of the Great Colonnade adjacent to the Triumphal Arch from the west. In the 1970s more than 80 stone columns were re-installed here by specialists from the Department of Antiquities of Syria. The section of the main street leading from the Arch to the Temple of Bel has been studied since 1963 by Syrian archaeologists under the leadership of Adnan Bunni and Nouha Salibi (Бунни, Ал-Ас'ад, 2016. P. 85, 88). In 1980, Palmyra was included in the list of UNESCO World Heritage Sites.

In May 2015, Palmyra was captured by terrorists, who in early October of the same year blew up many monuments, including the Triumphal Arch. In March 2016, Palmyra was liberated. Immediately after the liberation, the monument was visited by Syrian archaeologists, who, with the involvement of French and Polish colleagues, began fixing the destruction. In July 2016, a group of Russian experts, archaeologists, restorers visited Palmyra to assess the damage and develop a work plan.

In September 2016 and September 2019, the expeditions of the Institute of the History of Material Culture of the Russian Academy of Sciences carried out prior research work in Palmyra (Соловьева и др., 2019. С. 278–286). As a result of this work, the 3D model of the UNESCO World Heritage Site “Palmyra’s Archaeological Monuments” and the dynamic geographic information system PalmyraGIS (УБС “Palmyra in Time and Space”) were created.

An important problem in studying the history of the construction of the Arch was that, until 2022, no one had conducted comprehensive archaeological studies of its foundation. The article by R. Amy in 1933 is actually the only document on the history of the structure. The archaeological research by the joint Russian-Syrian expedition in 2022 became the second important stage in the study of the history of the construction of the Arch, which provides new opportunities for its restoration.

Источники и литература
Bibliography

Абамелек-Лазарев С. С., 1884. Пальмира. Археологическое исследование князя Абамелек-Лазарева. СПб.

Бунни А., Ал-Ас'ад Х., 2016. Пальмира: история, памятники, музей. М.

Соловьева Н. Ф., Соловьев С. Л., Блохин Е. К., Казаков Э. Э. 2019. Пальмира во времени и пространстве // Прошлое человечество в трудах петербургских археологов на рубеже тысячелетий (К 100-летию создания российской академической археологии). СПб.

Amy R., 1933. Premières restaurations de l'Arc monumental de Palmyre // Syria. Archéologie, art et histoire année. Paris. Vol. 14, № 4.

Триумфальная Арка Пальмиры. Посттравматическое реагирование. Археологические исследования

The Triumphal Arch of Palmyra. Post-Traumatic Response. Archeological Studies

Н.Ф. Соловьева¹, С.Л. Соловьев²
N.F. Soloveva¹, S.L. Solovyev²

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-19-46

Стихийные бедствия, вооруженные конфликты, бесконтрольное использование природных ресурсов и масштабное хозяйственное освоение территорий заставляют по-новому взглянуть на проблемы уязвимости культурного наследия и искать все новые пути к его сохранению. Мировая культурная общественность серьезно обеспокоена уничтожением памятников в зонах вооруженных конфликтов, принявшим катастрофические масштабы в XXI в. Особого внимания заслуживают пострадавшие от деятельности террористических организаций объекты культурного наследия Сирии и, в частности, объект всемирного наследия «Site of Palmyra» № 23bis Критерии i, ii, iv («Археологические памятники Пальмиры» – в русской транскрипции) (рис. 1–3) (Соловьева, 2021; Соловьева и др., 2017; 2019).

Самым известным на весь мир архитектурным сооружением знаменитой Пальмиры, безусловно, является Триумфальная Арка (III в.) – визитная карточка Сирии. Арка имела уникальную треугольную форму, позволявшую «скрыть» поворот главной улицы. Юго-восточный и северо-западный фасады представляли собой большую арку с примыкающими по сторонам малыми арками. Центральная арка была перекинута через проезжую часть, в то время как малые арки были боковыми проходами, устроенными вдоль улицы. Между внешними арками находились внутренние арки: одна в узкой части, две в широкой. Ширина центральных пролетов Арки составляла около 11 м, ширина боковых пролетов – около 7 м. Каменные своды и боковые колонны Арки были украшены растительным и геометрическим орнаментами, выполненными резьбой, колонны имели выступающие консоли, на которых располагались статуи и посвятельные надписи на арамейском и греческом языках (Бунни, Ал-Ас'ад, 2016).

Natural disasters, armed conflicts, uncontrolled use of natural resources and large-scale economic development of territories make us take a new look at the problems of vulnerability of our cultural heritage and look for new ways to preserve it. The world cultural community is seriously concerned about the destruction of monuments in zones of armed conflicts which has taken catastrophic proportions in the twenty first century. Worthy of special attention are the cultural heritage sites of Syria that have suffered from the activities of terrorist organizations and, in particular, the World Heritage Site “Site of Palmyra” No. 23bis Criteria i, ii, iv (Russian wording – “Palmyra’s Archeological Monuments”) (Fig. 1–3) (Соловьева, 2021; Соловьева и др., 2017; 2019).

The most world-famous architectural structure of famous Palmyra is undoubtedly the Arch of Triumph (2nd–3rd centuries AD) – the trademark of Syria. The Arch had a unique triangular shape which allowed “hiding” the turn of the main street. The south-eastern and north-western facades represented a big arch with adjoining small arches on the sides. The central arch was thrown over the carriageway while the small arches were the lateral passages arranged along the street. There were inner arches between the outer ones: one in the narrow part and two in the wide part. The width of the central spans of the Arch was about 11 m, the width of the lateral spans was about 7 m. The stone vaults and the side columns of the Arch were decorated with floral and geometric ornaments made by carving, the columns had projecting consoles on which statues and dedicatory inscriptions in Aramaic and Greek were placed (Бунни, Ал-Ас'ад, 2016).

The Triumphal Arch was restored in the 1930s by French specialists under the direction of Robert Amy.

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: nfs56@mail.ru.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: ssl2610@yandex.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: nfs56@mail.ru.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: ssl2610@yandex.ru.

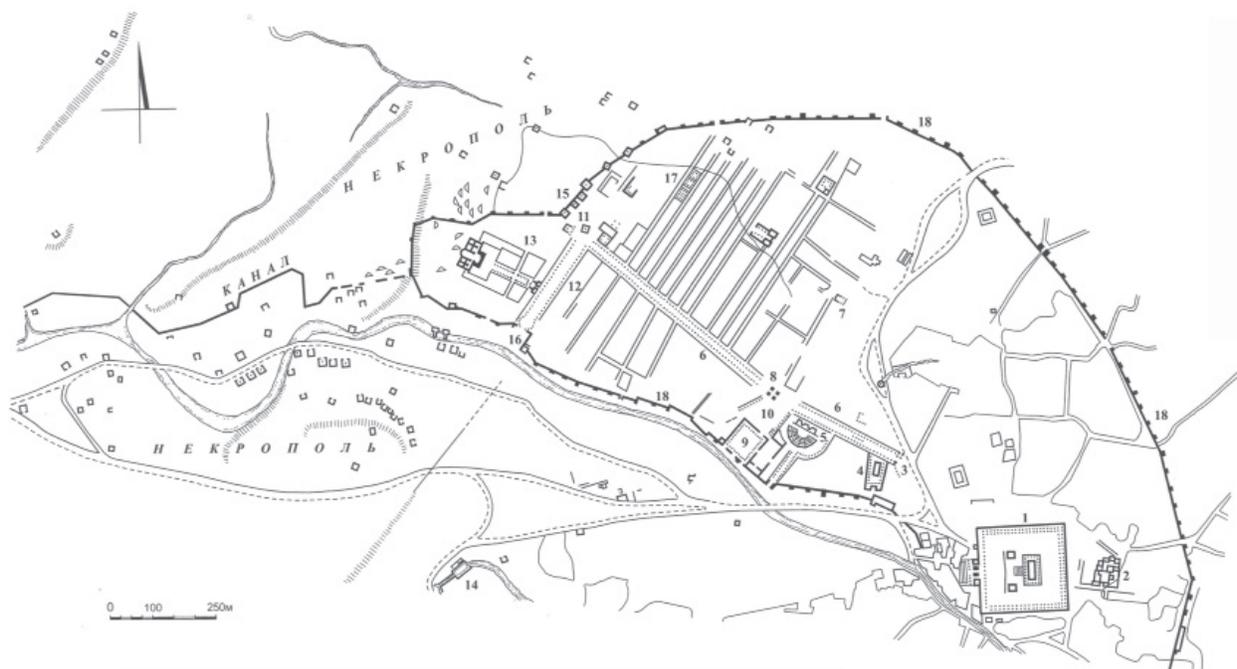


Рис. 1. Пальмира. План-схема: 1 – храм Бэла; 2 – жилые дома с мозаиками; 3 – Монументальная Арка; 4 – храм Набу; 5 – театр; 6 – Большая колоннада; 7 – храм Баалшамина; 8 – тетрапилон; 9 – агора; 10 – Сенат (?); 11 – храм-усыпальница; 12 – поперечная колоннада; 13 – лагерь Диоклетиана; 14 – источник Эфка; 15 – башенные гробницы, включенные в оборонительную систему; 16 – Дамасские ворота; 17 – жилые дома; 18 – оборонительная стена (по Михаловский, Дзевановский, 1968)

Fig. 1. Palmyra. Map: 1 – temple of Bel; 2 – residential buildings with mosaics; 3 – Monumental Arch; 4 – temple of Naboo; 5 – theater; 6 – Great Colonnade; 7 – temple of Baalshamin; 8 – tetrapylon; 9 – agora; 10 – Senate (?); 11 – temple-tomb; 12 – transverse colonnade; 13 – Diocletian's camp; 14 – Efkha spring; 15 – tower tombs included in the defensive system; 16 – Damascus gate; 17 – residential buildings; 18 – defensive wall (according to Михаловский, Дзевановский, 1968)

Триумфальная Арка была отреставрирована в 30-х гг. XX в. силами французских специалистов под руководством Робера Ами (Amy, 1933). Реставрационные работы были направлены прежде всего на укрепление разрушающихся конструкций, особенно большой арки. В результате в 1931 г. после завершения работ Триумфальная Арка приобрела тот вид, который и был известен всему миру (рис. 4).

Осенью 2015 г. весь мир облетели кадры взрывов террористами уникальных объектов Пальмиры, в том числе и знаменитой Арки. Действия боевиков ИГИЛ (террористическая организация, запрещенная в России) были названы преступлением против цивилизации и подвергнуты единодушной критике всем культурным сообществом. В результате взрыва рухнул свод Арки, полностью разрушен центральный пролет, от боковых пролетов сохранились лишь крайние пилоны. Сильно повреждены внутренние пилоны, на которые опирался свод. Резные каменные блоки, составлявшие своды, повреждены. Часть элементов утрачена безвозвратно, часть практически

The restoration work was primarily aimed at strengthening the crumbling structures, especially the large arch. As a result, in 1931, after the completion of the work, the Triumphal Arch acquired the look that was known throughout the world (Fig. 4).

In the Autumn of 2015, pictures of the blast of Palmyra's unique objects, including the famous Arch, by terrorists quickly flew around the world. The actions of the ISIS (the terrorist organization banned in Russia) militants were called a crime against civilization and were unanimously criticized by the entire cultural community. As a result of the blast the vault of the Arch collapsed, the central span was completely destroyed, only the outer pylons of the side spans were left. The inner pylons supporting the vault were badly damaged. The carved stone blocks making up the vaults were badly damaged. Some elements were irrevocably lost, and some practically cannot be identified (Fig. 5). The real extent of the losses can only be determined after sifting thoroughly through the rubble, and marking of the surviving original parts of the structure (<https://palmyra-3d.online>).

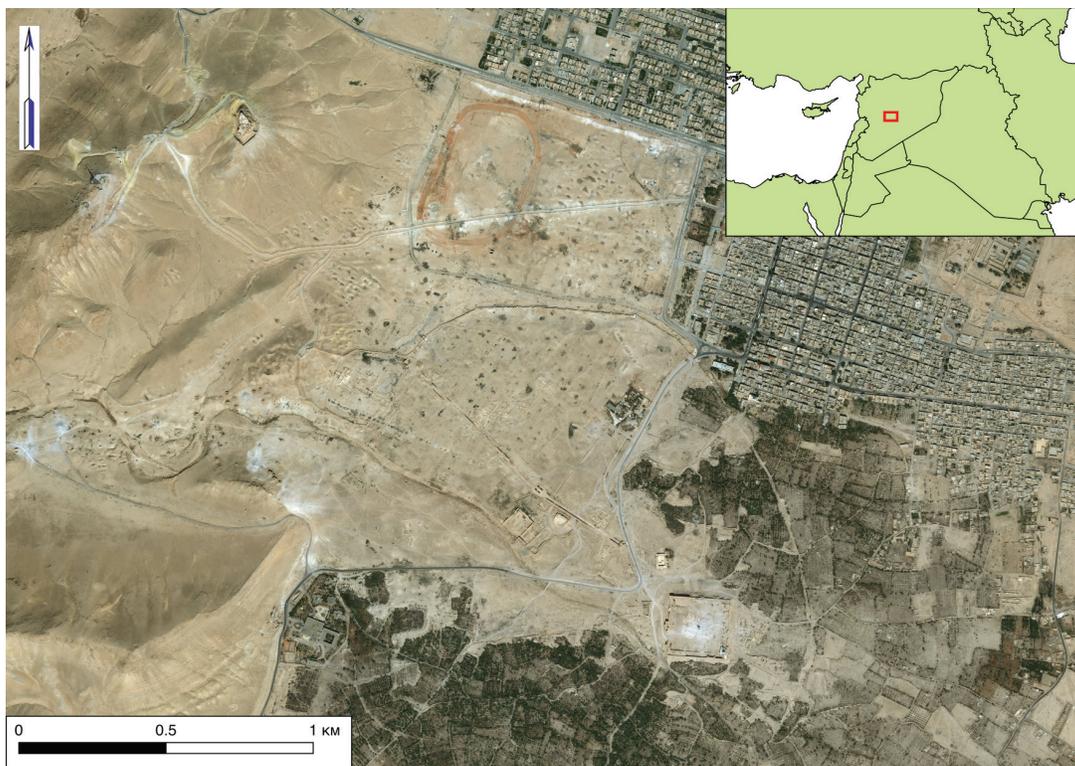


Рис. 2. Пальмира и Тадмор. Аэрофотоснимок ИИМК РАН 2016 г.
Fig. 2. Palmyra and Tadmor. Aerial photo of IHMC RAS 2016



Рис. 3. Пальмира. Via Magna. Аэрофотоснимок ИИМК РАН 2022 г.
Fig. 3. Palmyra. Via Magna. Aerial view of IHMC RAS 2022



Рис. 4. Триумфальная Арка Пальмиры (после реставрации 30-х гг. XX в.). Любительское фото
Fig. 4. Triumphal Arch of Palmyra (after restoration in the 1930s). Amateur photo



Рис. 5. Триумфальная Арка Пальмиры (после взрыва террористами). Фото ИИМК РАН 2016 г.
Fig. 5. Triumphal Arch of Palmyra (after the explosion by terrorists). Photo by ИИМК RAS 2016

невозможно идентифицировать (рис 5). Определить реальную степень утрат можно только после тщательного разбора завала, маркировки сохранившихся оригинальных частей сооружения (<https://palmyra-3d.online>).

Российские и сирийские специалисты прилагают все усилия для защиты уникального памятника. Мировая социально-психологическая обстановка вокруг проблемы защиты памятников культуры делает новые шаги необходимыми. Возрождение Пальмиры как культурного памятника будет способствовать возрождению города Тадмор, созданию рабочих мест и живой атмосферы для его жителей, которые постепенно возвращаются в город.

В марте 2022 г. был подписан «Меморандум о взаимопонимании между Генеральной дирекцией древностей и музеев Сирийской Арабской Республики (ДГАМ) и Институтом истории материальной культуры Российской академии наук (ИИМК РАН) о реставрации Триумфальной Арки в историческом городе Пальмира», являющийся юридическим основанием выполнения работ. С российской стороны проект выполняется творческим коллективом Центра спасательной археологии ИИМК РАН под эгидой Русского географического общества при поддержке Минобороны России и Посольства РФ в САР. С сирийской стороны в проекте участвуют сотрудники ДГАМ и фонда «Syrian Trust for Development». Неоценимую логистическую помощь проекту оказывает Группировка российских войск (сил) в Сирии. Начиная с весны 2022 г. все усилия специалистов направлены на выполнение комплекса мероприятий в рамках Меморандума. Все работы выполняются в соответствии с общепризнанными реставрационными протоколами ЮНЕСКО и требованиями правительства Сирийской Арабской Республики.

В марте–июне 2022 г. объединенный творческий коллектив выполнил весь объем мероприятий посттравматического реагирования: 1) осуществлена фотофиксация текущего (до разбора завала) состояния Триумфальной Арки Пальмиры; 2) создана высокоточная детальная 3D-модель современного (до разбора завала) состояния Триумфальной Арки Пальмиры; 3) выполнено натурное обследование исторического природного камня в устоявшихся и рухнувших элементах Арки и материалов, использованных при реставрации в 30-х гг. XX в., изучены виды эрозии камня; 4) проведен отбор проб и выполнен анализ отобранных образцов природного камня, а также камня и растворных материалов, использованных в позднейших ремонтно-реставрационных работах; 5) разобран завал, образовавшийся в результате взрыва, все рухнувшие блоки пронумерованы, внесены в описи и перемещены в лапидарий; 6) все

Russian and Syrian specialists are making every effort to protect the unique monument. The global socio-psychological environment around the problem of protecting cultural monuments makes new steps necessary. The revival of Palmyra as a cultural monument will contribute to the revival of the city of Tadmor, creating jobs and a vibrant atmosphere for its residents who are gradually returning to the city.

In March 2022, “Memorandum of Understanding between the Directorate-General of Antiquities and Museums of the Syrian Arab Republic (DGAM) and the Institute for the History of Material Culture of the Russian Academy of Sciences (IHMC RAS) on the restoration of the Triumphal Arch in the historic city of Palmyra” was signed and is the legal basis for the work. On the Russian side, the project is being carried out by a creative team of the Rescue Archeology Center of the IHMC RAS under the auspices of the Russian Geographical Society with the support of the Russian Ministry of Defense and the Russian Embassy in the SAR. On the Syrian side the project is carried out by associates of the DGAM and the Syrian Trust for Development Fund. The invaluable logistical assistance to the project is rendered by the Group of Russian Forces in Syria. Since the spring of 2022 all the efforts of the specialists have been focused on the implementation of the complex of measures within the framework of the Memorandum. All the work is carried out in accordance with the universally recognized restoration protocols of UNESCO and the requirements of the government of the Syrian Arab Republic.

In March–April 2022 the joint creative team carried out the entire volume of measures of the post-traumatic response: 1) photofixation of the current (prior to sifting through the rubble) state of the Triumphal Arch of Palmyra was carried out; 2) a highly-accurate detailed three-dimensional digital model of the current (prior to sifting through the rubble) state of the Triumphal Arch of Palmyra was created; 3) an on-site survey of the historical natural stone in the surviving and collapsed Arch elements and materials used during the restoration in the 1930ies was performed, types of the stone erosion were studied; 4) samples were taken, and the selected samples of the natural stone and the stone and mortar materials used in the later repair and restoration work were analyzed; 5) the rubble resulting from the blast was sifted through, all fallen blocks were numbered, entered into inventories and relocated to the lapidary; 6) all collapsed blocks and fragments of blocks having at least one external surface were scanned by the structured-light method and their three-dimensional digital models were created; 7) every fragment of the collapsed black having no

рухнувшие блоки и фрагменты блоков, имеющие хотя бы одну внешнюю поверхность, отсканированы методом структурированной подсветки, и созданы их трехмерные цифровые модели; 7) сфотографирован каждый фрагмент рухнувшего блока, не имеющий ни одной внешней поверхности; 8) с целью выяснения конструкции фундамента заложены архитектурно-археологические шурфы (рис. 6); 9) выполнена фотографическая и архитектурная документация устоявших частей Арки (фотограмметрия каждого устоявшего пилона и сохранившихся *in situ* архитектурных элементов с последующим созданием 3D-моделей, наземная съемка, съемка с БПЛА, топографическая съемка, архитектурные обмеры с последующим вычерчиванием чертежей).

С целью сохранения исторической преемственности и недопущения путаницы в обозначениях было принято решение об использовании наименований пилонов, разработанных Р. Ами. Для удобства фиксации пилонов, расположенному между пилонами А и F, присвоено наименование А/F; пилонов, расположенному между пилонами С и G, было присвоено наименование С/G (рис. 7).

external surface was photographed; 8) to identify the foundation construction, archaeological testpits were laid (Fig. 6); 9) photographic and architectural documentation of the surviving parts of the Arch was performed (photogrammetry of each surviving pylon and the surviving *in situ* architectural elements with subsequent creation of 3D models, ground and UAV surveys, and topographic surveys, architectural measurements with subsequent production of drawings).

To preserve the historical continuity and avoid confusion in designations, it was decided to use the names of the pylons developed by R. Amy. For convenience of fixation, the pylon located between pylons A and F was named A/F; the pylon located between pylons C and G was given the designation C/G (Fig. 7).

In the course of the work, it became obvious that the Arch restoration project cannot be fully implemented with high quality without full-scale archaeological excavations of the entire Arch territory. The grounds for this decision were the following conclusions: 1) the Arch structures hidden under



Рис. 6. Триумфальная Арка Пальмиры после разбора завала от взрыва и закладки археологических шурфов. Фото ИИМК РАН весной 2022 г.

Fig. 6. Triumphal Arch of Palmyra after clearing the rubble from the explosion and laying the archaeological test-pits. Photo by IHMC RAS in spring 2022



Рис. 7. Триумфальная Арка Пальмиры. Нумерация пилонов и колонн
Fig. 7. Triumphal Arch of Palmyra. Numbering of pylons and columns

В ходе проведения работ стало очевидно, что реставрация Арки не может быть выполнена качественно и в полном объеме без проведения полномасштабных археологических раскопок всей территории Арки. Основаниями для принятия такого решения послужили следующие заключения: 1) конструкции Арки, скрытые под толщей культурного слоя, никогда не исследовались, соответственно, информация о них отсутствует. Получение максимального объема данных необходимо для качественной разработки проекта реставрации Арки; 2) культурный слой, накопившийся в процессе почти двух тысячелетий, содержит уникальные сведения об истории как Триумфальной Арки, так и города Пальмиры в целом. При проведении реставрационных работ культурный слой может быть поврежден, а значит утрачены исторические данные; 3) в процессе закладки архитектурно-археологических шурфов были выявлены неизвестные ранее конструктивные особенности фундаментов, которые в пределах шурфа исследовать невозможно; 4) участки, на которых не

the cultural layer have never been studied and, therefore, there is no information about them. Obtaining the maximum amount of data is necessary for high-quality development of the Arch restoration project; 2) the cultural layer accumulated over nearly two millennia contains unique information about the history of both the Triumphal Arch and Palmyra as a whole. During the restoration work the cultural layer may be damaged and therefore the historical data may be lost; 3) in the process of laying the archaeological testpits, previously unknown structural features of the foundations were revealed, which cannot be studied within the testpits; 4) the areas where no testpits were laid may also contain unknown data about the construction methods and design features of the Arch; 5) the Triumphal Arch is a unique structure of late antiquity; therefore, it is necessary to obtain the maximum information about it; the loss of such information is a scientific crime. It will be impossible to obtain this information after the start of the restoration work.

заложены шурфы, также могут содержать неизвестные данные о строительных приемах и конструктивных особенностях Арки; 5) Триумфальная Арка – уникальное сооружение поздней античности, поэтому необходимо получить максимум информации о ней, утрата такой информации – научное преступление. После начала реставрационных работ добыть эту информацию будет невозможно.

Археологические раскопки территории, занимаемой Триумфальной Аркой, велись с 13 сентября по 8 октября 2022 г. Исследования были проведены вокруг пилонов А, А/Ф, F, C, C/G, G, B, E, D на площади 344 кв. м с учетом результатов заложения археологических шурфов весной 2022 г. (рис. 8). Разумеется, основной задачей археологических исследований было получение максимального количества информации о скрытых под землей конструкциях Арки, что с учетом отсутствия каких-либо архивных данных имеет исключительную важность для разработки проекта реставрации. Следует подчеркнуть, что в целях недопущения нарушения несущей способности подземных конструкций Арки, раскопки проводились не до материка, а лишь до уровня дневной поверхности времени

Archeological excavations on the area of the Arch of Triumph were carried out from 13 September till 8 October 2022. The research was carried out around pylons A, A/F, F, C, C/G, G, B, E, D on an area of 344 sq. m with account of the results of the archaeological testpits laid in spring 2022 (Fig. 8). It is clear that the primary task of the archaeological research was to obtain the maximum amount of information about the structures of the Arch hidden underground, which, given the lack of any archival data, is of exceptional importance for the development of the restoration project. It should be emphasized that in order to prevent the violation of the bearing capacity of the underground structures of the Arch, the excavations were carried out not to the mainland, but only to the level of the daylight surface at the time of the construction of the Arch. To determine the design, thickness and depth of the foundation of the Arch, the utility pits opened during the research were turned into testpits (see description below).

The performed excavations made it possible for the first time to fully determine the construction of the foundation of the Arch as a whole and each of its nine pylons. The data obtained during

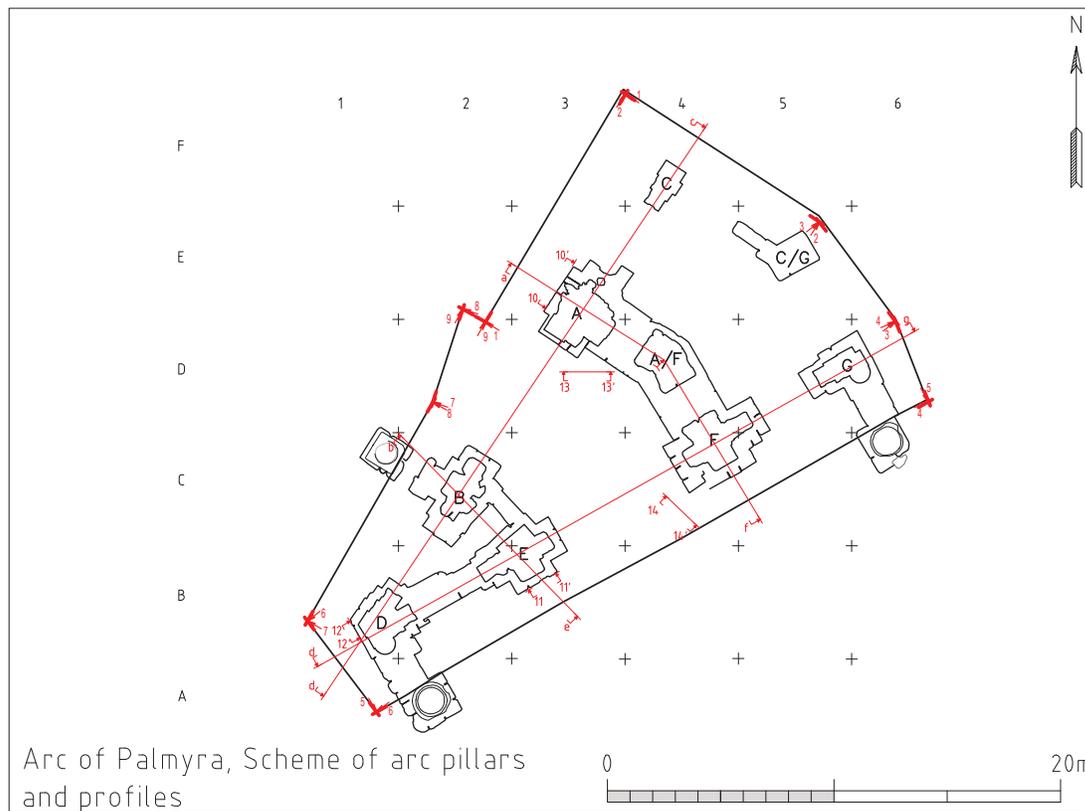


Рис. 8. Триумфальная Арка Пальмиры. План территории раскопок
 Fig. 8. Triumphal Arch of Palmyra. Excavation site plan

строительства Арки. Для определения конструкции, мощности и глубины фундамента Арки открытые в ходе исследований хозяйственные ямы были превращены в шурфы (см. описание ниже).

Проведенные раскопки позволили впервые полностью определить конструкцию основания Арки в целом и каждого из девяти ее пилонов. Полученные в результате археологических раскопок данные свидетельствуют о том, что под фундамент Арки по обе стороны от уже существовавшей главной улицы Пальмиры – Большой колоннады, протянувшейся от храма Бэла до Погребального храма, – были вырыты котлованы: с юго-западной стороны дороги котлован вырыт для пилонов В, D и E, с северо-восточной – для пилонов А, С, С/Г, G, F и А/Ф (рис. 9). Соответственно, под этими двумя группами пилонов в вырытых котлованах устроено общее ступенчатое расширяющееся книзу бутовое основание глубиной 2,10–2,20 м, состоящее из некрупных, размерами от 0,05 до 0,30 м фрагментов мраморизованного известняка, образовавшихся, вероятно, при отеске квадров. Камни забутовки связаны известково-глинистым раствором (рис. 10). В верхней части бутовых оснований выявлено ступенчатое сужение

the archaeological excavations evidence that foundation pits were dug on both sides of the already existing main street of Palmyra – the Great Colonnade, stretching from the Temple of Bel to the Funerary Temple: on the southwestern side of the road, a foundation pit was dug for pylons B, D and E, from the northeastern side – for pylons A, C, C/G, G, F and A/F (Fig. 9). Accordingly, in the foundation pits dug under these two groups of pylons, there was a common stepwise rubble base widening downwards 2.10–2.20 m deep, consisting of medium-sized fragments of marmorized limestone, ranging in size from 0.05 to 0.30 m, probably formed during quadras dressing. The stones of the filling are bound with lime-clay mortar (Fig. 10). In the upper part of the rubble foundations, a stepped narrowing 0.45–0.50 m high was found, receding inward by 0.10–0.40 m in plan. Judging by the traces of manual roughcasting and the nature of the surface, the formwork for the arrangement of the vertical plane of the step was not used, the material stuck by the plasticity of the mortar. The upper plane of the rubble base is roughly leveled with mortar coating, the difference in elevation between the zones of pylons A and F is 0.08 m, between D and G is less than 0.03 m. The integrity of the rubble base in the interval

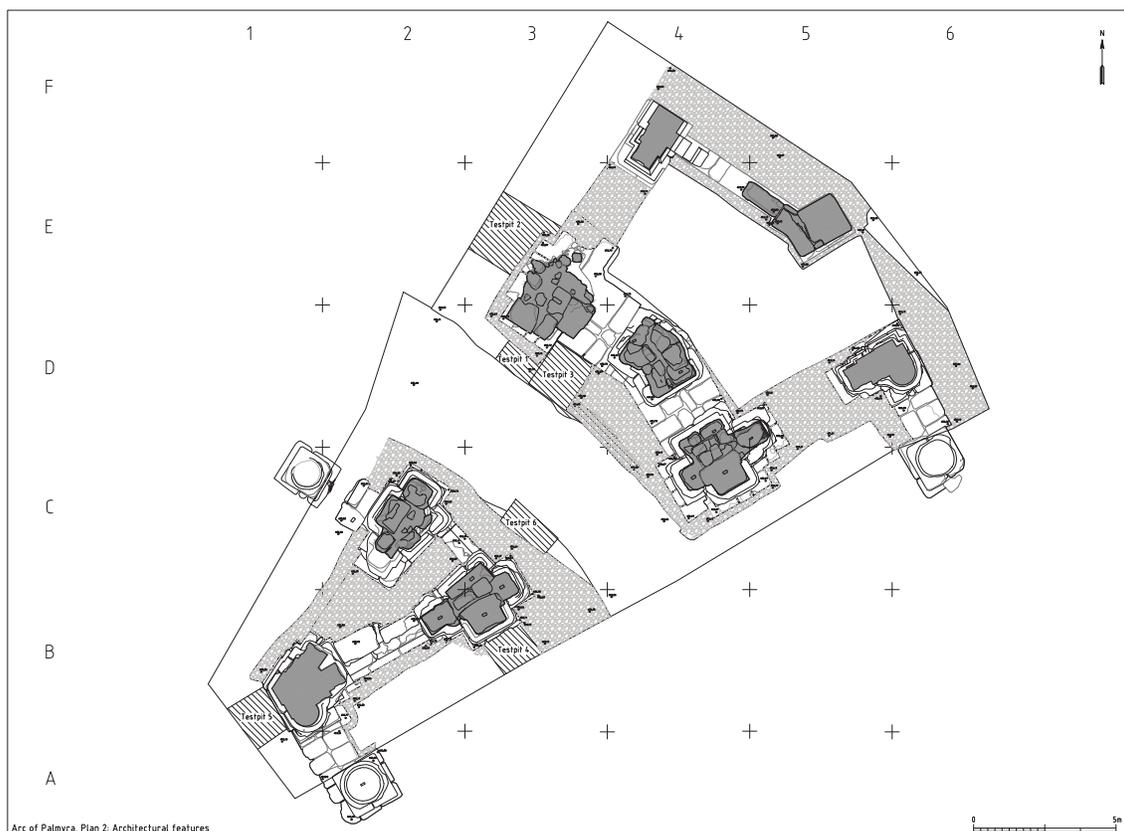


Рис. 9. Триумфальная Арка Пальмиры. План фундамента с шурфами
Fig. 9. Triumphal Arch of Palmyra. Foundation plan with testpits



Рис. 10. Триумфальная Арка Пальмиры. Ступенчатое бутовое основание фундамента
 Fig. 10. Triumphal Arch of Palmyra. Stepped rubble foundation base

высотой 0,45–0,50 м, отступающее в плане внутрь на 0,10–0,40 м. Судя по следам ручной обмазки и характеру поверхности, опалубка для устройства вертикальной плоскости ступени не использовалась, материал держался за счет пластичности раствора. Верхняя плоскость бутового основания грубо выровнена с обмазкой раствором, перепад отметок верха между зонами пилонов А и F 0,08 м, между D и G менее 0,03 м. Целостность бутового основания в промежутке между пилонами C/G и G, нарушена, вероятно, в средневековый период.

На верхнюю ступень бутового основания сверху уложен один ряд фундаментных блоков высотой от 0,50 до 0,60 м, выполненных также из мраморизованного известняка (рис. 11). Вертикальные грани блоков отесаны более грубо, верхняя плоскость – более чисто. Ряд фундаментных блоков единой платформой связывает между собой пилоны А, А/F и F (рис. 12); более узкая в плане связка выложена между пилонами С и C/G. Края фундаментной кладки не соответствуют строго квадратам первого наземного ряда, выступая в некоторых местах на 0,30–0,35 м, а где-то располагаясь почти вровень с вышележащими частями. Перепад отметок верхней плоскости фундаментных блоков

between pylons C/G and G was probably impaired during the Medieval period.

The rubble foundation is topped with one row of foundation blocks 0.50 to 0.60 m high of marmorized limestone (Fig. 11). The vertical edges of the blocks are more roughly dressed, the upper plane is cleaner. The row of the foundation blocks connects pylons A, A/F and F (Fig. 12) by a common platform; the narrower connection is laid between pylons C and C/G. The edges of the foundation masonry do not correspond strictly to the quadras of the first above-ground row, projecting in some places by 0.30–0.35 m, and in some places being almost flush with the parts above. The difference in marks of the upper plane of the foundation blocks between the opposite edges of the Arch does not exceed 0.03–0.05 m. The approximate correspondence between the plan of the foundation blocks and the overlying structure is accounted for by the fact that the finishing marks were already applied on top of the foundation, and the exact alignment of the vertical marks was made in the area of the first above-ground row, the difference of the upper plane being not more than 0.02 m. A drawing of the marking managed to find on pylon C/G which has survived



Рис. 11. Триумфальная Арка Пальмиры. Бутовое основание и каменные блоки фундамента
Fig. 11. Triumphal Arch of Palmyra. Rubble base and stone foundation blocks



Рис. 12. Триумфальная Арка Пальмиры. Единая платформа фундамента под пилонами А, А/В и В
Fig. 12. Triumphal Arch of Palmyra. Single foundation platform under pylons A, A/F and F

между противоположными краями Арки не превышает 0,03–0,05 м. Приблизительность соответствия плана фундаментных блоков и вышележащей структуры объясняется тем, что чистовая разметка наносилась уже по верху фундамента, а точное выравнивание вертикальных отметок производилось в зоне первого наземного ряда, верхняя плоскость которого имеет перепад не более 0,02 м. Чертеж разметки удалось обнаружить на пилоне C/G, который сохранился до первого наземного ряда включительно. На верхней плоскости пилона хорошо видна разметка, зеркально соответствующая плинту базы пилона G, под которой замечен край такой же разметки. Визуальное обследование открытых участков бутового основания и фундаментных блоков позволяет предполагать, что подземные конструкции Арки не пострадали при взрыве. Исключение составляет зона пилона А, где было заложено взрывное устройство – здесь заметно расстрескивание и выкрашивание фундаментных блоков в результате термобарического воздействия.

Изучение культурного слоя вокруг Арки выявило ряд археологических объектов, относящихся к различным периодам существования города Пальмиры (рис. 13; 14). В промежутке между пилонами А, А/Г, Г, В и Е открыта дорога шириной около 5,0 м – одна из центральных улиц Пальмиры, пересекавшая город по линии юго-восток–северо-запад (рис. 13; 15) и существовавшая еще до строительства Арки. Дорога не имела никакого мощения и состояла из прослоек утоптанной глины и мелкого щебня, толщиной 0,60 м. Прослежено не менее пяти слоев обновления дороги. Как было установлено, на юго-востоке дорога на длину 4–5 м была нарушена в ходе реставрации в XX в.

В промежутке между пилонами А, А/Г, Г и дорогой была устроена яма 1 прямоугольной в плане формы размерами 0,70 × 0,50 м, глубиной 0,60 м, ориентированная длинной осью по линии северозапад–юго-восток, заполненная темным золистым суглинком. Яма частично повредила бутовый фундамент Арки. На месте ямы 1 заложен шурф 1 размерами 2,0 × 1,50 м, глубиной 0,70 м, для выяснения конструкции пилона А (рис. 9). В бортах шурфа прослежен фундамент пилона А, выступающий на 0,30 м от края основания пилона (рис. 16).

Яма 2 размерами 2,0 × 1,50 м, глубиной 1,10 м, уходит в северо-западный борт раскопа. Дно ямы устроено в слое фундаментной забутовки пилона А. Яма заполнена суглинком желто-серого цвета с большим количеством камней разных размеров с примесью находок Новейшего времени. На месте ямы 2 заложен шурф 2 для выяснения конструкции фундамента пилона А (рис. 9). Как было установлено, яма прорезала слой щебенки у основания пилона А.

to the first over-ground layer inclusive. On the upper plane one can clearly see the markings mirroring the base plinth of pylon G, under which one can see the edge of the similar markings. A visual inspection of the open areas of the rubble base and foundation blocks suggests that the underground structures of the Arch were not damaged by the blast. The exception is the zone of pylon A, where an explosive device was laid – cracking and chipping of the foundation blocks as a result of thermobaric impact is noticeable here.

The study of the cultural layer around the Arch revealed a number of archeological sites which refer to different periods of existence of the site of Palmyra (Fig. 13; 14). In the space between pylons A, A/F, F, B and E, at D–C/2–4, a road 5.0 m wide was opened – one of the central streets of Palmyra, which crossed the city along the southeast-northwest line (Fig. 13; 15) and had existed before the construction of the Arch. The road was not paved and consisted of 0.60 m thick interlayers of trampled clay and fine rubble. At least five layers of the road renewal were traced. It was found that in the southeast, the road was disturbed for 4–5 m in the course of restoration in the 20th century.

In the space between pylons A, A/F, F and the road, pit 1 was arranged having a rectangular shape with dimensions of 0.70 × 0.50 m, 0.60 m deep, its long axis oriented along the north-west – south-east line filled with dark ashy loam soil. The pit partly damaged the rubble foundation of the Arch. In the place of pit 1 a 2.0 × 1.50 m, 0.70 m deep exploring testpit was laid to find out the structure of pylon A (Fig. 9). In the sides of the exploring testpit the rubble foundation of pylon A was traced protruding 0.30 m from the edge of the pylon base (Fig. 16).

Pit 2 of 2.0 × 1.50 m, 1.10 m deep, goes to the north-western side of the digging area. The bottom of the pit is arranged in the layer of stone backfilling of pylon A. It is filled with yellow-grey loam soil with a large number of stones of different sizes with an admixture of findings of the New Age. In the place of pit 2 an exploring testpit 2 was laid to clarify the structure of the foundation of pylon A (Fig. 9). It was found that the pit cut through the rubble layer at the base of pylon A.

Further to the northeast there was a clayey-ashy layer of the time of construction of the Arch, its ash saturation increasing in the lower part. The greatest quantity of archaeological material comes from this layer: ceramic findings of the Roman time with an admixture of materials of later epochs – Medieval, New and Modern – due to the subsequent excavations.



Рис. 13. Триумфальная Арка Пальмиры. План раскопа с выявленными конструкциями
 Fig. 13. Triumphal Arch of Palmyra. Excavation plan with exposed structures

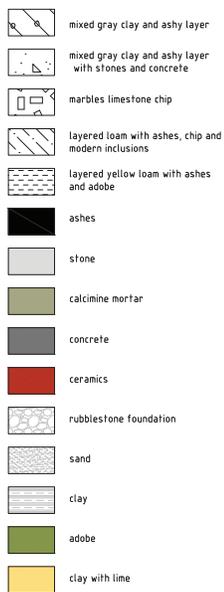


Рис. 14. Триумфальная Арка Пальмиры. Условные обозначения
 Fig. 14. Triumphal Arch of Palmyra. Legend



Рис. 15. Триумфальная Арка Пальмиры. Центральная улица (Большая колоннада). Вид с северо-запада
Fig. 15. Triumphal Arch of Palmyra. Central Street (Great colonnaded street), view from the northwest



Рис. 16. Триумфальная Арка Пальмиры. Шурф 1. Основание пилона А с фундаментом. Вид с северо-запада
Fig. 16. Triumphal Arch of Palmyra. Testpit 1. Pylon A base with foundation. View from the northwest

Далее к северо-востоку залегал глинисто-золистый слой времени сооружения Арки, его насыщенность золой возрастала в нижней части. Из этого слоя происходит наибольшее количество археологического материала – керамических находок римского времени с примесью материалов более поздних эпох – средневековой, Новой и Новейшей – вследствие последующих перекопов. К последним относятся две ямы, одна из которых диаметром около 1 м, заполненная суглинком желтого цвета и камнями, не раскапывалась. Вторая – яма 3 – заполнена глинистой супесью желто-серого цвета с большим количеством камней разных размеров. Яма 3 уходит в северо-западный и северо-восточный борта раскопа, открытая часть размерами 2,0 × 3,0 м, глубиной 3,50 м. Археологический материал из заполнения ямы хронологически неоднородный, с большой примесью находок Новейшего времени. Есть основания полагать, что эта яма (шурф?) была вырыта во время реставрации 30-х гг. XX в. с целью выяснения конструктивных особенностей подземных частей Арки. Именно в этой яме удалось проследить нижнюю границу бутового основания фундамента (рис. 17).

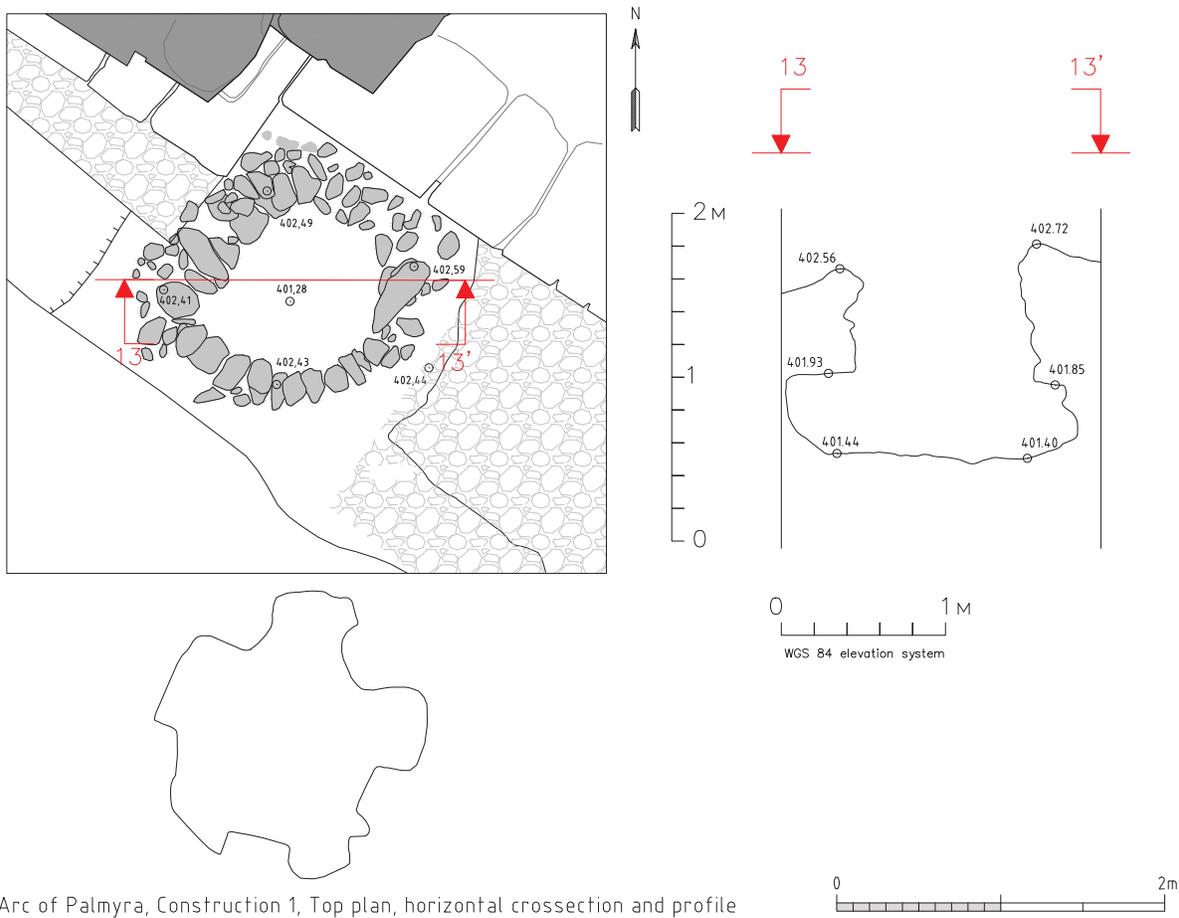
На участке у юго-западного угла пилона А была сооружена Конструкция 1, у юго-западного угла пилона F – Конструкция 2 (рис. 13). Конструкция 1 (рис. 18; 19) представляла собой яму круглой в плане

The latter include two pits, one of them, about 1 m in diameter, filled with yellow loam and stones, was not excavated. The second, pit 3, is filled with clayey yellow-grey loam soil with many stones of different sizes. Pit 3 goes to the northwestern and northeastern sides of the excavation, the open part measures 2.0 × 3.0 m, 3.50 m deep. The archaeological material from the pit filling is chronologically heterogeneous, with a large admixture of findings of the Modern time. There is reason to believe that this pit (exploring testpit?) was dug during the restoration of the 1930s to specify the design features of the underground parts of the Arch. It became possible to trace the lower boundary of the rubble base of the foundation in this pit (Fig. 17).

On the area near the south-western corner of pylon A Construction 1 was built, near the south-western corner of pylon F – Construction 2 (Fig. 13). Construction 1 (Fig. 18; 19) was a round-shaped pit with the upper diameter of 1.0 m, 1.30 m deep; its bottom is flat, 1.40 m in diameter, and arranged in the rubble foundation of pylon A. The walls of the pit in the upper part at a depth of 0.40 m are lined up with medium-sized stones according to the “herringbone” system. There are four rows of masonry resting on five stone slabs placed edgeways. The intervals between the slabs formed niches 0.50 m wide (Fig. 20). The filling was



*Рис. 17. Триумфальная Арка Пальмиры. Яма 3. Бутовое основание фундамента. Вид с северо-востока
Fig. 17. Triumphal Arch of Palmyra. Pit 3. Rubble base of the foundation. View from the northeast*



Arc of Palmyra, Construction 1, Top plan, horizontal crosssection and profile

Рис. 18. Триумфальная Арка Пальмиры. Конструкция 1. План и разрез
 Fig. 18. Triumphal Arch of Palmyra. Structure 1. Plan and section



Рис. 19. Триумфальная Арка Пальмиры. Конструкция 1. Вид с северо-востока
 Fig. 19. Triumphal Arch of Palmyra. Structure 1. View from the northeast



Рис. 20. Триумфальная Арка Пальмиры. Конструкция 1. Ниша. Вид с северо-востока
Fig. 20. Triumphal Arch of Palmyra. Structure 1. Niche. View from the northeast

формы диаметром устья 1,0 м, глубиной 1,30 м, ее дно ровное, диаметром 1,40 м, устроено в бутовом фундаменте пилона А. Стенки ямы в верхней части на глубину 0,40 м обложены камнями средних размеров по системе «в елочку». Промежутки между рядами кладки, которые опираются на пять каменных плит, поставленных на ребро. Промежутки между плитами образовывали ниши шириной 0,50 м (рис. 20). Заполнение – глинисто-золистый грунт светло-коричневого цвета. Конструкция 1 могла служить в качестве своеобразного погреба – хранилища продуктов. По завершению исследования Конструкция 1 была разобрана и превращена в шурф 3 размерами 2,0 × 2,0 м, глубиной 1,20 м (рис. 9) с целью изучения фундамента пилона А/В. В южном борту шурфа хорошо видны глинистые и щебенистые прослойки, из которых сложен массив Главной улицы, в восточном и западном бортах – выступающий бутовый фундамент пилона, в северном борту – основание пилона А, единая платформа фундамента и бутовое основание фундамента (рис. 21–23).

Конструкция 2 представляла собой яму овальной в плане формы размерами 1,30 × 0,80 м, глубиной 1,0 м (рис. 24; 25), ориентирована по линии северо-запад–юго-восток, ее дно неровное, устроено в глинистом основании дороги, в юго-восточной части облицовано

clayey-ashy soil of light brown color. Construction 1 could serve as an underground storage for products. Upon completion of the survey, Construction 1 was dismantled and turned into a 2.0 × 2.0 m, 1.20 m deep exploring testpit 3 (Fig. 9) to study the foundation of pylon A/F. In the southern side of the testpit one can clearly see clay and rubble interlayers, of which the Main Street massif was composed, in the eastern and western sides – the projecting rubble foundation of the pylon, in the northern side – the base of pylon A, a common platform of the foundation and the rubble base of the foundation (Fig. 21–23).

Construction 2 was an oval pit of 1.30 × 0.80 m, 1.0 m deep (Fig. 24; 25), oriented along the northwestern – southeastern line, its bottom is uneven, arranged in the clay base of the road, in the south-east part it is lined with a stone slab. The top of the pit is lined up with stones to a depth of 0.40 m, below the pit walls are daubed with clay. From the south-eastern end of the pit, there is a 0.15 m wide gutter, lined with flat stones. The filling of Construction 2 is dark brown loam soil with small stones. Judging by the location of Construction 2 directly on the Main Street area, it could be used as a drinker for domestic animals. Two pits 4 and 5 were found close to it, the latter was later turned into testpit 6 (Fig. 13; 26).



Рис. 21. Триумфальная Арка Пальмиры. Шурф 3. Вид с северо-запада
Fig. 21. Triumphal Arch of Palmyra. Testpit 3. View from the northwest



Рис. 22. Триумфальная Арка Пальмиры. Шурф 3. Стратиграфия Главной улицы. Вид с севера
Fig. 22. Triumphal Arch of Palmyra. Testpit 3. Stratigraphy of the Central street. View from the north



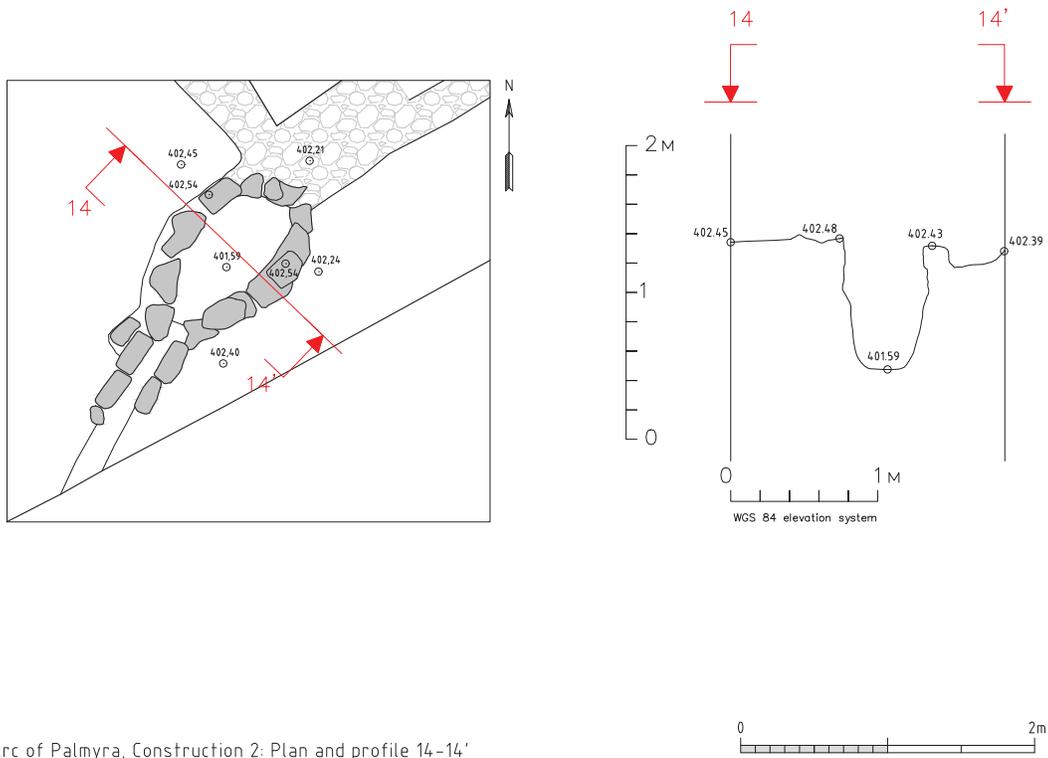
Рис. 23. Триумфальная Арка Пальмиры. Шурф 3. Северный борт
Fig. 23. Triumphal Arch of Palmyra. Testpit 3. North side

каменной плитой. Верх ямы обложен камнями на глубину 0,40 м, ниже стенки ямы обмазаны глиной. От юго-восточного окончания ямы отходит водосток шириной 0,15 м, обложенный плоскими камнями. Заполнение конструкции 2 – суглинок темно-коричневого цвета с мелкими камнями. Судя по расположению Конструкции 2 непосредственно на участке Главной улицы, она, вероятно, могла быть использована в качестве поилки для домашних животных. Поблизости от нее обнаружены две ямы – 4 и 5, последняя позднее была превращена в шурф 6 (рис. 13; 26).

Яма 4 овальной в плане формы размерами 1,80 × 0,60 м, ориентированная по линии северо-восток–юго-запад, была вырыта прямо в полотне дороги, на глубине 1,30 м с двух сторон образованы уступы шириной около 0,30 м. Заполнение ямы – суглинок серо-желтого цвета с камнями, у дна приобретающий более темный оттенок, почти без керамических находок. Яма 5 (рис. 13) прорезает край дороги и повреждена бутовым фундаментом пилона Е, сохранилась половина ямы размерами 2,0 × 0,80 м, на глубину 0,20 м, заполненная золыстым суглинком темного цвета. После его выборки яма была превращена в шурф 6 размерами

Pit 4 of oval shape, 1.80 × 0.60 m, elongated along the northeast-southwest line, was dug right in the road bed at a depth of 1.30 m, with benches about 0.30 m wide on both sides. The filling of the pit is greyish-yellow loam soil with stones, getting a darker shade at the bottom, almost without ceramic findings. Pit 5 (Fig. 13) cuts through the edge of the road and is damaged by the rubble foundation of pylon E; half of the pit of 2.0 × 0.80 m, 0.20 m deep, filled with ashy dark-colored loam soil is preserved. After excavation, the pit was turned into a 2.0 × 1.0 m, 0.80 m deep testpit 6 (Fig. 9). The southern side of the testpit is arranged along the edge of the pylon E rubble foundation, the northern side shows the roadbed stratigraphy with loam soil and ceramic interlayers as a result of regular renewal of its daylight surface.

Two testpits were dug at the base of pylons E and D. Testpit 4 (Fig. 9), measuring 2.0 × 2.0 m, is located at the eastern edge of the base of pylon E, dug to a depth of 1.70 m. Its western side shows the presence and condition of the rubble foundation under the slab base of pylon E, the other three sides clearly show numerous clay and rubble interlayers formed during the construction of the Arch, disturbed in some



Arc of Palmyra, Construction 2: Plan and profile 14-14'

Рис. 24. Триумфальная Арка Пальмиры. Конструкция 2. План и разрез
 Fig. 24. Triumphal Arch of Palmyra. Structure 2. Plan and section



Рис. 25. Триумфальная Арка Пальмиры. Конструкция 2. Вид с севера
 Fig. 25. Triumphal Arch of Palmyra. Structure 2. View from the north



Рис. 26. Триумфальная Арка Пальмиры. Главная улица. Конструкция 2. Ямы 4 и 5. Вид с юго-востока
Fig. 26. Triumphal Arch of Palmyra. The Central street. Structure 2. Pits 4 and 5. View from the southeast

2,0 × 1,0 м, глубиной 0,80 м (рис. 9). Южный борт шурфа устроен вдоль края бутового фундамента пилона Е, северный борт отражает стратиграфию полотна дороги с прослойками суглинка и керамики как результата регулярного обновления ее дневной поверхности.

У основания пилонов Е и D были заложены два шурфа. Шурф 4 (рис. 9) размерами 2,0 × 2,0 м, расположен у восточного края основания пилона Е, выкопан на глубину 1,70 м. Его западный борт отражает наличие и состояние бутового фундамента под плитовым основанием пилона Е, в остальных трех бортах хорошо видны многочисленные глинистые и щебенистые прослойки, образовавшиеся во время строительства Арки, местами нарушенные более поздними перекопами. Шурф 5 (рис. 9; 11) размерами 2,0 × 2,0 м, глубиной 1,50 м, расположен вдоль юго-западного края бутового фундамента пилона D, к которому примыкают остатки кладки более раннего времени. На этом же участке, вдоль пилона D были обнаружены поврежденные и перемещенные керамические трубы средневекового водопровода, позднее залитые бетоном (рис. 13).

places by later excavations. Testpit 5 (Fig. 9; 11), 2.0 × 2.0 m, 1.50 m deep, is located along the south-western edge of the rubble foundation of pylon D, which is adjoined by remains of earlier masonry. In the same area, along pylon D, damaged and displaced ceramic medieval water pipes, later poured with concrete (Fig. 13) were found.

To the north-west of pylon B, a well-preserved section of an antique ceramic water pipe was found, laid in a specially prepared canal covered with stone slabs (Fig. 13; 27). The open water duct is about 8 m long, the 1.0 m wide canal was built of slabs of marmorized limestone set edgewise, with drawn geometric signs, faces and rosettes seen on one of them (Fig. 28). Further to the south, the water duct was damaged by a modern pit; opposite it, to the north, the canal and its covering were better preserved on the road section. The covering consisted of densely laid stone slabs with smaller stones backfilling of the spaces between them. The water duct crossed the Main Street with a slight bend and probably continued on the other side of it.

К северо-западу от пилона В обнаружен хорошо сохранившийся участок античного керамического водопровода, уложенного в специально подготовленный канал, перекрытый каменными плитами (рис. 13; 27). Протяженность открытого участка водопровода составила около 8 м, канал шириной 1,0 м по краям был сложен из поставленных на ребро плит мраморизованного известняка, на широкой плоскости одной из которых видны прочерченные геометрические знаки, личины и розетки (рис. 28). Далее к югу водопровод был поврежден современной ямой, напротив в северном направлении, на участке дороги канал водопровода и его перекрытие сохранились лучше. Перекрытие состояло из плотно уложенных каменных плит с забутовкой промежутков между ними камнями меньших размеров. Водопровод пересекал Главную улицу с небольшим изгибом и, вероятно, продолжался на другой ее стороне.

К археологическим объектам более позднего времени относились два комплекса, при строительстве которых было использовано внутреннее пространство между пилонами А, А/Ф, F и С, С/Г, G и участок к юго-востоку от пилонов D и E. В первом случае все пространство было перекрыто мощным золистоглинистым слоем, насыщенным обломками керамики античного и средневекового периодов, костями животных, отходами кухонного производства. После разбора этого слоя были открыты остатки небольшой печи и очагов, к которым примыкал участок хорошо утоптанного глинобитного пола с ямками от столбов для установки легкого навеса и каменным пестиком (рис. 13; 29). В одном из очагов найден глиняный светильник римского времени (рис. 30; 31).

На участке к юго-востоку от пилонов D и E открыта часть жилой или хозяйственной постройки средневековой эпохи, которая уходила в восточный борт раскопа (рис. 13). К ней относились три небрежно сложенные из камня и сырца кладки, одна из которых однолицевая, и глинобитная (сырцовая) тумба, оштукатуренная с трех сторон.

В ходе археологических раскопок на участке пилонов Триумфальной Арки обнаружено около 12000 находок, преимущественно керамических. Наибольший массив археологического материала приходится на культурные слои, перекрывавшие фундаментные конструкции пилонов Арки. В процессе разборки этих культурных напластований сделано более 4000 керамических находок, большая часть которых приходится на обломки амфорной тары (52 %), удельный вес столовой посуды разных типов составил 19,5 %, на долю кухонной керамики приходится 11,6 % находок, и, наконец, фрагменты сосудов хозяйственного

The archaeological sites of the later periods included two complexes built with the use of the inner space between pylons A, A/F, F and C, C/G, G, and the area southeast of pylons D and E. In the first case, the entire space was covered by a thick ashy-clayey layer filled with fragments of ceramic of the classical and medieval periods, animal bones, kitchen waste. After they were removed, the remains of a small oven and hearths were opened, with an adjacent area of well-compacted clay floor with holes from posts to install a light shelter and a stone pestle (Fig. 13; 29). A clay lamp dating back to the Roman period was found in one of the hearths (Fig. 30; 31).

A part of a medieval dwelling or a household building which went under the eastern side of the excavation was opened on the area southeast of pylons D and E (Fig. 13). It included three coarsely stacked masonry structures, one of which was single-faced, and an earthen (adobe) bollard plastered on three sides.

During the archaeological excavations in the area of the pylons of the Arch of Triumph about 12,000 findings were discovered, mainly ceramic ones. The largest amount of the archaeological material accounts for the cultural layers overlapping the foundation structures of the Arch pylons. In the process of digging of these cultural strata more than 4,000 ceramic findings were made, the main part of them being fragments of amphoras (52 %), the share of tableware of different types is 19.5 %, the share of kitchen ceramics is 11.6 % of the findings, and finally fragments of vessels for domestic use and storage of agricultural products account for 16.5 % of the fragments. Other categories of the archaeological material are represented to a much lesser extent, including lamps, loom weight from an amphora wall, single copper coins, fragments of glass vessels, stone architectural details, in particular acrotherium (Fig. 32).

Of special note are the findings from the layer overlapping the inner space between pylons A, A/F, F and C, C/G, G. More than 6,500 fragments of ceramic vessels, mainly amphoras (66 %), were found during its dismantling; fragments of jugs, bowls and plates of various types of tableware prevailed (18 % of the fragments); the share of kitchen ceramics, mainly pots and bowls, was 8.5 % of all ceramic findings; vessels for domestic use (pythos, hums and basins) accounted for 6.8 % of the fragments. In addition, parts of lamps, fragments of glazed crockery and 13 fragments of glass vessels, an iron knife blade and a copper coin were found in a considerable quantity. Of particular note are the findings of two locally made terracotta figurines (Fig. 33).



Рис. 27. Триумфальная Арка Пальмиры. Остатки античного водопровода. Вид с юго-востока
Fig. 27. Triumphal Arch of Palmyra. Remains of the water supply system. View from the southeast



Рис. 28. Триумфальная Арка Пальмиры. Канал античного водопровода с плитой с рисунками. Вид с запада
Fig. 28. Triumphal Arch of Palmyra. Canal of the water pipe with a slab with drawings. View from the west



Рис. 29. Триумфальная Арка Пальмиры. Пространство между пилонами А, А/Ф, F и С, С/Г, G с обнаруженными объектами. Вид с северо-востока

Fig. 29. Triumphal Arch of Palmyra. Space between pylons A, A/F, F and C, C/G, G with excavated objects. View from the northeast



Рис. 30. Триумфальная Арка Пальмиры. Пространство между пилонами А, А/Ф, F и С, С/Г, G. Святильник в очаге. Вид с северо-запада

Fig. 30. Triumphal Arch of Palmyra. Space between pylons A, A/F, F and C, C/G, G. Lamp in the hearth. View from northwest



*Рис. 31. Триумфальная Арка Пальмиры. Свотильник, обнаруженный в очаге. III–IV вв.
Fig. 31. Triumphal Arch of Palmyra. Lamp found in the hearth. 3rd–4th centuries*



*Рис. 32. Триумфальная Арка Пальмиры. Акротерий из мраморовидного известняка. Римское время
Fig. 32. Triumphal Arch of Palmyra. Acroterium of marble-like limestone. Roman period*



*Рис. 33. Триумфальная Арка Пальмиры. Обломок терракотовой статуэтки. Римское время
Fig. 33. Triumphal Arch of Palmyra. Fragment of a terracotta figurine. Roman period*



*Рис. 34. Триумфальная Арка Пальмиры. Обломок фимиатерия. Римское время
Fig. 34. Triumphal Arch of Palmyra. Fragment of phymiatery. Roman period*

назначения, приспособленных для бытовых нужд и хранения сельскохозяйственной продукции, составляют 16,5 % обломков. Другие категории археологического материала представлены в значительно меньшей мере, к ним относятся светильники, ткацкое грузило из стенки амфоры, единичные медные монеты, обломки стеклянных сосудов, каменные архитектурные детали, в частности акротерий (рис. 32).

Особо следует отметить находки из слоя, перекрывавшего внутреннее пространство между пилонами А, А/В, В и С, С/Г, Г. При его разборке было найдено более 6500 обломков керамических сосудов, в основном амфорной тары (66 %), в составе столовой посуды (18 % обломков) преобладали фрагменты кувшинов, мисок и тарелок разных типов, удельный вес кухонной керамики, большей частью кастрюль и мисок, составил 8,5 % всех керамических находок, на долю сосудов хозяйственного назначения (пифосов, хумов и тазов) приходилось 6,8 % фрагментов. Кроме этого, найдены фрагменты поливной посуды, обломки

Ceramic findings from the filling of the pits, testpits and constructions, though presented in a smaller quantity, as a whole repeat the composition of the ceramic complex from the cultural layers; of special note is a fragment of a phimiateria (Fig. 34). The ratio of the main categories of the ceramics found in the upper layers of the Main Street, which accounts for 451 fragments of the vessels, does not differ, either, from the composition of the ceramic findings from the cultural strata of the survey area.

The results of the full-scale archaeological investigations of the entire territory on which the Triumphal Arch of Palmyra was built (Fig. 35) conducted by the joint creative team of the IHMC RAS and DGAM in the autumn of 2022 fully confirmed the correctness of the decision to excavate it made in spring. First of all, for the first time the world science has received reliable data on the structure of the Arch's foundations and their condition after the blast of the Arch by terrorists in 2015. This unique information about the architecture and



Рис. 35. Триумфальная Арка Пальмиры. Участок исследования с открытыми археологическими объектами. Вид с запада

Fig. 35. Triumphal Arch of Palmyra. Excavation area with open archaeological objects. View from the west

светильников, 13 фрагментов стеклянных сосудов, лезвие железного ножа, медная монета. Особо следует отметить находки двух терракотовых статуэток местного производства (рис. 33).

Керамические находки из заполнения ям, шурфов и конструкций, хотя и представлены в меньшем количестве, в целом повторяют состав керамического комплекса из культурных слоев, особо следует отметить обломок фимиатерия (рис. 34). Соотношение основных категорий керамики, найденной в верхних слоях Главной улицы, на которую приходится 451 обломок сосудов, также не отличается от состава керамических находок из культурных напластований участка исследований.

Результаты проведенных осенью 2022 г. объединенным творческим коллективом ИИМК РАН и ДГАМ полномасштабных археологических исследований всей территории, на которой выстроена Триумфальная Арка Пальмиры (рис. 35), полностью подтвердили правильность принятого весной решения о необходимости проведения археологических раскопок. Прежде всего, мировая наука впервые получила достоверные данные о конструкции фундаментов Арки и их состоянии после взрыва Арки террористами в 2015 г. Полученные уникальные сведения об архитектуре и сохранности памятника, будут не только положены в основу разрабатываемого проекта реставрации Триумфальной Арки Пальмиры, но и войдут в научный оборот в качестве источника по античной истории и архитектуре. Наряду с этим, в ходе археологических исследований впервые получены свидетельства об использовании и пространственной организации этого участка города в разные исторические эпохи.

Как было установлено, его основной планировочной осью с древнейших времен служила Главная улица города, на которой, или рядом с ней в отдельные исторические периоды, в основном уже после возведения Арки, появлялись объекты различного назначения. К ним относились хозяйственные ямы и погреб для хранения сельскохозяйственной продукции, поилка для домашнего скота, водопроводы, жилые и хозяйственные строения. Многочисленные и разнообразные археологические материалы, найденные в ходе раскопок, отражают разные стороны жизни и быта жителей Пальмиры с римской эпохи до Средневековья.

preservation of the monument will not only lay down as a basis in the restoration project of the Triumphal Arch of Palmyra but will be introduced to the scientific community as a source on antique history and architecture. In addition, during the archaeological survey evidences of the use and spatial organization of the site in different historical periods have been obtained for the first time.

It has been found out that since ancient time Palmyra's main planning axis was the Main Street, on which or next to which objects for different purposes appeared in certain historical periods, mainly after the construction of the Arch. These included middens and a cellar for storing agricultural products, drinking troughs for livestock, water pipes, dwellings and outbuildings. The numerous and varied archaeological materials found during the excavations reflect the different aspects of life and way of life of the inhabitants of Palmyra from the Roman era to the Middle Ages.

Источники и литература
Bibliography

- Бунни А., Ал-Ас'ад Х., 2016. Пальмира: история, памятники, музей. М.
- Михаловский К., Дзевановский А., 1968. Пальмира. Варшава.
- Соловьева Н.Ф., 2021. Работы ИИМК РАН по сохранению культурного наследия Сирии // Бюллетень ИИМК РАН. № 11.
- Соловьева Н.Ф., Соловьев С.Л., Блохин Е.К., 2017. Пальмира во времени и пространстве // Бюллетень ИИМК РАН. № 6.
- Соловьева, Н.Ф., Соловьев С.Л., Блохин Е.К., Казаков Э.Э., 2019. Пальмира во времени и пространстве // Прошлое человечества в трудах петербургских археологов на рубеже тысячелетий (к 100-летию создания российской академической археологии). СПб.
- Amy R., 1933. Premières restaurations de l'Arc monumental de Palmyre // Syria. Archéologie, art et histoire année. Paris. Vol. 14, № 4.

Археологические находки из раскопок Триумфальной Арки в Пальмире

Archaeological Finds from the Excavations of the Triumphal Arch in Palmyra

Ф. Ш. Аминов¹, С. Л. Соловьев²
F. Sh. Aminov¹, S. L. Solovyev²

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-47-64

В ходе археологических исследований Триумфальной Арки Пальмиры в 2022 г. было найдено около 12000 находок, большую часть которых составляют фрагменты керамических сосудов. Другие категории находок – стеклянные, металлические и каменные изделия – представлены в меньшем количестве. В основной своей массе керамические находки представляют собой фрагменты красноглиняной посуды. Найдено лишь несколько стенок сероглиняной керамики. В функциональном отношении комплекс керамических находок подразделяется на следующие категории: 1) амфоры; 2) столовая посуда; 3) кухонная посуда; 4) хозяйственная керамика; 5) строительная керамика.

Амфоры

Большая часть найденной керамики – 59 % обломков – относится к амфорной таре, представленной верхними частями сосудов – краями и горлами, а также стенками и донцами (рис. 1–5). Целые формы из фрагментов не восстанавливаются.

Горла амфор имели цилиндрическую, трапециевидную и коническую формы. Горла цилиндрической формы характеризуются выделенным, слегка утолщенным краем (рис. 1: 1–3; 3: 2–4), иногда с выемкой для крышки или пробки (рис. 1: 3; 3: 3). Поверхность горла иногда декорирована горизонтальными прорезанными линиями (рис. 2: 4; 3: 3, 4). Горла трапециевидной формы слегка расширяются от венчика к тулову. Край таких амфор утолщен (рис. 1: 4). Конические горла слегка сужаются от венчика к тулову (рис. 2: 1, 2, 5; 3: 1, 5). Их края утолщены (рис. 2: 2; 3: 1, 5), порой профилированы (рис. 3: 1, 5).

Ручки амфор чаще расположены немного ниже венчика и лишь в некоторых случаях на его крае.

During archaeological research of the Palmyra's Triumphal Arch in 2022, there were discovered about 12,000 finds, most of which are fragments of ceramic vessels. Other categories of finds – glass, metal, and stone products – are presented in smaller quantities. For the most part, ceramic finds belong to the category of red clay dishes. Only a few walls of gray-clay ceramics were found. In functional terms, a complex of ceramic finds is divided into the following categories: 1) amphorae; 2) tableware; 3) kitchen ware; 4) household ceramics; 5) constructional ceramics.

Amphorae

The most of the ceramics found – 59 % of the debris – belongs to amphora containers represented by the upper parts of vessels – rims and necks, walls and bottoms (Fig. 1–5). The found fragments do not allow restoring the whole shape of a vessel.

Amphora's necks had a cylindrical, trapezoidal, and conical shape. The necks of cylindrical shape are characterized by an outlined, slightly thickened edge (Fig. 1: 1–3; 3: 2–4), sometimes with a notch for a lid or stopper (Fig. 1: 3; 3: 3). The surface of the neck is sometimes decorated with horizontal drawn lines (Fig. 2: 4; 3: 3, 4). The trapezoidal necks slightly expand from the rim to the body. The edge of such amphorae is thickened (Fig. 1: 4). Conical neck is slightly narrowed from the rim to the body (Fig. 2: 1, 2, 5; 3: 1, 5). Their edges are thickened (Fig. 2: 2; 3: 1, 5), sometimes profiled (Fig. 3: 1, 5).

Amphora's handles are more often located slightly below the rim and only in some cases on its edge. In cross section, they have an oval, sometimes profiled shape; the thickness of the handles varies (Fig. 1: 3, 4; 2: 1, 3, 5, 6; 4: 1–8).

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: firuzaminov@gmail.com.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: ssl2610@yandex.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: firuzaminov@gmail.com.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: ssl2610@yandex.ru.

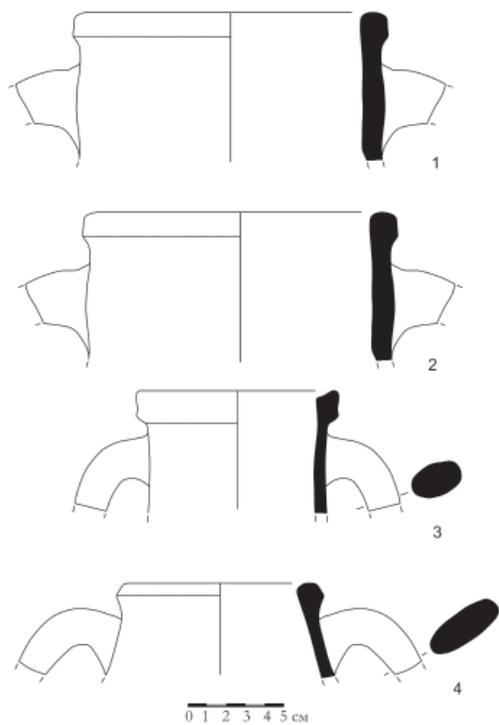


Рис. 1. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Амфоры
Fig. 1. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Amphorae

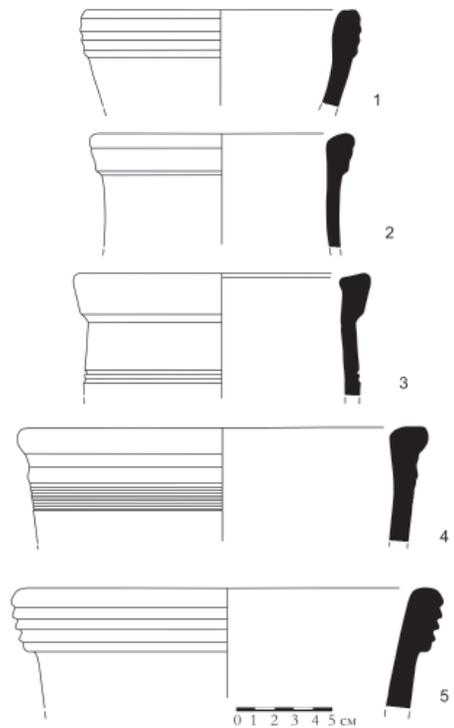


Рис. 3. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Амфоры
Fig. 3. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Amphorae

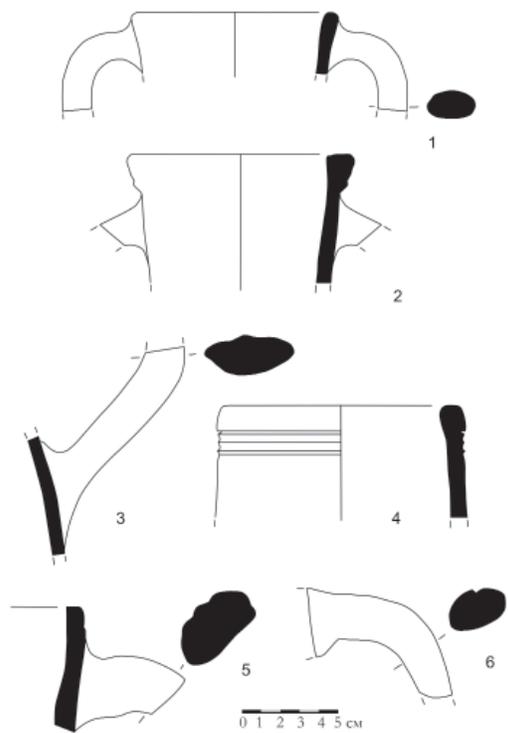


Рис. 2. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Амфоры
Fig. 2. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Amphorae

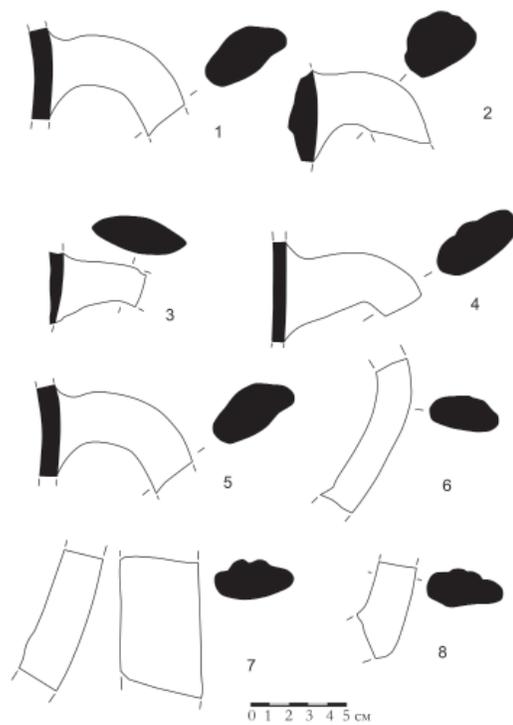


Рис. 4. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Амфоры
Fig. 4. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Amphorae

В сечении они имеют овальную, иногда профилированную форму, толщина ручек различается (рис. 1: 3, 4; 2: 1, 3, 5, 6; 4: 1–8).

Донца амфор бывают без поддона, на поддоне и на ножке. На донцах без поддона стенка амфоры переходит в очень узкое, почти коническое дно диаметром не более 5 см (рис. 5: 1, 6–10). Донца амфор на поддоне имеют невысокий, дисковидный поддон с кольцевым вырезом (рис. 5: 2, 4). Ножки амфор сделаны в виде высокого поддона кольцевидной формы. Они формовались отдельно и прикреплялись к сосуду перед обжигом (рис. 4: 3, 5).

В целом амфорная тара типологически и по морфологическим характеристикам близка сосудам Восточного Средиземноморья конца IV–VIII вв. (Mazar, 2015. P. 240, 245–246; Голофаст, 2020. С. 56–65).

Столовая посуда

Удельный вес столовой посуды, найденной при раскопках Триумфальной Арки, составляет 19 % от общего количества находок. Эта категория керамики представлена кувшинами, чашечками, чашами-мисками, тарелками, горшками, кружками, кубками, миниатюрными сосудами, курильницами, крышками и пробками. Также встречается краснолаковая и поливная столовая посуда.

Кувшины

Целых кувшинов не найдено, их формы восстанавливаются по фрагментам горл и донца. В составе первых выделяются четыре типа: с отогнутым краем, конические, цилиндрические и со сливом. Горла с отогнутым краем имеют венчики почти полуовальной формы (рис. 6: 1–6), часть из которых утолщены (рис. 6: 4), а иногда заострены (рис. 6: 1, 5). Стенки кувшинов этого типа иногда имеют рифление в виде желобков или каннелюр (рис. 6: 2, 3). Конические горловины слегка сужаются к тулову, их края утолщены, а иногда и профилированы (рис. 6: 7–11). Горла цилиндрической формы (рис. 7: 1–10) встречаются с закругленным венчиком (рис. 7: 1), с загнутым внутрь краем (рис. 7: 2, 10), с утолщенным краем (рис. 7: 3–7), с закраинами для крышки или пробки (рис. 7: 8), с суженным краем (рис. 7: 9), с выемкой сверху (рис. 8: 1). Стенки кувшинов этого типа порой украшены рифлением (рис. 7: 1) и прочерченными горизонтальными линиями (рис. 7: 5–6). Горло одного из кувшинов имело слив (рис. 8: 2).

Ручки кувшинов вертикальные, крепились к краю, реже под венчиком, и к тулову сосуда. В сечении они имели овальную (рис. 8: 1, 3; 9: 1, 2), иногда профилированную форму (рис. 8: 1; 9: 2).

Amphora's bottoms are flat, on a rounded base, and on a foot. The bottom standing Amphora has such walls that they get narrower at the bottom and acquire almost conical bottom with a diameter of not more than 5 cm (Fig. 5: 1, 6–10). The bottom of the amphora on rounded bases has a low, disk-shaped base with a ring-shaped neckline (Fig. 5: 2, 4). Amphora feet look like a high ring-shaped base. They were formed separately and attached to the vessel before firing (Fig. 4: 3, 5).

In general, amphora containers are typologically and by their morphological characteristics are close to the vessels of the Eastern Mediterranean late 4th – 8th centuries (Mazar, 2015. P. 240, 245–246; Голофаст, 2020. P. 56–65).

Tableware

The specific weight of the tableware found during excavations of the Arch of Triumph is 19 % of the total number of finds. This category of ceramics is represented by jugs, little cups, bowls, plates, pots, mugs, goblets, miniature vessels, incense burners, covers and stoppers. There is also red-glazed and slip glazed tableware.

Jugs

There were no whole jugs found; their shapes are restored by fragments of their necks and bottoms. Here we distinguish four types: those with drawn outwards rim, conical, cylindrical and with a drain. The drawn outwards necks have rims of almost semi-oval shape in a section (Fig. 6: 1–6), some of which are thickened (Fig. 6: 4), and sometimes sharpened (Fig. 6: 1, 5). Walls of jugs of this type sometimes have ribbed in the form of grooves or flutes (Fig. 6: 2, 3). The conical necks are slightly narrowed towards the body; their edges are thickened, and sometimes profiled (Fig. 6: 7–11). The necks of cylindrical shape (Fig. 7: 1–10) occur with a rounded rim (Fig. 7: 1), with an edge bent inward (Fig. 7: 2, 10), with a thickened edge (Fig. 7: 3–7), with edges for a cover or stopper (Fig. 7: 8), with a narrowed edge, with a notch from above (Fig. 8: 1). The walls of jugs of this type are sometimes ribbed (Fig. 7: 1) and drawn horizontal lines (Fig. 7: 5–6). The neck of one of the jugs had a drain (Fig. 8: 2).

The handles of the jugs are vertical, attached to the edge, less often under the rim, and to the body of the vessel. In cross section, they had an oval (Fig. 8: 1, 3; 9: 1, 2), sometimes profiled shape. (Fig. 8: 1; 9: 2).

The bottoms of the jugs are represented by four types: flat, on a rounded base, round-bottom, on a foot. The walls of the jugs without a rounded base

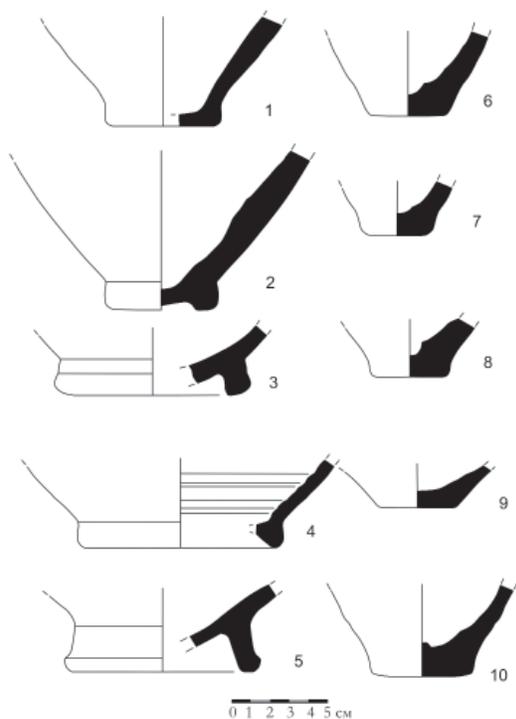


Рис. 5. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Амфоры
 Fig. 5. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Amphorae

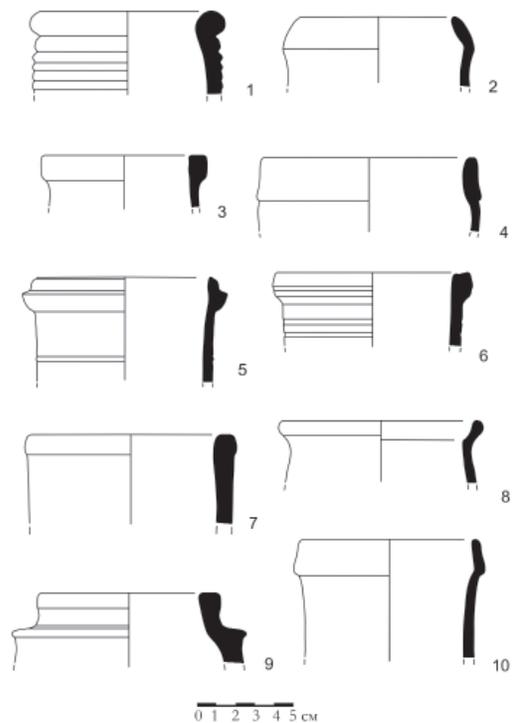


Рис. 7. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Столовая посуда. Кувшины
 Fig. 7. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware. Jugs

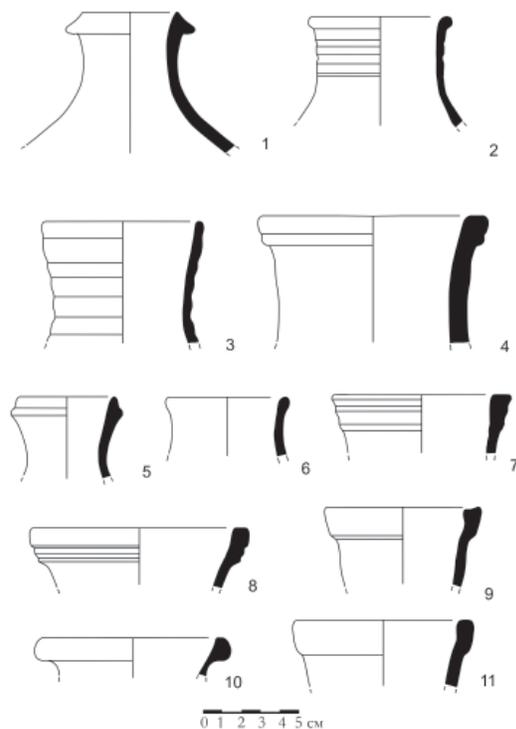


Рис. 6. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Столовая посуда. Кувшины
 Fig. 6. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware. Jugs

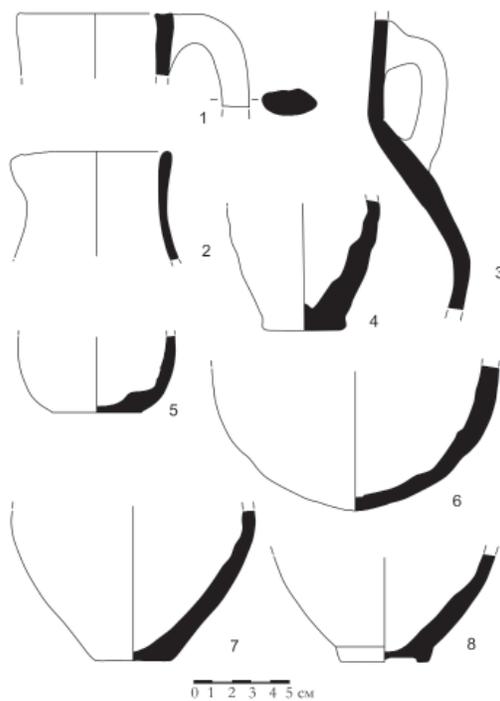


Рис. 8. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Столовая посуда. Кувшины
 Fig. 8. Triumphal Arch of Palmyra h. 2022. Tableware. Jugs

Донца кувшинов представлены четырьмя типами: без поддона, на поддоне, круглодонные, на ножке. На кувшинах без поддона стенки переходят непосредственно в плоское дно (рис. 8: 5, 7). В свою очередь поддоны имели дисковидную форму с кольцевым вырезом (рис. 8: 8; 9: 5, 6). Найден фрагмент круглодонного кувшина (рис. 8: 6). У кувшинов на ножке или на высоком поддоне ножка формировалась отдельно (рис. 9: 7).

Судя по стенкам, для украшения кувшинов применялся орнамент в виде пальцевых вдавлений (рис. 9: 8), фестонов из полукруглых рельефных линий (рис. 9: 9) и вертикальных поясков из палочных или ногтевых вдавлений (рис. 9: 10).

Кувшины, найденные в ходе раскопок, были широко распространены в Восточном Средиземноморье в III–VII вв., между тем их большая часть относится к сосудам так называемой мешковидной формы и к сосудам с широким горлом, характерным для III–V вв. (Magness, 1993. P. 221–223, 235–256; Mazar, 2015. P. 218–220). Однако малая часть кувшинов, в особенности с широким чашеобразным горлом, а также с раздутым горлом, может быть датирована более поздним временем – VI–VIII вв. (Голофаст, 2020. С. 86–87).

go directly into the flat bottom (Fig. 8: 5, 7). There were some disk-shaped bases with a ring-shaped neckline (Fig. 8: 8; 9: 5, 6). A fragment of a round-bottom jug was found (Fig. 8: 6). Feet were formed separately for the jugs on a foot or on a high rounded base (Fig. 9: 7).

Judging by the walls, in order to decorate the jugs, they used finger stamps as an ornament (Fig. 9: 8), festoons of semicircular embossed lines (Fig. 9: 9) and vertical belts made of stick or nail stamps (Fig. 9: 10).

Pitchers found during excavations were widespread in the Eastern Mediterranean in the 3rd – 7th centuries; meanwhile, most of them belong to the vessels of the so-called bag-shaped jars and with a wide neck 3rd – 5th centuries. (Magness, 1993. P. 221–223, 235–256; Mazar, 2015. P. 218–220). However, a small part of the jugs, especially those with a wide cup-shaped neck, as well as the ones with a wide blown neck, can be dated to a later time – 6th – 8th centuries (Голофаст, 2020. С. 86–87).

Little Cups

This group of tableware includes open vessels, similar in shape to bowls, but smaller. They have

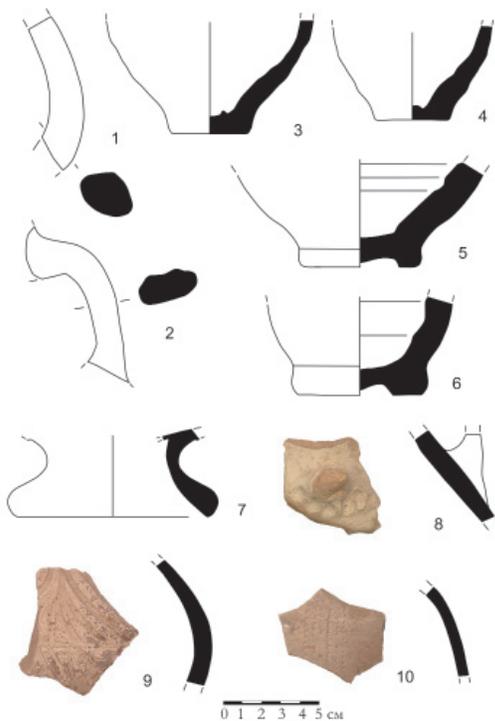


Рис. 9. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Столовая посуда. Кувшины
Fig. 9. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware. Jugs

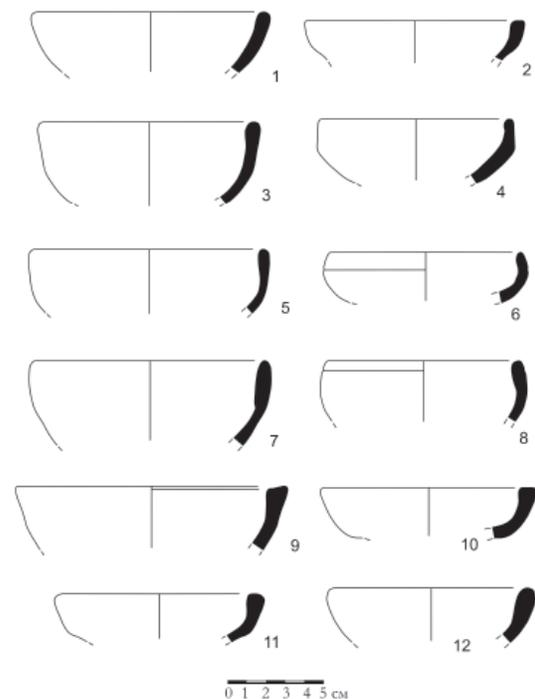


Рис. 10. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Столовая посуда. Чашечки
Fig. 10. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware. Cups

Чашечки

К этой группе столовой посуды отнесены открытые сосуды, схожие по форме с чашами, но меньшего размера. Они имеют по большей части полусферическую, реже коническую и цилиндрическую форму. У чашечек полусферической формы диаметром 10–14 см венчики в основном закругленные и утолщенные (рис. 10: 1–12; 11: 1–4), у одной из них имеется слив (рис. 11: 6). Конические чашечки встречаются в двух вариантах: с прямыми коническими стенками (рис. 11: 5, 7), с коническими стенками и вертикальным краем (рис. 11: 8, 10). Цилиндрические чашечки имеют вертикальные стенки (рис. 11: 9).

Миски

К мискам отнесены открытые сосуды, которые также можно назвать чашами. По форме выделяются полусферические (рис. 12: 1–4; 13: 1, 2, 5) и конические (рис. 12, 5, 6; 13: 3, 4) миски. Венчики оформлены по-разному: они могут быть закругленными, прямыми (рис. 12: 4, 5), утолщенными (рис. 12: 1; 13: 5), отогнутыми наружу (рис. 12: 6; 13: 1–4), иметь закраины под крышки (рис. 12: 2; 13: 1).

mostly hemispherical, less often conical and cylindrical shape. The hemispherical cups with a diameter of 10–14 cm have rims, which are mostly rounded and thickened (Fig. 10: 1–12; 11: 1–4), one of them has a drain (Fig. 11: 6). Conical cups are found in two versions: with straight conical walls (Fig. 11: 5, 7), with conical walls and a vertical edge (Fig. 11: 8, 10). Cylindrical cups have vertical walls (Fig. 11: 9).

Bowls

Open vessels can also be called bowls. By the shape we distinguish hemispherical (Fig. 12: 1–4; 13: 1, 2, 5) and conical (Fig. 12, 5, 6; 13: 3, 4) bowls. The rims are decorated in different ways: they can be rounded, straight (Fig. 12: 4, 5), thickened (Fig. 12: 1; 13: 5), bent outward (Fig. 12: 6; 13: 1–4), have special edges to attach covers (Fig. 12: 2; 13: 1).

Saucers

Saucers are open vessels that are less deep than bowls (Fig. 14: 1–5), the bottoms of which can be flat (Fig. 14: 3), slightly concave (Fig. 14, 5) or on a rounded bases (Fig. 14: 4). The closest

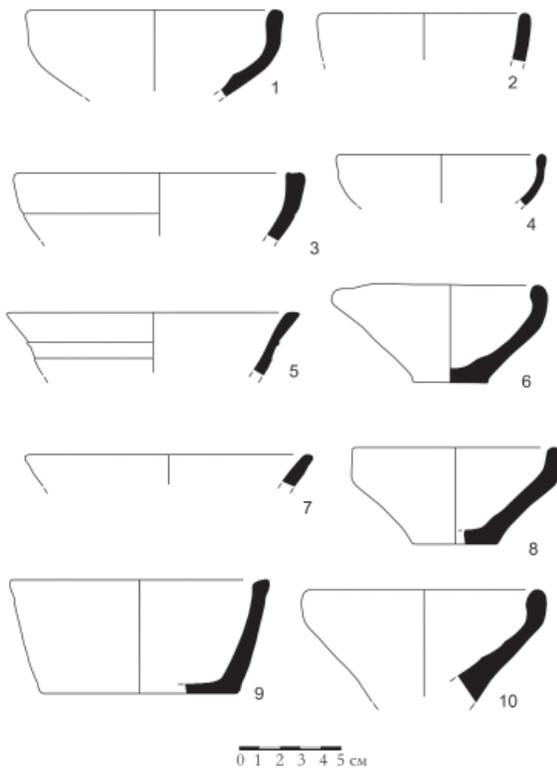


Рис. 11. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Чашечки
Fig. 11. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Cups

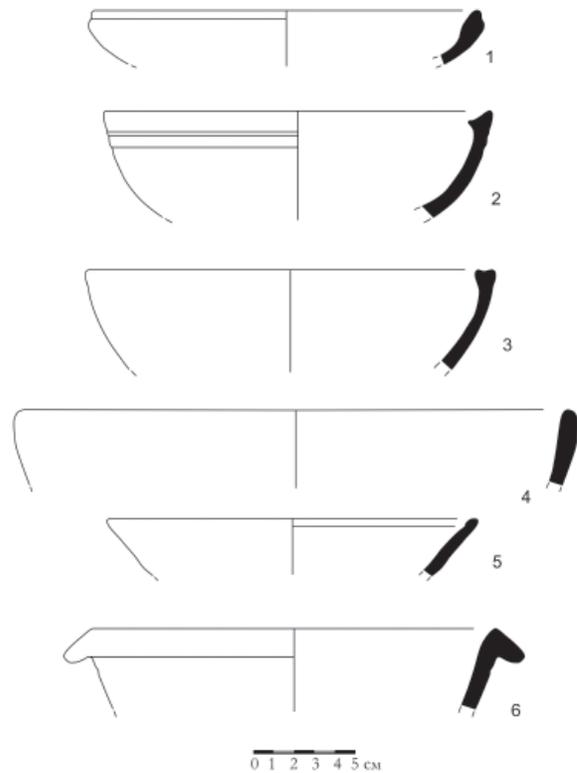


Рис. 12. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Миски
Fig. 12. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Bowls

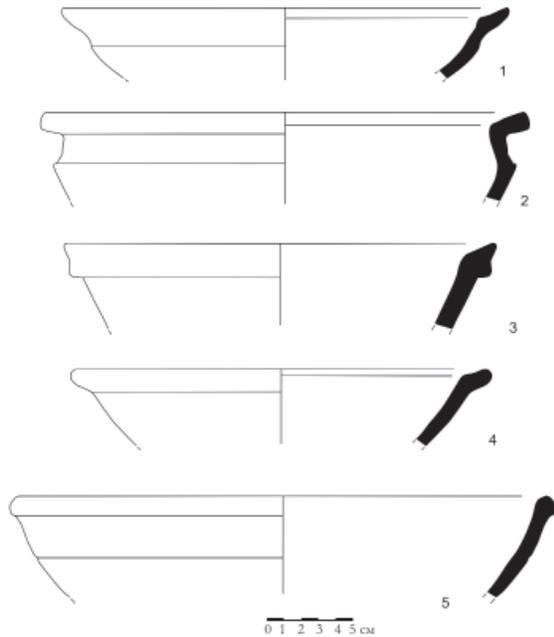


Рис. 13. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Миски
Fig. 13. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Bowls

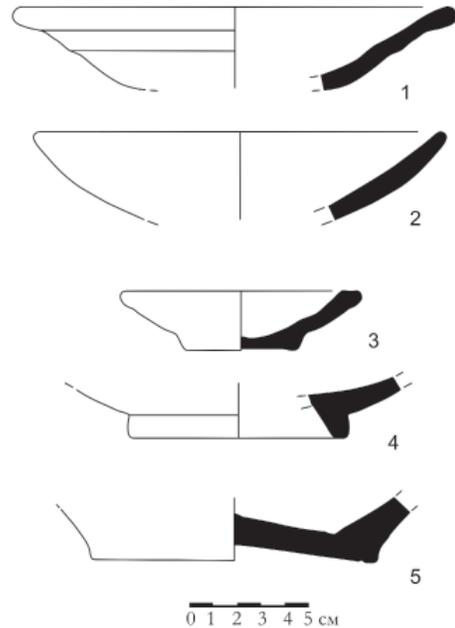


Рис. 14. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Тарелки
Fig. 14. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Plates

Блюдца

Блюдца представляют собой открытые сосуды, менее глубокие, чем чаши (рис. 14: 1–5), донца которых могут быть плоскими (рис. 14: 3), слегка вогнутыми (рис. 14, 5) или иметь кольцевой поддон (рис. 14: 4).

Ближайшие аналогии столовым сосудам открытого типа можно найти в археологических материалах памятников Восточного Средиземноморья, где они датируются III–V вв. (Magness, 1993. P. 153–155, 185–192; Mazar, 2015. P. 215–217; Голофаст, 2020. С. 80–81).

Горшки

К категории «горшки» относятся закрытые сосуды с выпуклыми стенками и загнутым внутрь краем, иногда с вертикальными или горизонтальными ручками (VII–VIII вв.) (рис. 15: 1–6) (Голофаст, 2020. С. 91). Венчики горшков слегка утолщены (рис. 15: 1–3). Ручки овальные в сечении. Вертикальные ручки обычно крепятся у венчика сосуда (рис. 15: 1), тогда как горизонтальные ручки – на его тулове (рис. 15: 4–6), при этом по характеру формовки они не отличаются друг от друга.

Кружки

К ним относится один фрагмент сосуда с тонкими стенками и со слегка вогнутым дном (рис. 16: 1).

analogies to open-type table vessels can be found in the archaeological materials of the monuments of the Eastern Mediterranean, where they date from the 3rd – 5th centuries (Magness, 1993. P. 153–155, 185–192; Mazar, 2015. P. 215–217; Голофаст, 2020. С. 80–81).

Pots

Pots are closed vessels with convex walls and the inward curved edges, sometimes with vertical or horizontal handles of the 7th – 8th centuries. (Fig. 15: 1–6) (Голофаст, 2020. С. 91). The rims of the pots are slightly thickened (Fig. 15: 1–3). The handles are oval in cross section. Vertical handles are usually attached at the rim of the vessel (Fig. 15: 1), while horizontal handles are on its body (Fig. 15: 4–6), though they do not differ from each other in the shape of the molding.

Mugs

There is only one fragment, which we describe as a mug. This is a vessel with thin walls and a slightly concave bottom (Fig. 16: 1).

Phymiateria

Phymiateria are small size ceramic vessels, with a mouth diameter of 5–7 cm, have curved sides, conical

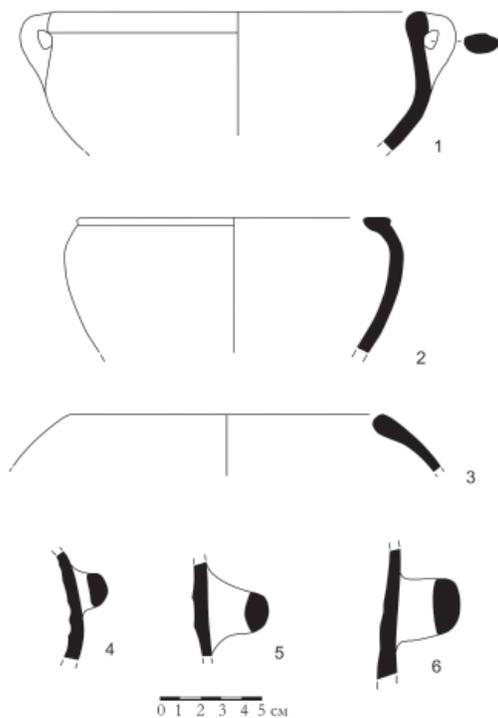


Рис. 15. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Горшки
Fig. 15. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Pots

Курильницы

К этим керамическим изделиям относятся сосуды небольшого размера, с диаметром устья 5–7 см, с загнутым внутрь бортиком, с коническими (рис. 16: 4) или полусферическими (рис. 16: 5) стенками, на высокой ножке (рис. 16: 2). На тулове еще до обжига сделаны отверстия. Стенки курильниц могли быть слегка профилированными.

Крышки-пробки

Крышки и пробки использовались для закрывания амфор, кувшинов и хозяйственных сосудов. Пробки выточены из стенок сосудов. Диаметр найденных крышек-пробок варьируется от 3,5 до 8 см (рис. 17: 1–5). Найдена полусферическая столовая крышка диаметром 16 см.

Краснолаковая посуда

Краснолаковая керамика представлена кубками с коническими стенками и почти вертикальным бортиком (рис. 18: 1, 2, 5), фрагментом полусферической чаши (рис. 18: 3), тарелкой с невысокими вертикальными стенками (рис. 18: 4), фрагментами тарелок на невысоком кольцевом поддоне (рис. 18: 6,



Рис. 16. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда: 1 – кружка; 2 – кубок;
3 – костяная ложка; 4–5 – курильницы
Fig. 16. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware:
1 – mug; 2 – cup; 3 – bone spoon; 4–5 – phytolite

(Fig. 16: 4) or hemispherical (Fig. 16: 5) walls and a high leg (Fig. 16: 2). The side holes were made before firing. The walls of censers could be slightly profiled.

The caps, stoppers, covers

Caps and stoppers were used to close amphorae, jugs, and household vessels. Stoppers are carved from the side walls of the vessels. The diameter of the found covers varies from 3.5 to 8 cm (Fig. 17: 1–5). There was found a hemispherical table cover with a diameter of 16 cm.

Red-glazed dishes

Red-glazed ceramics are represented by goblets with conical walls and an almost vertical side (Fig. 18: 1, 2, 5), a fragment of a hemispherical bowl (Fig. 18: 3), a plate with low vertical walls (Fig. 18: 4) plates on a low ring base (Fig. 18: 6, 7, 9) and a jug bottom (Fig. 18: 8). Vessels belong to the group of African red-glazed dishes of the 3rd – 5th centuries (Hayes, 1972).

Slip-glazed ceramics

Another group of tableware finds is the slip-glazed ceramics. It is represented by fragments of cups, bowls,

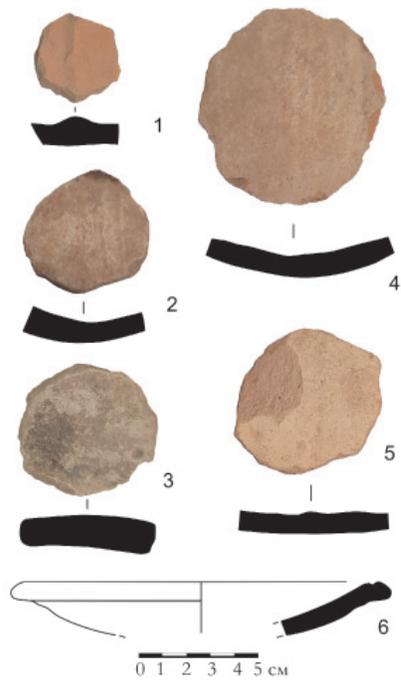


Рис. 17. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Крышки-пробки
Fig. 17. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Caps

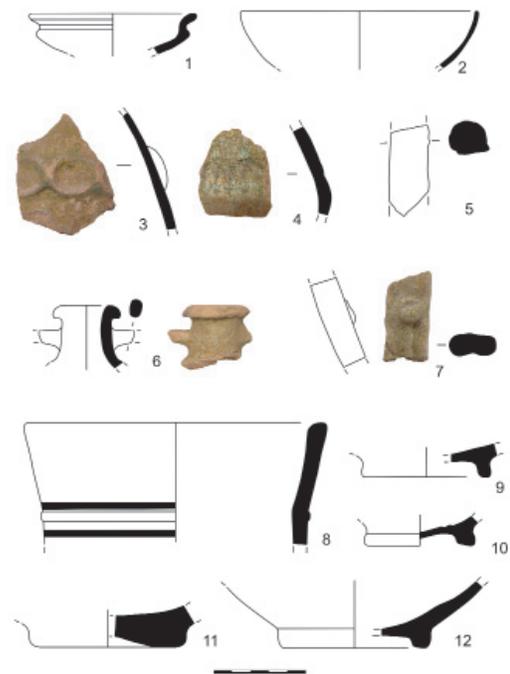


Рис. 19. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Поливные сосуды
Fig. 19. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Slip glazed vessels

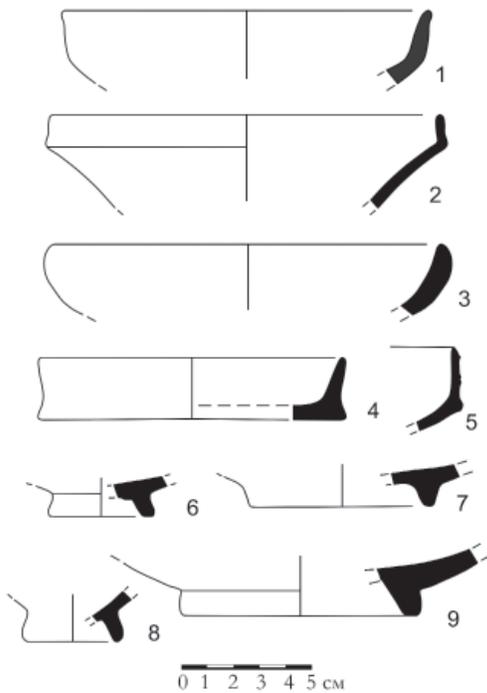


Рис. 18. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Столовая посуда. Краснолаковая посуда
Fig. 18. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Tableware.
Red ware utensils

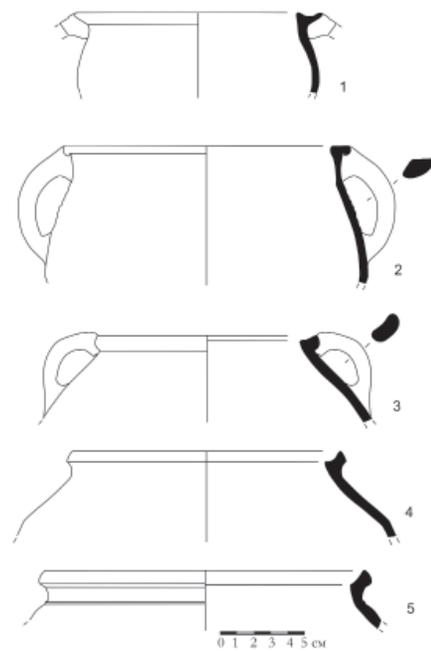


Рис. 20. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Кухонная керамика. Кастрюли
Fig. 20. Triumphal Arch of Palmyra. 2022.
Kitchen ceramics. Casseroles

7, 9) и дном кувшина (рис. 18: 8). Сосуды относятся к группе Африканской краснолаковой посуды III–V вв. (Haues, 1972).

Поливная керамика

Другой группой находок, относящейся к столовой посуде, является поливная глазурованная керамика. Она представлена фрагментами чашечки, чаш, кувшинов и фляги (рис. 19). Чашечка с отогнутым наружу краем была покрыта сплошной светло-зеленой глазурью (рис. 19: 1). К чашам относились: верхняя часть открытого сосуда полусферической формы, украшенного двухсторонней белой глухой глазурью (рис. 19: 2); донца с плоской, слегка вогнутой поверхностью (рис. 19: 11) и донца на кольцевом поддоне (рис. 19: 9, 10, 12), покрытые сплошной зеленой глазурью. Стенки кувшинов, покрытые светло-зеленой (оливковой) глазурью, декорированы наклепными низкими валиками с пальцевыми вдавлениями (рис. 19: 3) и прочерченными зигзагообразными горизонтальными линиями (рис. 19: 4). Ручки кувшинов, круглые и овальные в сечении (рис. 19: 5, 7), также покрыты светло-зеленой (оливковой) глазурью. Поверхность одной из ручек украшена наклепной таблечкой (рис. 19: 7). Горло кувшина снаружи покрыто светло-коричневой глазурью с орнаментом в виде наклепного жгута, с двух сторон обрамленного горизонтальными линиями черного цвета (рис. 19: 8). Горло глазурованной фляги с двумя ручками внутри и наружу покрыто светло-зеленой (оливковой) глазурью (рис. 19: 6). Посуда этого типа была широко распространена на территории султаната Мамлюков в XII–XIV вв.

Кухонная посуда

В состав кухонной посуды входили сосуды для приготовления пищи, поверхность которых обычно покрыта копотью. По форме выделяются кастрюли, горшки и миски, бытовавшие на этой территории с III по IX вв. (Magness, 1993. P. 211–213; Голофаст, 2020. С. 103–112). Фрагменты кухонной посуды составляют 10 % от общего количества керамических находок.

Кастрюли

Сосуды этого типа имеют округлую форму и отогнутый наружу венчик с характерной закраиной под крышку (рис. 20: 1–5). Стенки кастрюль часто имеют рифление (рис. 20: 2). Ручки сосудов в сечении, как правило, овальные, выпуклой (рис. 20: 2) или вогнутой (рис. 20: 3) форм, крепились вертикально.

Горшки

Сосуды этого типа, как правило, имеют хорошо выраженное цилиндрическое горло и покатые плечи. Венчики горшков утолщены и отогнуты наружу

jugs, and flasks (Fig. 19). A cup with an edge bent outward was covered with a solid light green slip (Fig. 19: 1). The following dishes can be described as bowls: the hemispherical vessel with an open upper part, decorated with a double-sided dense white glaze (Fig. 19: 2); with flat bottoms, slightly concave surface (Fig. 19: 11) standing on a ring base (Fig. 19: 9, 10, 12), covered with solid green slip. The walls of the jugs, covered with light green (olive) slip, are decorated with low bolster moulding decorated with finger stamps (Fig. 19: 3) and drawn zigzag horizontal lines (Fig. 19: 4).

The handles of jugs are round and oval in cross section (Fig. 19: 5, 7) are also covered with light green (olive) glaze. The surface of one of the handles is decorated with a stuck tablet (Fig. 19: 7). The neck of a jug is covered with a light brown slip with an ornament in the form of a moulded bundle, framed on two sides by horizontal lines of black color (Fig. 19: 8). The neck of a glazed flask with two handles inside and out-side is covered with light green (olive) slip (Fig. 19: 6). Dishes of this type were widespread in the territory of the Sultanate of the Mamluks in the 12th – 14th centuries.

Kitchenware

The kitchenware included vessels for cooking, the surface of which is usually covered with soot. In shape, we distinguish pots, pots and bowls that existed in this territory from 3rd to 9th centuries (Magness, 1993. P. 211–213; Голофаст, 2020. С. 103–112). Fragments of kitchenware make up to 10 % of the total number of ceramic finds.

Casseroles

This type of vessels has a rounded shape and a rim bent outward with a typical edge under the lid (Fig. 20: 1–5). The walls of the pots often have ribbed (Fig. 20: 2). The handles of vessels in cross section, as a rule, are oval, convex (Fig. 20: 2) or concave (Fig. 20: 3), were mounted vertically.

Pots

This type of a vessel, as a rule, have a well-defined cylindrical neck and rounded sides. The corollas of the pots are thickened and bent outward (Fig. 21: 1). Often they have an out-side edge (Fig. 21: 2–7). The handles have an oval form in a cross section (Fig. 21: 7) and are located vertically at the edge of the vessel and attached to the upper part of the body.

Bowls

The kitchen bowls had a hemispherical shape with a bent outward rim with a flange under the cover (Fig. 22: 1–6).

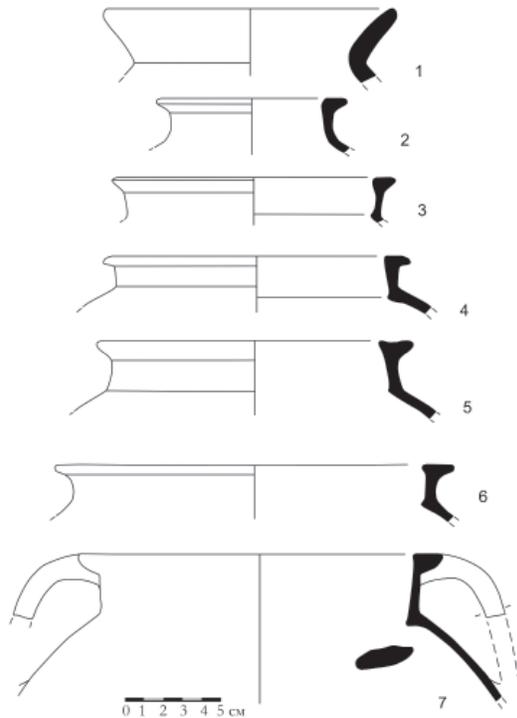


Рис. 21. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Кухонная керамика. Горшки
Fig. 21. Triumphal Arch of Palmyra. 2022.
Kitchen ceramics. Pots

(рис. 21: 1), часто имеют закраину (рис. 21: 2–7). Ручки, овальной в сечении формы (рис. 21: 7), расположены вертикально у края сосуда и в верхней части тулова.

Миски

Кухонные миски имели полусферическую форму с отогнутым наружу венчиком с закраиной под крышку (рис. 22: 1–6).

Хозяйственно-бытовая керамика

Хозяйственно-бытовая керамика составляет 11,6 % от общего количества изделий из обожженной глины, представлена хумами, сосудами для хранения, тазами, флягами, цедилками, ткацкими грузилами и светильниками, широко распространенными на этой территории с III по VIII вв. (Magness, 1993. P. 231–235; Mazar, 2015. P. 219).

Хумы (пифосы)

Большие толстостенные сосуды для хранения продуктов, имевшими пифоидную форму с утолщенными выделенными краями III–V вв. (рис. 23: 1–6), иногда украшенными конусовидными налестками (рис. 23: 3, 4) и миниатюрными декоративными ручками (рис. 23: 5). Также найдена профилированная

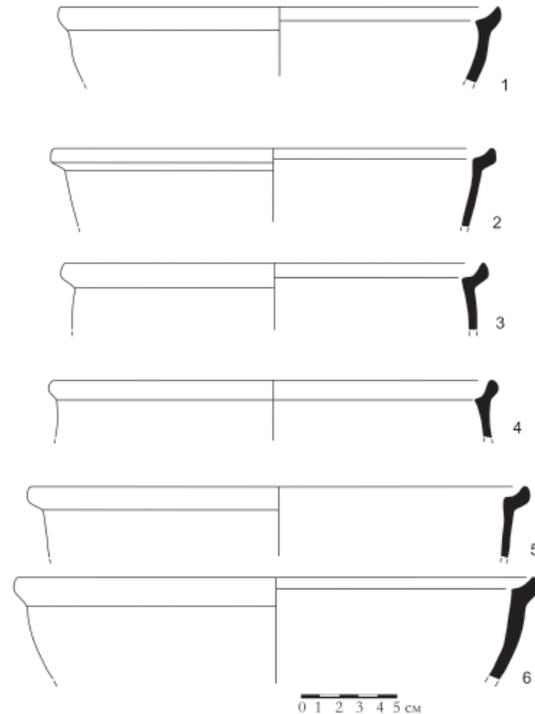


Рис. 22. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Кухонная керамика. Миски
Fig. 22. Triumphal Arch of Palmyra. 2022.
Kitchen ceramics. Bowls

Household ceramics

The household ceramics makes 11.6 % of the total number of burnt clay products, represented by Humas, storage vessels, basins, flasks, strands, weaving sinkers and lamps that are widespread in this territory from the 3rd to the 8th centuries (Magness, 1993. P. 231–235; Mazar, 2015. P. 219).

Huma (Pythos)

Humas are the 3rd – 5th centuries large thick-walled vessels of pythoid shape for storing with thickened distinguished edges. (Fig. 23: 1–6), sometimes decorated with cone-shaped mouldings (Fig. 23: 3, 4) and miniature decorative handles (Fig. 23: 5). Also there was found a profiled pythos with a handle 9 cm wide, sub-rectangular in cross section with rounded corners (Fig. 23: 7).

Storage vessels (Jars)

Jars are thick-walled storage vessels belong to the group of the products of the 3rd – 5th centuries. They are smaller in shape and size than huma. In shape of the necks, this group of vessels resembles jugs without a handle; however, in size they are much larger. Conventionally, this group can be called wide-

ручка пифоса шириной 9 см, подпрямоугольная в сечении с закругленными углами (рис. 23: 7).

Сосуды для хранения (хумчи)

В составе толстостенных сосудов для хранения выделяется группа изделий III–V вв., меньших по форме и размеру, чем хумы. По форме горловин эта группа сосудов напоминает кувшины без ручки, однако по размеру намного их превышает. Условно эту группу можно назвать широкогорлыми сосудами. Края горловин утолщены и часто профилированы (рис. 24: 1–4), могут быть загнуты внутрь (рис. 24: 6) или отогнуты наружу (рис. 24: 5). Донца иногда имеют ножку (высокий кольцевидный поддон) (рис. 25: 1–3), встречаются экземпляры без нее (рис. 25: 4, 5). Найдено значительное количество декорированных стенок сосудов этой группы. В основном декор представлен наклепными валиками с пальцевыми вдавлениями и прочерченными горизонтальными и диагональными линиями (рис. 26: 1, 2). Встречается прочерченный орнамент в виде широкой волнистой линии (рис. 27: 2). Возможно, в некоторых случаях прочерченный (рис. 27: 2) и наклепной (рис. 27: 3, 4)

necked vessels. The rims of the necks are thickened and often profiled (Fig. 24: 1–4), can be bent inward (Fig. 24: 6) or bent outward (Fig. 24: 5). The bottoms sometimes have a foot (high ring-shaped bases) (Fig. 25: 1–3), there are specimens without it (Fig. 25: 4, 5). A significant number of decorated walls of the vessels of this group have been found. Basically, the decor is represented by the moulded bolsters with finger stamps and drawn horizontal and diagonal lines (Fig. 26: 1, 2). There is a drawn ornament in the form of a wide wavy line (Fig. 27: 2). Perhaps, in some cases, the drawn out (Fig. 27: 2) and stuck (Fig. 27: 3, 4) decors were used separately. In a single copy, there is a fragment of a vessel with carved and drawn decor. On the sides, there is a carved decor in the form of parallel wide horizontal ribbons filled with diagonal and semi-oval stripes. Beneath there is a decoration in the shape of drawn zigzags tilted to the left (Fig. 27: 1).

Basins

This group of vessels have almost conical shape; the side is always bent outward. The vessels are

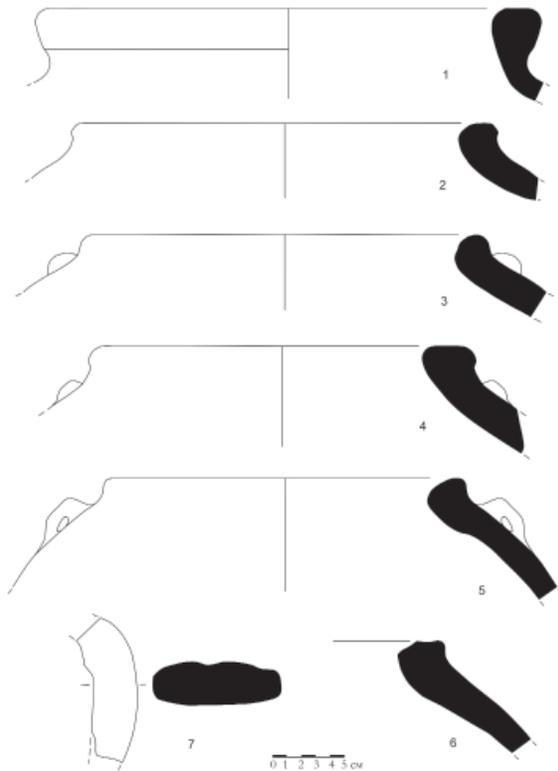


Рис. 23. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Хозяйственные сосуды. Хумы
Fig. 23. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household vessels. Pythos

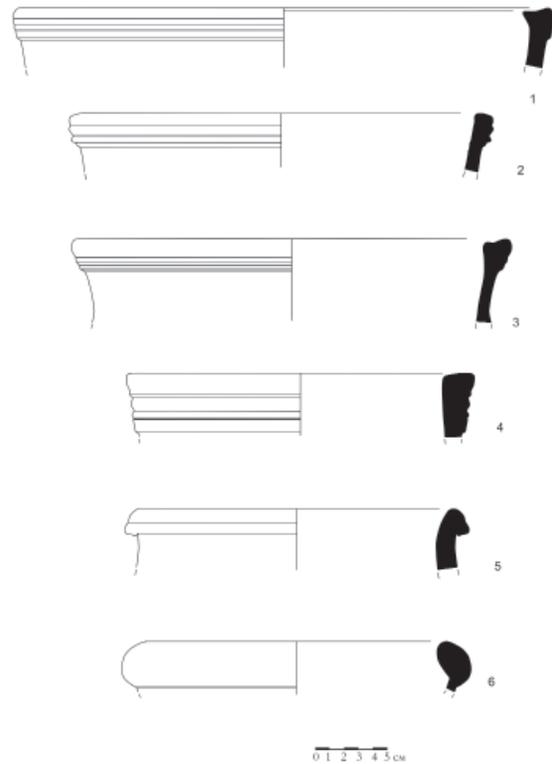


Рис. 24. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Хозяйственные сосуды. Широкогорлые сосуды для хранения. Края
Fig. 24. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household vessels. Wide-mouth storage jars. Rims

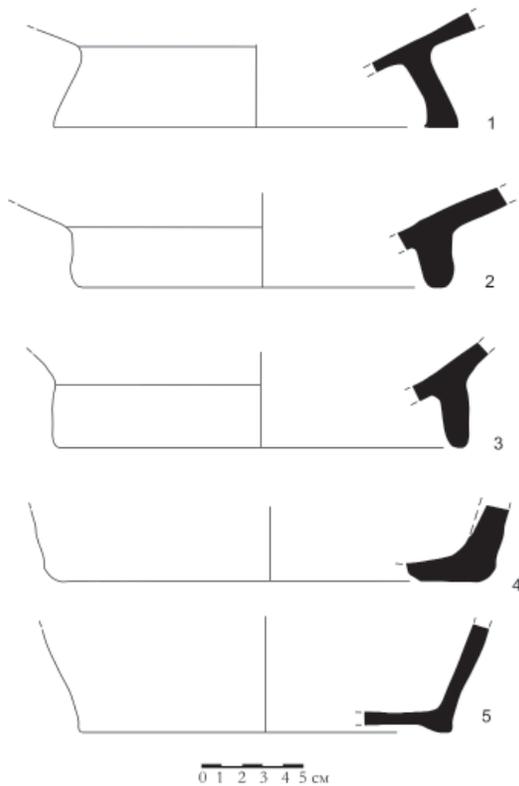


Рис. 25. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Хозяйственные сосуды. Широкогорлые сосуды для хранения. Донца
 Fig. 25. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household vessels. Wide-mouth storage jars. Feet



Рис. 26. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Хозяйственные сосуды. Широкогорлые сосуды для хранения. Орнаментация
 Fig. 26. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household vessels. Wide-mouth storage jars. Decoration

декоры использовались по отдельности. В единственном экземпляре встречен фрагмент сосуда с резным и прочерченным декором. На его плечиках размещен резной декор в виде параллельных широких горизонтальных лент, заполненных диагональными и полуовальными полосами. Под ними орнамент из прочерченных зигзагов, наклоненных влево (рис. 27: 1).

Тазы

Стенки сосудов этой группы почти конической формы, бортик всегда отогнут наружу. Сосуды неглубокие, их высота 9–10 см (определена по археологически целым экземплярам) (рис. 28: 1, 2). Диаметр венчиков 32–36 см (рис. 28: 1–5).

Фляги

Фляги представлены фрагментами нескольких горлышек (рис. 29: 1–4), которые, видимо, формовались отдельно от тулова (рис. 29: 3, 4). Исходя из параметров горла, сосуды были небольшого размера.

shallow, their height is 9–10 cm (determined by archaeologically whole specimens) (Fig. 28: 1, 2). Rim's diameter is 32–36 cm (Fig. 28: 1–5).

Flasks

Flasks are represented by fragments of several necks (Fig. 29: 1–4), which, apparently, were formed separately from the body (Fig. 29: 3, 4). Based on the size of the basin's neck, they were small.

Strainers

Vessels for staining purposes are in the form of hemispherical bowls with through holes (Fig. 29: 5, 6). One of the fragments has a groove for lid (Fig. 29: 5).

Loom weights

Loom weights are represented by two specimens, which are carved from the vessel wall. One of them has two through holes with a thickness of 1.5 cm (Fig. 29: 7). The second sample has one through

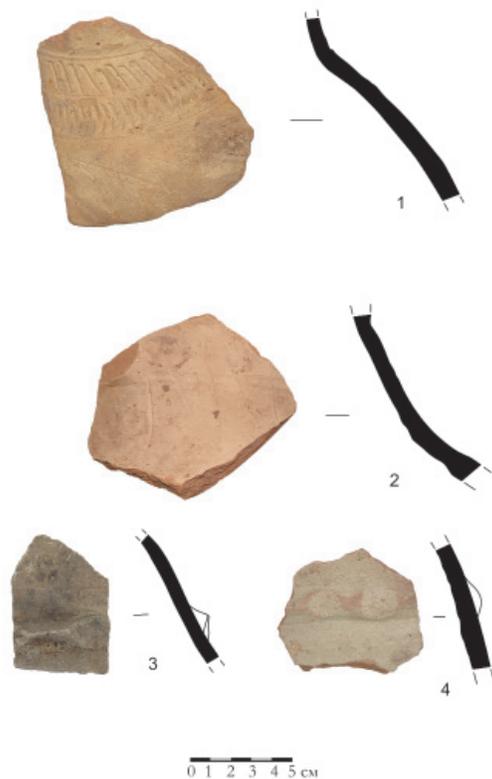


Рис. 27. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Хозяйственные сосуды. Широкогорлые сосуды для хранения. Декор
 Fig. 27. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household vessels. Wide-mouth storage jars. Ornaments

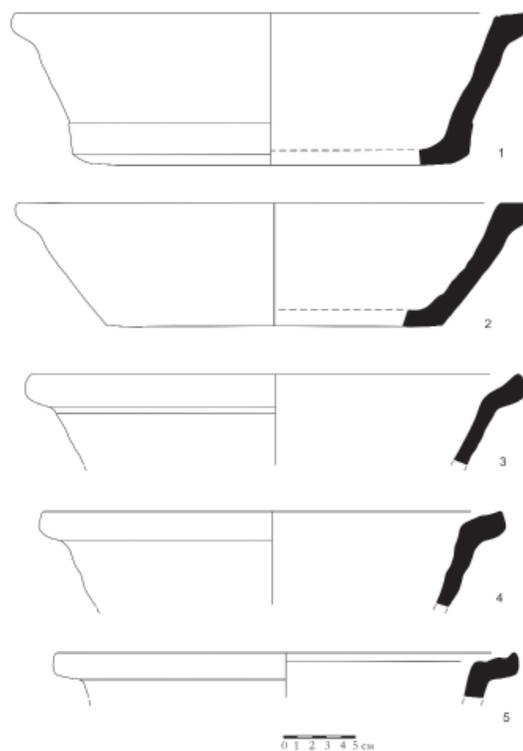


Рис. 28. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Хозяйственные сосуды. Тазы
 Fig. 28. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household vessels. Basins

Цедилки

Сосуды в виде полусферических чаш со сквозными отверстиями были предназначены для процеживания (рис. 29: 5, 6). Один из фрагментов имеет по венчику выемку для крышки (рис. 29: 5).

Ткацкие грузила

Грузила представлены двумя экземплярами, выточенными из стенки сосуда. Один из них с двумя сквозными отверстиями, имеет толщину 1,5 см (рис. 29: 7). Второй экземпляр с одним сквозным отверстием, неровный, второе отверстие не закончено. Возможно, относится к производственному браку (рис. 29: 8).

Светильники

Светильники в быту имели не только функциональное, но и декоративное значение. В отличие от других типов сосудов, светильники почти всегда имеют декор. Найдено пять целых и большое количество фрагментов светильников. Верхняя часть светильников с орнаментом формировалась отдельно от плошки, что хорошо фиксируется на фрагментированных

hole, uneven, the second hole is not finished. Perhaps the second sample is a production defect (Fig. 29: 8).

Lamps

In everyday life, lamps served not only functional, but also decorative purpose. Unlike other types of vessels, lamps usually have some decor. There were found five whole lamps and many luminaire fragments. The upper decorated part of the lamps was formed separately from the bowl, which is well fixed on fragmented specimens. The edges of the bowls are smoothly trimmed. After stamping the ornament, the lid was attached to the bowl before firing. Usually, they have a round bowl with a spout. All spouts are smoked. One of the lamps dates to the second half of the 4th – mid-6th centuries (Magness, 1993. P. 250–251; Mazar, 2015. P. 221–222) (in the plan resembles an elongated oval, with a transition to a spout, in the middle of the reservoir there is a hole symmetrical to the spout (Fig. 30: 2). The other lamp has a round bowl and a spout with a round hole. And the edge of the luminaire is highlighted by a slight

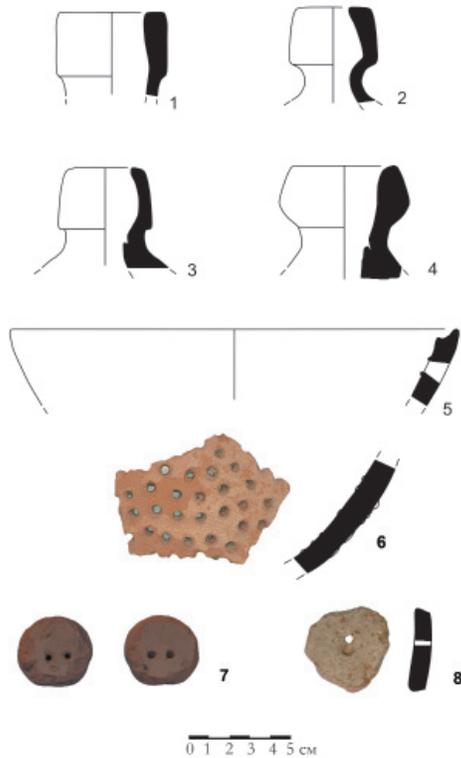


Рис. 29. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Хозяйственно-бытовая керамика: 1–4 – флаги; 5–6 – цедилки; 7–8 – ткацкие грузила
 Fig. 29. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household ceramics: 1–4 – flasks; 5–6 – strainers; 7–8 – weaving sinkers

экземплярах. Края плоских гладко обрезаются. После штамповки орнамента крышка и плоская соединялись до обжига. Обычно имеют круглый резервуар, переходящий к носику. Все носики закопчены. Один из светильников относится ко второй половине IV – середине VI в. (Magness, 1993. P. 250–251; Mazar, 2015. P. 221–222), в плане напоминает вытянутый овал с переходом к носику, посередине резервуара имеет отверстие, симметричное отверстию носика (рис. 30: 2). Другой светильник имеет круглый резервуар и носик с круглым отверстием посередине. Отверстие и край светильника выделены легким подъемом поверхности (рис. 30: 1). Третий светильник также имеет круглый резервуар, ручку с симметричным ей носиком и отверстием посередине. Поверхность украшена слегка выпуклыми кольцевыми линиями. Вокруг центрального отверстия расположены три маленьких (рис. 30: 3). Четвертый светильник второй половины III – первой половины IV в. (Mazar, 2015. P. 226) повторяет форму третьего светильника. Рядом с центральным отверстием имеется еще одно маленькое. Штампованный декор вокруг центрального



Рис. 30. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022. Бытовая керамика. Светильники
 Fig. 30. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Household ceramics. Lamps

rise in the surface (Fig. 30: 1). The third lamp also has a round tank and a handle with a spout symmetrical and a hole in the middle. The surface is decorated with slightly convex ring lines. Three small ones are located around the central hole (Fig. 30: 3). The fourth lamp dates to the time between the second half of the 3rd century and the first half of the 4th centuries (Mazar, 2015. P. 226). It has a similar shape with the third lamp. There is one small hole next to the central hole. The stamped decor around the central hole consists of a wavy tape filled with a floral plot (it was not possible to determine the plot due to salts) (Fig. 31: 1). The fifth sample has a round reservoir with a spout. Handle is missing. In the middle part, there is an annular notch. The hole is closer to the spout (Fig. 31: 2). Among the fragments of luminaires (Fig. 32: 1–7) there is a pendant specimen (Fig. 32: 6).

Construction ceramics

Construction ceramics is represented by fragments of tiles. There are fragments with a raised vertical edge (Fig. 33: 1–7), with a straight or slightly thickened edge

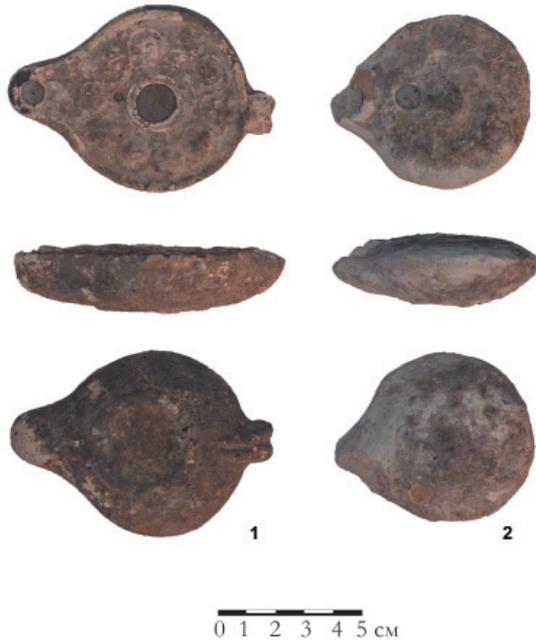


Рис. 31. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Бытовая керамика. Свечи
Fig. 31. Triumphal Arch of Palmyra. 2022.
Household ceramics. Lamps

отверстия состоит из волнистой ленты, заполненной растительным сюжетом (из-за солей на поверхности определить сюжет не удалось) (рис. 31: 1). Пятый экземпляр имеет круглый резервуар и носик, ручка отсутствует. В средней части кольцевая выемка. Отверстие расположено ближе к носику (рис. 31: 2). Среди фрагментов светильников (рис. 32: 1–7) имеется подвесной экземпляр (рис. 32: 6).

Строительная керамика

Строительная керамика представлена фрагментами черепиц. Встречаются фрагменты с поднятым вертикальным краем (рис. 33: 1–7), с прямым или слегка утолщенным краем (рис. 33: 8, 9). Один фрагмент имеет подъем в средней части (рис. 33: 10).

Стеклянные изделия

Согласно общепринятой типологии, найденные материалы разделены нами на столовую, парфюмерно-аптекарскую посуду, украшения и оконное стекло. Фрагменты изготовлены из прозрачного бесцветного стекла и прозрачного стекла зеленого цвета и голубого оттенка.

Столовая стеклянная посуда представлена фрагментами полусферических (рис. 34: 1, 5) и конической (рис. 34: 3) чашек, фрагментом чаши с ребристой стенкой (рис. 34: 7), дном чаши с ребристой стенкой



Рис. 32. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Бытовая керамика. Свечи. Фрагменты
Fig. 32. Triumphal Arch of Palmyra. 2022.
Household ceramics. Lamps. Fragments

(Fig. 33: 8, 9). One fragment has a rise in the middle part (Fig. 33: 10).

Glass products

According to the generally accepted typology, we divided artifacts into the dining samples, perfume-pharmacy dishes, jewelry, and window glass. Fragments are made of transparent colorless glass and transparent glass of green color and blue tint. Glass tableware is represented by hemispherical fragments (Fig. 34: 1, 5) and conical (Fig. 34: 3) cups, a bowl with a ribbed wall (Fig. 34: 7), a bowl with a ribbed wall (Fig. 34: 14), a circle-shaped jug (Fig. Conical glasses (Fig. 34: 2, 6), the leg of the glass (Fig. 34: 10), the upper part of the bottle with a bent edge (Fig. 34: 8) and the lower part of the plate (Fig. 34: 17).

Perfumes and pharmacy vessels are represented by fragments of the necks (Fig. 34: 9, 20) and bottoms (Fig. 34: 15, 16, 18) of little bottles and perfume bottles. There is one fragment resembling window glass (Fig. 34: 19).

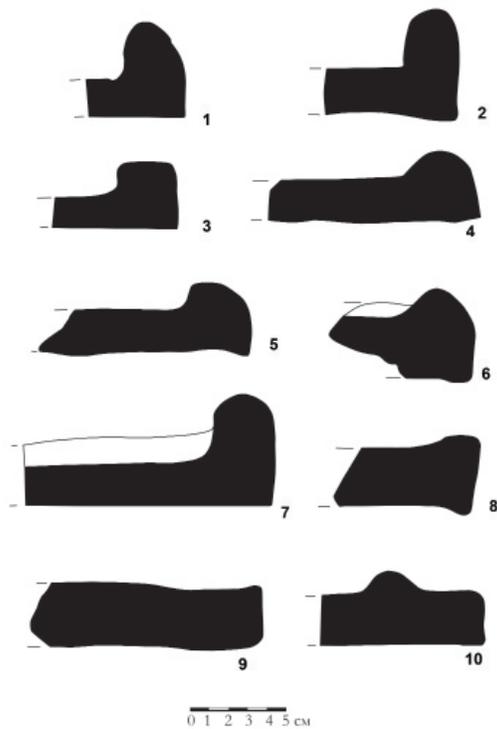


Рис. 33. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Строительная керамика. Черепица
Fig. 33. Triumphal Arch of Palmyra. 2022.
Building ceramics. Roof tiles

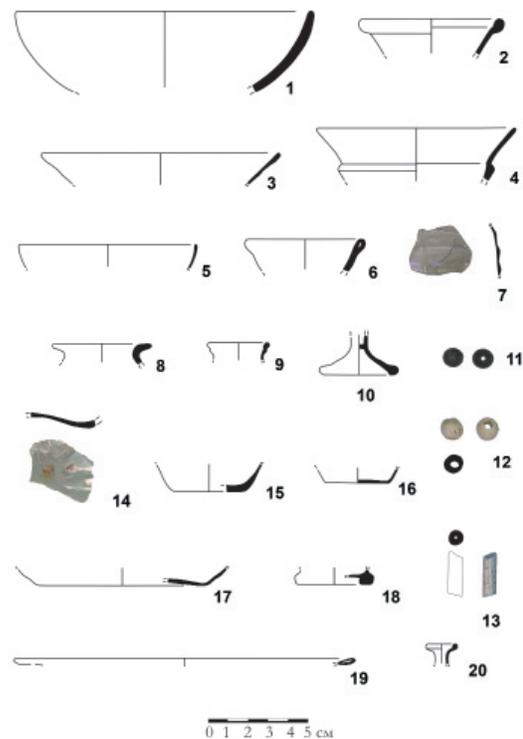


Рис. 34. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
Стеклянные изделия
Fig. 34. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Glass ware

(рис. 34: 14), кружкообразного кувшина (рис. 34: 4), конических бокалов (рис. 34: 2, 6), ножкой бокала (рис. 34: 10), верхней частью бутылки с отогнутым краем (рис. 34: 8) и нижней частью тарелки (рис. 34: 17).

Парфюмерно-аптекаерские сосуды представлены фрагментами горлышек (рис. 34: 9, 20) и донец (рис. 34: 15, 16, 18) бутылочек-флакончиков. Имеется один фрагмент, напоминающий оконное стекло (рис. 34: 19).

К украшениям относятся три бусины, изготовленные из стеклянной пасты черного, белого и синего цветов (рис. 34: 11–13). Бусина черного цвета имеет граненую поверхность (рис. 34: 11).

Другие виды находок представлены единичными экземплярами. Среди них следует отметить фрагмент ложки из кости (рис. 16: 3), два фрагмента терракотовых статуэток местного производства (рис. 35: 1, 2), фрагмент железного ножа с односторонним лезвием (рис. 35: 3), фрагменты железных гвоздей (рис. 35: 4–6), каменный оселок (рис. 35: 7) и каменные пестики (рис. 36: 1, 2). Кроме того, были найдены четыре целых и одна фрагментированная монета, которые не удалось атрибутировать из-за плохой сохранности.

Decorations consist of three beads made of black, white, and blue glass paste (Fig. 34: 11–13). A black bead has a faceted surface (Fig. 34: 11).

Other types of finds are represented by single specimens. Among them should be noted a fragment of ivory spoon (Fig. 16: 3), two fragments of terracotta figurines of local production (Fig. 35: 1, 2), a fragment of an iron knife with a one-sided blade (Fig. 35: 3), fragments of iron nails (Fig. 35: 4–6), a whetstone and stone pestle (Fig. 7: 7). (Fig. 36: 1, 2). In addition, four whole and one fragmented coin were found that could not be determined due to poor safety.

In conclusion, it should be noted that the complex of archaeological finds made during excavations of the Arch of Triumph in 2022 mainly belongs to the Late Roman – Early Byzantine periods (3rd – 8th centuries), with the exception of a small group of slip glazed ceramics of a later time (12th – 14th centuries).



Рис. 35. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
 Прочие находки: 1, 2 – терракотовые статуэтки;
 3 – фрагмент железного ножа; 4–6 – железные
 гвозди; 7 – каменный оселок
 Fig. 35. Triumphal Arch of Palmyra. 2022.
 Another finds: 1,2 – terracotta figurines; 3 – a fragment
 of an iron knife; 4–6 – iron nails; 7 – whetstone

В заключение следует отметить, что комплекс археологических находок, сделанных в ходе раскопок Триумфальной Арки в 2022 г., в основном относится к позднеримскому – ранневизантийскому периодам (III–VIII вв.), за исключением незначительной группы поливной керамики более позднего времени (XII–XIV вв.).

Источники и литература Bibliography

Голофаст Л.А. Керамика Иерихона V–XV вв. М.

Hayes J.W., 1972. Late Roman Pottery. London.

Magness J., 1993. Jerusalem Ceramic Chronology, circa 200–800 C.E. Sheffield.

Mazar E., 2015. The Ophel Excavations to the South of the Temple Mount 2009–2013. Jerusalem.

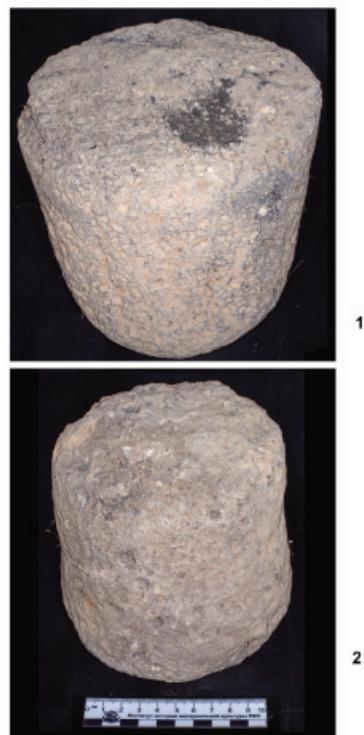


Рис. 36. Триумфальная Арка Пальмиры. 2022.
 Каменные пестики
 Fig. 36. Triumphal Arch of Palmyra. 2022. Stone pestles

Цифровые технологии в проекте «Реставрация Триумфальной Арки Пальмиры»

Digital Technologies in the Project “Restoration of the Triumphal Arch in Palmyra”

Е. К. Блохин¹, Р. С. Малай², Я. А. Низов³

E. K. Blokhin¹, R. S. Malay², Ya. A. Nizov³

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-65-79

За последние 12 лет цифровая документация стала неотъемлемой частью большинства археологических проектов. Сложные геодезические приборы, дроны и лазерные сканеры повсеместно используются для упрощения и ускорения процессов археологической фиксации. Пожалуй, самым распространенным цифровым методом документации стала фотограмметрия (SfM, Structure from Motion), стремительно завоевавшая любовь археологов всего мира благодаря кажущейся простоте полевой съемки, сравнительной доступности инструментов для обработки и интуитивной простоте интерпретации получаемых данных.

Исключительная гибкость метода, допускающая использование единого подхода как при работе с огромными территориями (типа античного города), так и при сканировании небольших объектов (таких как мелкие архитектурные детали или орнаментированные элементы), открывает широкие возможности для выстраивания достаточно сложных логистических процессов обмена данными в больших проектах. При этом потенциал интеграции различных типов данных достаточно высок, поскольку, используя один и тот же метод полевой фиксации, мы имеем возможность получить на выходе весьма разнообразную информацию: так, из одной трехмерной модели мы можем извлечь информацию о высотных и структурных характеристиках обследуемой поверхности, о визуальных особенностях объектов – их текстуре, об их геометрических свойствах. Несомненно, все эти сведения представляют исключительную важность не только для интерпретации исследуемого памятника, но и для планирования его дальнейшей судьбы. Речь

Over the recent 12 years, digital documentation has become a substantial part of most archaeological projects. Sophisticated geodetic instruments, drones and laser scanners are ubiquitously used to simplify and speed up archaeological documentation processes. The most common digital documentation method seems to be photogrammetry (SfM, Structure from Motion), which has rapidly won the love of archaeologists around the world due to the seeming application simplicity during field surveys, relative availability of processing tools, and intuitive data interpretation.

The exceptional flexibility of the method allowing the use of a single approach both when addressing vast territories (such as an ancient city) and small objects (such as small architectural details or ornamented elements) opens up wide opportunities for building fairly complex logistical data exchange processes in large projects. At the same time, the potential for integrating various types of data is quite high, since, using the same field documentation method, we are able to obtain very diverse information at the output: for example, from one three-dimensional model we can extract information about the elevation and structural characteristics of the surveyed surface, about the visual features of objects – their texture, their geometric properties. All this information is undoubtedly of exceptional importance both for the interpretation of the surveyed site, and for planning its future. One can talk about projects of the development of territories (in such institutions as a museum-reserve, which include fundamentally heterogeneous objects: historical and cultural landscapes, archaeological sites, architectural monuments) or the conservation and

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: jegor.blochin@gmail.com.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: roma.malay@mail.ru.

³ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: vanya.faq2@gmail.com.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: jegor.blochin@gmail.com.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: roma.malay@mail.ru.

³ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: vanya.faq2@gmail.com.

здесь может идти о проектах развития территорий (в структурах типа музея-заповедника, включающих в себя принципиально разнородные объекты: историко-культурные ландшафты, археологические памятники, объекты архитектуры) или консервации и реставрации отдельных памятников (археологии и, прежде всего, архитектуры). В успешности подобного рода предприятий ключевую роль играет строгая организация сбора и хранения данных.

При работе с обширными территориями и площадными пространственными данными оптимальной структурой для организации информации представляется классическая геоинформационная система (ГИС). Применение ГИС позволяет взаимодействовать со значительным количеством типов данных и наглядно организовать их представление, использовать массу хорошо разработанных инструментов. Немаловажен и тот факт, что применение ГИС-методов в археологии хорошо укоренено и не требует дополнительных обоснований. Что касается исходного трехмерного объекта, такого как архитектурное сооружение, то здесь традиционная форма ГИС не совсем удовлетворяет имеющимся данным (ГИС с самого начала разрабатывались как двумерные структуры, если и отображающие информацию о третьем измерении, то опосредованно, через систему условных обозначений).

В последние годы в археологию и охрану культурного наследия активно начинает проникать подход, заимствованный из современных архитектурных и строительных технологий, – BIM (Building Information Modelling). Применение BIM для описания архитектурных сооружений со сложной историей развития и изучения логично, поскольку позволяет создать на основе традиционных трехмерных данных (полигональной модели или трехмерного облака точек) насыщенную семантическую и параметрическую модель, комплексно описывающую памятник и выстраивающую взаимную зависимость отдельных ее элементов. Происходит это путем разбиения исходной модели на элементарные, связанные друг с другом составляющие (определяемые каждый раз контекстуально, исходя из поставленных задач), которым присваиваются определенные наборы свойств и описаний. Изменение одного параметра влечет за собой изменения всех связанных с ним элементов. Сочетание фотограмметрического метода получения исходных данных с BIM-представлением информации все еще находится на этапе экспериментального изучения, однако постепенно становится все более популярным и в ближайшем будущем может стать международным стандартом в работе со сложными объектами культурного наследия (обзоры работ см.: Banfi, 2020. P. 17, Intignano *et al.*, 2021. P. 3033).

restoration of individual sites (archaeological and, above all, architectural). The key role in ensuring success of such enterprises is played by complying to a strict methodology of data collection and storage.

The optimal structure for organizing the information in the work with vast territories and areal spatial data appears to be the classical geographic information system (GIS). The use of GIS allows interaction with a significant number of types of data and visual organization of their presentation, use of a lot of well-developed tools. It is also important that the use of GIS methods in archeology is well rooted and does not require additional explanation. As for the original three-dimensional object, such as an architectural structure, the traditional form of GIS does not fully reflect the available data (from the very beginning GIS were developed as two-dimensional structures, integrating the third dimension, but indirectly).

In the recent years, an approach borrowed from modern architectural and building technologies – BIM (Building Information Modeling) has become common in archeology and cultural heritage management. The use of BIM to describe architectural structures with a complex history of development and research is logical, since it allows creating, based on traditional three-dimensional data (a polygonal model or a three-dimensional point cloud), semantic and parametric models that comprehensively describe the site and demonstrate the relationships of its individual elements. This happens by splitting the initial model into basic related components (each time defined contextually, based on the research objective), which are assigned certain sets of properties and descriptions. A change of one parameter entails changes in all elements related with it. The combination of photogrammetry with BIM is still largely an experiment, however, it is gradually becoming more popular and in the near future may become an international standard in work with complex cultural heritage sites (for reviews of papers see: Banfi, 2020. P. 17; Intignano *et al.*, 2021. P. 3033).

In this and subsequent articles, using the example of our work on the Monumental Arch of Palmyra, we will consider the possibilities of integrating 3D-modeling data using the photogrammetry method in the restoration project of a complex architectural site, largely destroyed by explosion. We will primarily discuss the field part of the work and focus on collecting and organizing data. The second part, concerning the postprocessing of data received into the final research model, is presented by our colleagues in the next article of this collection (see paper by Малай и др. in this issue).

В этой и последующей статьях на примере проведенной нами работы на Триумфальной Арке Пальмиры мы рассмотрим возможности интеграции данных трехмерного моделирования методом фотограмметрии в проекте реставрации сложного архитектурного объекта, в значительном своем объеме разрушенного взрывом. Мы коснемся, прежде всего, полевой части работы и сосредоточимся на особенностях сбора и организации данных. Вторая часть, касающаяся кабинетной работы по интеграции и преобразованию различных исходных материалов в итоговую исследовательскую модель, представлена нашими коллегами в следующей статье этого сборника (см. статью Малай и др. в настоящем сборнике).

Материалы и методы

Арка Пальмиры стала одним из трех важнейших объектов памятника всемирного наследия ЮНЕСКО «Археологические памятники Пальмиры», пострадавшим от рук террористов в 2015 г. В конце лета – начале осени 2015 г. наиболее сохранившиеся всемирно известные, знаковые для сирийского общества и европейской цивилизации сооружения Пальмиры были заминированы и взорваны боевиками запрещенной в России организации ИГИЛ (ДАЕШ). Так погибли храм Бэла, храм Баалшамина и Триумфальная Арка Большой колонной улицы Пальмиры.

На Арке заряды были заложены на центральных пилонах (вероятно, подрыв производился дважды), взрыв привел к практически полному уничтожению пилон А (сохранился на высоту до 0,70 м от дневной поверхности), частичному развалу остальных центральных пилонов на уровне выше 3,5 м и полному разрушению сводов арок и стен между пилонами (рис. 1). Боковые пилоны устояли при взрыве. Разлет обломков в результате взрыва для большинства фрагментов не превысил 6 м. Образовавшаяся груда обломков частично накрыла основания пилонов, вокруг которых сложился многослойный завал высотой до 3,7 м, состоящий из крупных блоков, фрагментированных обломков и мелкого щебня; мелкие фрагменты оказались отброшены взрывной волной дальше от центра, крупные упали вблизи оснований пилонов. В таком состоянии развал Арки просуществовал с октября 2015 до марта 2022 г. За это время некоторые элементы завала успели покрыться эоловыми отложениями, его подножие поросло пустынной растительностью.

Первые этапы посттравматического реагирования на разрушение объекта культурного наследия предполагают подробную документацию и оценку состояния памятника (ICOMOS, 2017). В случае с объектом, разрушенным взрывом, единственный способ создать полноценную документацию – это разборка завала

Materials and methods

The Arch of Palmyra became one of the three major objects of the UNESCO World Heritage Site “Archaeological Monuments of Palmyra”, which suffered from the hands of terrorists in 2015. In the late summer – early autumn of 2015, the best-preserved, world-famous buildings of Palmyra, significant for the Syrian society and European civilization, were mined and blown up by militants of the ISIS organization (DAISH) banned in Russia. Therefore, the Temple of Bel, the Temple of Baalshamin and the Monumental Arch of the Great Colonnaded Street of Palmyra perished.

On Arch, the charges were laid on the central pylons (the demolition was carried out twice, probably), the blast led to the almost complete destruction of pylon A (preserved to a height of up to 0.70 m from the daylight surface), partial collapse of the other central pylons at a level above 3.5 m and complete destruction of the vaults of arches and walls between the pylons (Fig. 1). The side pylons withstood the blast. The spread of debris as a result of the blast for most of the fragments did not exceed 6 m. The resulting pile of debris partially covered the bases of the pylons, with a multi-layer wreckage up to 3.7 m high forming around them. The wreckage consisted of large blocks, fragmented debris and small rubble; small fragments were thrown away by the blast wave further from the center, large ones fell near the bases of the pylons. In this state, the collapse of the arch remained from October 2015 to March 2022. During this time, some elements of the wreckage got covered with soil deposits; its foot was overgrown with desert vegetation.

The first stages of the post-traumatic response to the destruction of a cultural heritage site involve detailed documentation of the condition of the monument and assessment of its condition (ICOMOS, 2017). In the case of an object destroyed by a blast, the only way to create comprehensive documentation is to sort out the rubble and study it layer by layer, preserving and recording each element, similarly to a traditional archaeological excavation. Creating 3D-models of varying detail and complexity seemed to be a good way to approach these tasks. Digital support of the post-traumatic response was structured as follows (Fig. 2): 1) primary documentation – creating a model of the visible surface of the collapse in its condition immediately after the blast; 2) construction of a basic simplified model for preliminary analysis which makes it possible to identify blocks visible on the surface, count the surviving elements and plan further work on the collapse documentation; 3) layer-by-layer sorting out the collapse and 3D-modeling of each surviving element of the Arch; 4) virtual reconstruction of

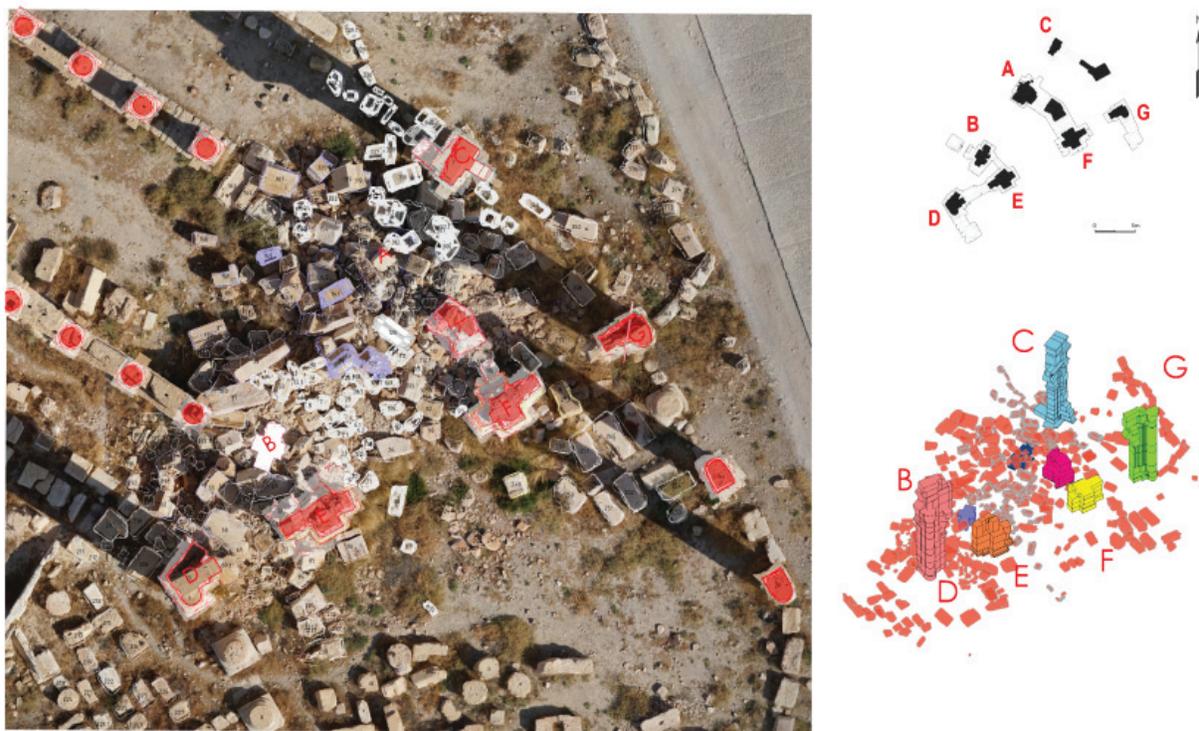


Рис. 1. Схема Триумфальной Арки Пальмиры с указанием зон разрушений
 Fig. 1. Scheme of the Triumphal Arch of Palmyra indicating the zones of destruction

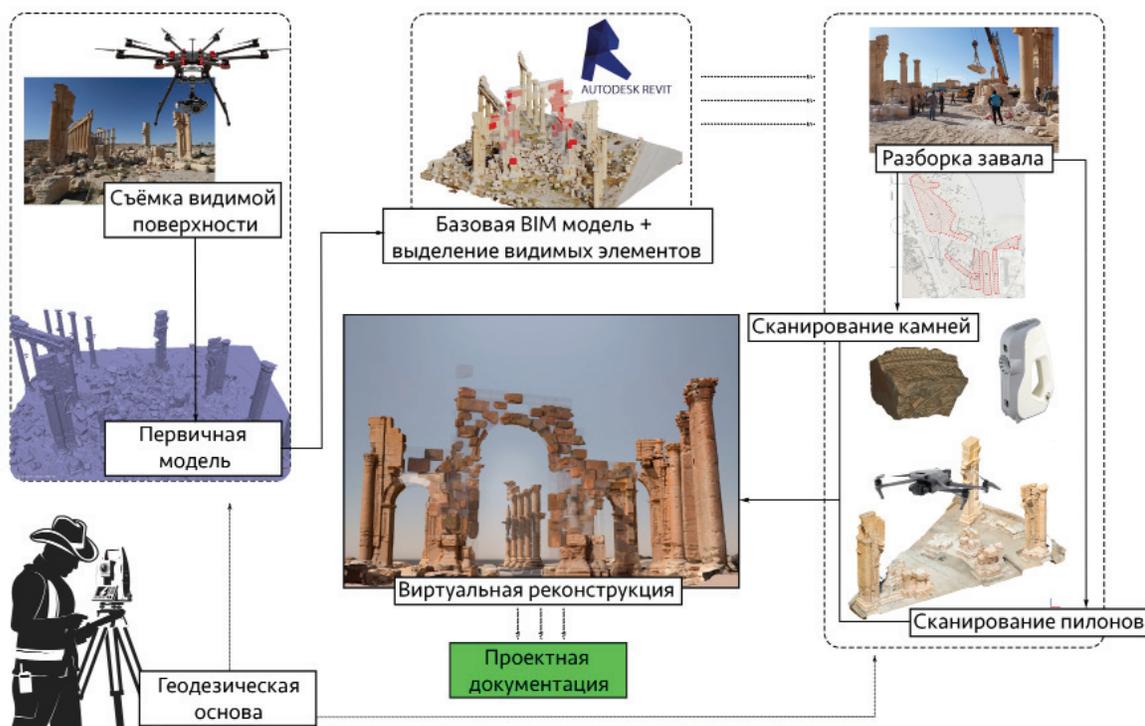


Рис. 2. Структура рабочего процесса по цифровому сопровождению посттравматического реагирования
 Fig. 2. Workflow for digital support of post-traumatic response

и его послойное исследование с сохранением и фиксацией каждого элемента, напоминающее по своей структуре традиционные археологические раскопки. Основным инструментом решения этих задач нашим коллективом был избран подход создания трехмерных моделей различной сложности. Весь рабочий процесс по цифровому сопровождению посттравматического реагирования был структурирован нами следующим образом (рис. 2): 1) первичная документация – создание модели видимой поверхности развала в его состоянии непосредственно после взрыва; 2) построение базовой упрощенной модели для предварительного анализа, позволяющей провести выделение видимых на поверхности блоков, подсчет сохранившихся элементов и планирование дальнейших работ по документации развала; 3) послойная разборка развала и трехмерное моделирование каждого сохранившегося элемента Арки; 4) виртуальная реконструкция Арки и размещение выявленных сохранившихся элементов на исходных местах в пространстве модели.

Одной из основных проблем, стоящих перед специалистом, планирующим использовать в своем аналитическом процессе BIM-подходы и фотограмметрию, всегда становится упрощение моделей и экспериментальный поиск оптимального соотношения простоты и точности (Bagnolo *et al.*, 2019. P. 60–61; обзор сравнительных оценок методов съемки см.: Chiabrando *et al.*, 2017. P. 171). Программные продукты, рассчитанные на архитекторов и проектировщиков, обычно имеют дело с простыми формами, спроектированными «с чистого листа», и не подразумевают использование многополигональных объектов исключительно сложной формы, с которыми обычно имеют дело археологи. Существуют различные способы решения этой задачи: от полного пере моделирования каждого объекта ручными или алгоритмическими средствами до отказа от использования полигональных моделей и обращения к облакам точек как к конечным носителям археологической информации (Achille *et al.*, 2015. P. 600). При этом сохранить информацию о поверхности и текстуре каждого элемента представляется чрезвычайно важным, и оптимальным решением здесь видится создание двойного архива моделей: для целей хранения исходной информации создается высокополигональная модель с максимально доступным количеством поверхностей, а для текущей работы в трехмерной среде производится ее упрощенная копия путем ретопологии поверхности (применения децимации и фильтрации), для каждого проекта наилучшее соотношение количества полигонов и точности передачи формы подбирается экспериментальным путем.

the Arch and placement of the identified surviving elements in their original places in the virtual space.

One of the main problems we are facing when planning to use BIM approaches and photogrammetry in our analytical process is usually the simplification of models and the experimental search for the optimal correlation of “low-weight” and detail (Bagnolo *et al.*, 2019. P. 60–61; review of comparative assessments of survey methods, see: Chiabrando *et al.*, 2017. P. 171). Software designed for architects and designers usually deals with simple shapes designed from scratch, and does not involve the use of multi-polygonal objects of extremely complex shape that archaeologists usually deal with. There are various ways to solve this problem: from a complete remodeling of each object by manual or algorithmic methods to abandoning the use of polygonal models and turning to point clouds as the ultimate carriers of archaeological information (Achille *et al.*, 2015. P. 600). At the same time, it is extremely important to preserve information about the surface and texture of each element, and the optimal solution here is the creation of a double archive of models: to store the initial information, a high-polygonal model is created with the maximum available number of surfaces, and for current work in a 3D-environment, its simplified copy is made by surface retopology (application of decimation and filtering), for each project the best ratio of the number of polygons and the accuracy of the shape transfer is selected experimentally.

Results obtained

Primary documentation was carried out using the photogrammetry method, combining aerial photography with UAVs and ground photography (Соловьева и др., 2019). For aerial photography, an octocopter of the Unmanned Systems group of companies equipped with a Sony $\alpha 6000$ camera with a 20 mm lens was used, ground survey was carried out with a Canon 5D Mark III camera with a 24 mm lens. The geodetic base was created by the method of satellite geodesy using the Spectra Epoch 60 GNSS receiver and developed into a network of reference points by a Leica TS07 5” total station. Based on this fieldwork, with the support of GC Geoscan Department of Earth Remote Sensing and Data Processing, using the Agisoft Metashape software, we created a three-dimensional model of the collapse consisting of over 32 million polygons. The model is georeferenced in the WGS 84 UTM 37N coordinate system, which made it possible to carry out the first measurements and analyze the state of the site. On the basis of this model, approximate preliminary calculations of the number of the blocks in the collapse were carried out and the calculations necessary for planning the subsequent sorting out of the debris were made.

Полученные результаты

Первичная документация была проведена методом фотограмметрии, комбинируя аэрофотосъемку с БПЛА и наземную фотосъемку (Соловьева и др., 2019). При аэрофотосъемке использовался октокоптер группы компаний Беспилотные системы, оснащенный камерой Sony α6000 с объективом 20 мм, наземная съемка велась на фотоаппарат Canon 5D Mark III с объективом 24 мм. Геодезическая основа создана методом спутниковой геодезии спутниковым приемником Spectra Epoch 60 и развита в сеть реперов тахеометром Leica TS07 5". На основе этих полевых работ нами при поддержке Отдела обработки данных дистанционного зондирования земли группы компаний Геоскан, используя программу фотограмметрической реконструкции Agisoft Metashape, была создана трехмерная модель развала, состоящая из более чем 32 млн полигонов. Модель геопривязана в системе координат WGS 84 UTM 37 N, что позволяло проводить первые измерения и анализ состояния объекта. На основе этой модели были проведены примерные предварительные подсчеты количества блоков в развале и сделаны расчеты, необходимые для планирования последующей разборки завала.

As part of the analysis of the condition of the Arch, using the primary model, the visible surfaces of individual large blocks were identified, and on their basis their parameters were preliminarily calculated, based on which they were modeled in the Autodesk Revit BIM modeling program, where the first working parametric model of the Arch was created (Fig. 3). The availability of such a model stating the blocks identified on the surface before the start of large-scale on-site work substantially simplified all stages of planning and helped to organize the process of documentation and archiving of data on individual surviving elements of the Arch.

At the second stage, large-scale on-site work was carried out to sort out the rubble. The main principles that we took into account when organizing the relocation of stones from the rubble to the lapidary are the maximum preservation of information about the position of the objects, the maximum preservation of the physical integrity of the site exposed to the relocation and ensuring safe storage in the lapidary with the possibility of convenient and permanent access for scanning (Fig. 4).

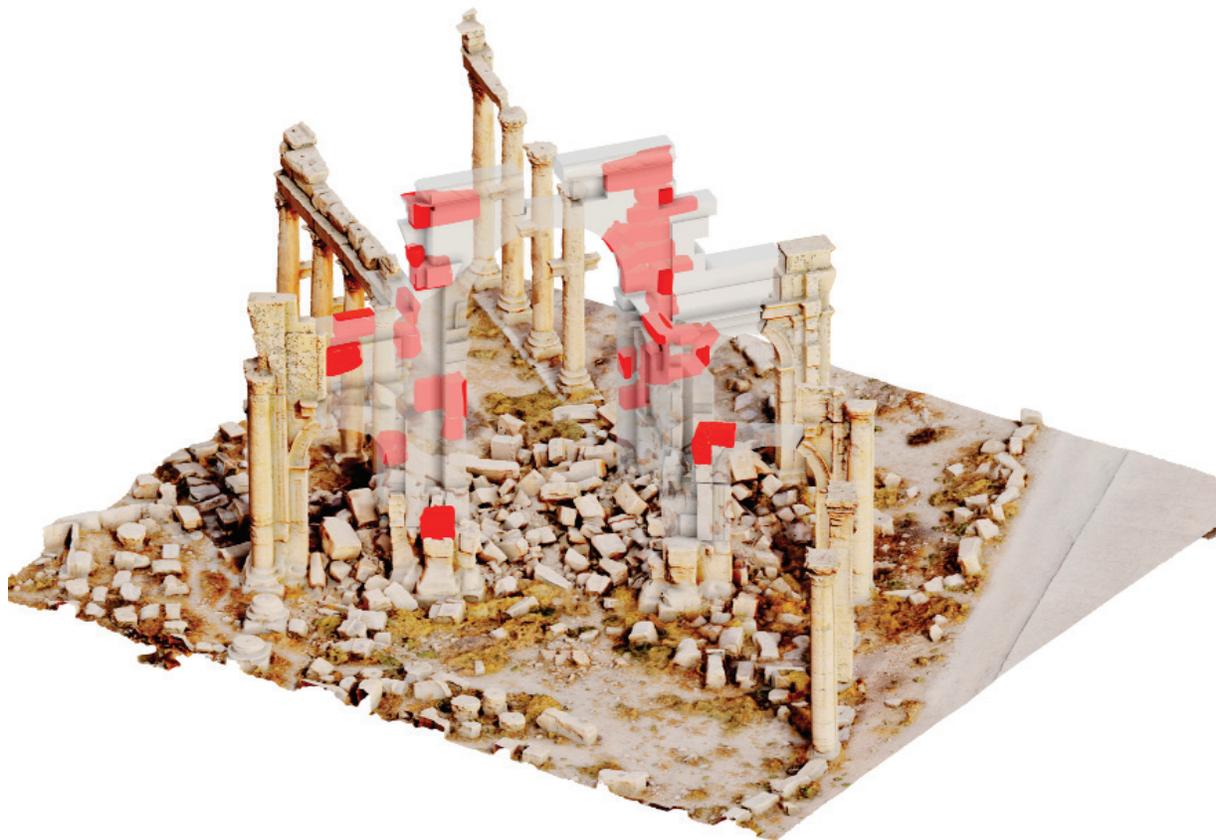


Рис. 3. Параметрическая первичная модель Арки в среде Autodesk Revit
 Fig. 3. Parametric model of the Arch in the Autodesk Revit environment

В рамках анализа состояния Арки по первичной модели были выделены модели видимых поверхностей отдельных крупных блоков, на основании которых были предварительно посчитаны их параметры, исходя из которых они были смоделированы в программе BIM-моделирования Autodesk Revit, где была создана первая рабочая параметрическая модель Арки (рис. 3). Наличие такой модели с указанием уже идентифицированных на поверхности блоков до начала масштабных полевых работ существенно упростило все этапы планирования и помогло организовать процесс документации и архивирования данных об отдельных сохранившихся элементах Арки.

At the beginning of the sort out operations, the surface of the rubble was cleared of small crumbs, soil deposits and vegetation, then a stone was selected that was most accessible in the rubble structure, the extraction of which would not entail the collapse of the entire shaky structure. The position of the stone was recorded either on the existing primary model of the debris surface, or (if the stone was in the lower layers) by recording the position of the corners of the stone by total station survey. The stone selected for scanning was to have one of the following features which would make it possible to identify the position of the stone in the Arch before the blast: 1) a size

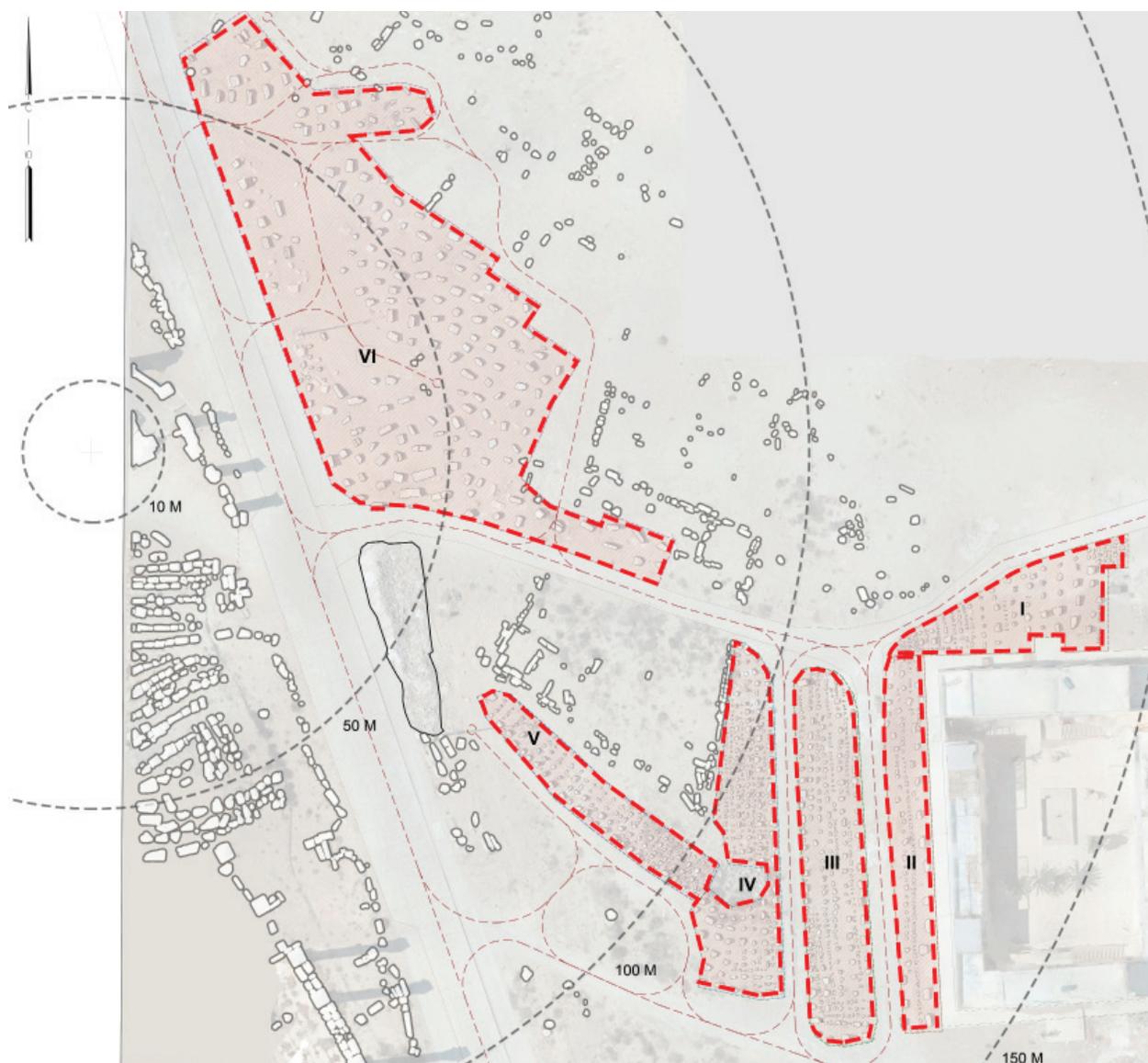


Рис. 4. Схема лапидария
Fig. 4. The lapidary map

На втором этапе были произведены собственно масштабные полевые работы по разбору завала. Основные принципы, которые мы учитывали при организации перемещения камней из завала в лапидарий, – максимальное сохранение информации о положении объектов, максимальное сохранение физической целостности объекта при воздействии на него в процессе перемещения и обеспечение безопасного хранения в лапидарии с возможностью удобного и постоянного доступа для сканирования (рис. 4).

В начале разборки поверхность завала расчищалась от мелкой крошки, эоловых отложений и растительности, затем выбирался камень, наиболее доступно расположенный в структуре завала, извлечение которого не повлекло бы за собой обрушение всей шаткой структуры. Положение камня фиксировалось либо на имеющейся первичной модели поверхности завала, либо (если камень находился в нижних слоях) с помощью фиксации положения углов камня тахеометрической съемкой. Камень, отбираемый для сканирования, должен был обладать одним из следующих признаков, которые позволили бы идентифицировать положение камня в Арке до взрыва: 1) размер более 0,02 куб. м, либо 2) наличие декора или обработанной плоскости. Камни, не соответствовавшие хотя бы одному из этих критериев, признавались не имеющими признаков идентификации и в основном являлись мелким бутовым заполнением. Отобранный для перемещения камень маркировался и заносился в специально разработанную опись камней. Сквозная проектная маркировка всех отобранных каменных блоков основывалась на маркировке пилонов Робера Ами, заданной при реставрации 1930-х гг. (Amy, 1933. P. 398). Основа маркировки была задана при анализе первичной модели поверхности развала, а при открытии новых слоев развала она дополнялась.

Отобранные и промаркированные камни перемещались в лапидарий при помощи ручного труда и тяжелой техники (кранов-подъемников). Лапидарий планировался таким образом, чтобы обеспечить безопасное хранение камней на период до начала восстановительных работ; удобное сканирование камней; доступ к фасадным (орнаментированным) частям камня для посещающих Пальмиру туристов. При устройстве лапидария соблюдались следующие требования: 1) камни, происходящие из одного участка развала должны располагаться достаточно компактно; 2) камни не должны увозиться на большое расстояние от разбираемого объекта; 3) камни располагаются так, чтобы между ними могла безопасно проезжать тяжелая техника; 4) камни не должны располагаться на известных и видимых на поверхности археологических объектах; 5) минимальное расстояние между камнями составляет 1,5 м для обеспечения сканирования

over 0.02 cubic m, or 2) the presence of a decorated or a processed plane. The stones that did not meet at least one of these criteria were recognized as having no signs of identification and were mainly small snecks. The stone selected for relocation was marked and entered into a specially developed inventory of stones. The comprehensive design marking of all selected stone blocks was based on the marking of the pylons by Robert Amy assigned during the restoration of the 1930s. (Amy, 1933. P. 398). The marking basis was set during the analysis of the primary model of the surface of the collapse, and when new layers of the collapse were discovered, it was supplemented.

The selected and marked stones were relocated to the lapidary manually and using heavy equipment (crane lifts). The lapidary was planned in such a way as to ensure: safe storage of stones for the period before the start of the restoration work; convenient scanning of stones; access to the facade (ornamented) parts of the stone for tourists and researchers visiting Palmyra. When constructing a lapidary, the following requirements were observed: 1) stones originating from one site of the collapse should be placed quite compactly; 2) stones should not be taken far away from the dismantled object; 3) stones are placed so that heavy equipment can safely pass between them; 4) stones should not be placed on known archaeological sites visible on the surface; 5) the minimum distance between stones is 1.5 m to ensure scanning and free passage; 6) stones are placed on the back side to provide access to the facade plane. In total, 1,440 stones from the rubble were relocated to the lapidary in this way, the rest of the chipped filling was determined to be stone chips and was moved to a specially designated place on the edge of the lapidary.

The lapidary also served as a platform for scanning the selected fragments. Structured-light scanning (SLS) was chosen as a way to create three-dimensional models of stones. The working tool here was the Artec Eva 3D-scanner. The device illuminates the area being documented with structured light, the reflected light is captured simultaneously by two cameras, and the software, using algorithms similar to photogrammetric ones, restores the geometry of the object, as well as texture information. The use of a scanner, in comparison with classical photogrammetry, can significantly save labor costs for building individual small models. A special problem was bright sunlight which prevented the scanner cameras from capturing their own light, which significantly affected the speed, efficiency, and quality of model building. The solution was to use a mobile shelter assembled from lightweight fittings (tent posts) and canvas cloth. It should be noted that in September the intensity of sunlight at

и свободного прохода; 6) камни устанавливаются на тыльную сторону для обеспечения доступа к фасадной плоскости. Всего таким образом в лапидарий было перемещено 1440 камней из завала, остальное колотое заполнение было определено как мелкий щебень и было перемещено в специально отведенное место на краю лапидария.

Лапидарий служил также площадкой для сканирования отобранных фрагментов. В качестве способа создания трехмерных моделей камней был избран метод сканирования структурированной подсветкой (SLS). Рабочим инструментом здесь выступал сканер Artec Eva 3D. Устройство подсвечивает фиксируемую область структурированным светом, отраженный свет улавливается одновременно двумя камерами, и программное обеспечение, используя алгоритмы, схожие с фотограмметрическими, восстанавливает геометрию объекта, а также текстурную информацию. Использование сканера в сравнении с классической фотограмметрией позволяет существенно сэкономить трудозатраты на построение отдельных небольших моделей. Отдельной проблемой стал яркий солнечный свет, мешающий камерам сканера улавливать собственный свет, что существенно сказывалось на скорости, эффективности и качестве построения моделей. Решением стало использование мобильного укрытия, собранного из легкой арматуры (стойки палаток) и брезентовой ткани. Следует отметить, что в сентябре интенсивность солнечного света на широте Пальмиры оказалась значительно ниже, чем в апреле и мае, отраженный солнечный свет, проникающий под полог укрытия, не мешал работе в осеннее время, весной же представлял определенную проблему. Другим способом преодоления этой сложности стало сканирование в сумерки и в вечернее время.

Для сканирования отбирались камни из лапидария, соответствующие следующим критериям: 1) параметр одной из поверхностей более 0,2 м; 2) аутентичность (то есть камень, не замещенный в ходе реставрации Ами); 3) наличие обработанной поверхности. Камни, не отвечающие этим требованиям, являлись неидентифицируемыми обломками и не могли использоваться в виртуальной реконструкции, и, соответственно, не сканировались. По этим критериям было отобрано и отсканировано 477 камней. Сканирование структурированной подсветкой создает исключительно высокополигональные модели, число поверхностей в них может достигать 50 или 100 млн, среднее значение колеблется около 5–10 млн полигонов. Для использования их в средах трехмерного моделирования или BIM-программах неизбежно требуется упрощение моделей. Экспериментально для камней Арки Пальмиры было установлено, что возможно провести упрощение модели методом

the latitude of Palmyra turned out to be significantly lower than in April and May; the reflected sunlight penetrating under the curtain of the shelter did not interfere with the work in autumn while being a certain problem in spring. Another way to solve this difficulty was to scan at dusk and in the evening.

For scanning, stones from the lapidary were selected that met the following criteria: 1) the parameter of one of the surfaces was over 0.2 m; 2) authenticity (that is, the stone was not replaced during the Amy's restoration); 3) the presence of a treated surface. The stones that did not meet all these requirements were unidentifiable fragments and could not be used in virtual reconstruction, and, accordingly, were not scanned. According to these criteria, 477 stones were selected and scanned. Structured-light scanning creates extremely high polygonal models, the number of surfaces in them can reach 50 or 100 million, the average value ranges from 5 to 10 million polygons. To use them in 3D-modeling environments or BIM programs, the models must be inevitably simplified. For the stones of the Arch of Palmyra, it was experimentally found that it was possible to simplify the model by the decimation method without significant loss of information about the formal features of the stone, reducing the number of polygons to 20–30 thousand on average (Fig. 5). To do this, the stones were conditionally divided into three categories: large, richly decorated stones of complex shape; large stones of a simple shape without a complex ornament; small stones with decor. For complex stones, the allowable polygon value was determined at 50,000, for simple and small stones, from 1,000 to 30,000. Thus, the optimized models are easily subsequently integrated into the BIM environment or into the 3D-modeling program, do not “overweight” the final constructions and allow saving all the basic information about the object in question. If it is necessary to specify some details that could be lost when the model was simplified, the researcher always has the opportunity to refer to the archive of stones which stores both versions of the model: the initial full-size and the “light” simplified ones.

After the rubble was sorted out completely, it became possible to proceed to the next step of the documentation: recording the parts of the structure that survived *in situ*. Since one of the stages of the post-traumatic response was a comprehensive archaeological study of the base of the arch and the cultural layer surrounding it, the documentation of the surviving pylons was divided into several iterations. First of all, a model of the state of the arch was made by photogrammetry immediately after clearing the rubble. A DJI Mavic 2 Pro drone was used for the survey. This

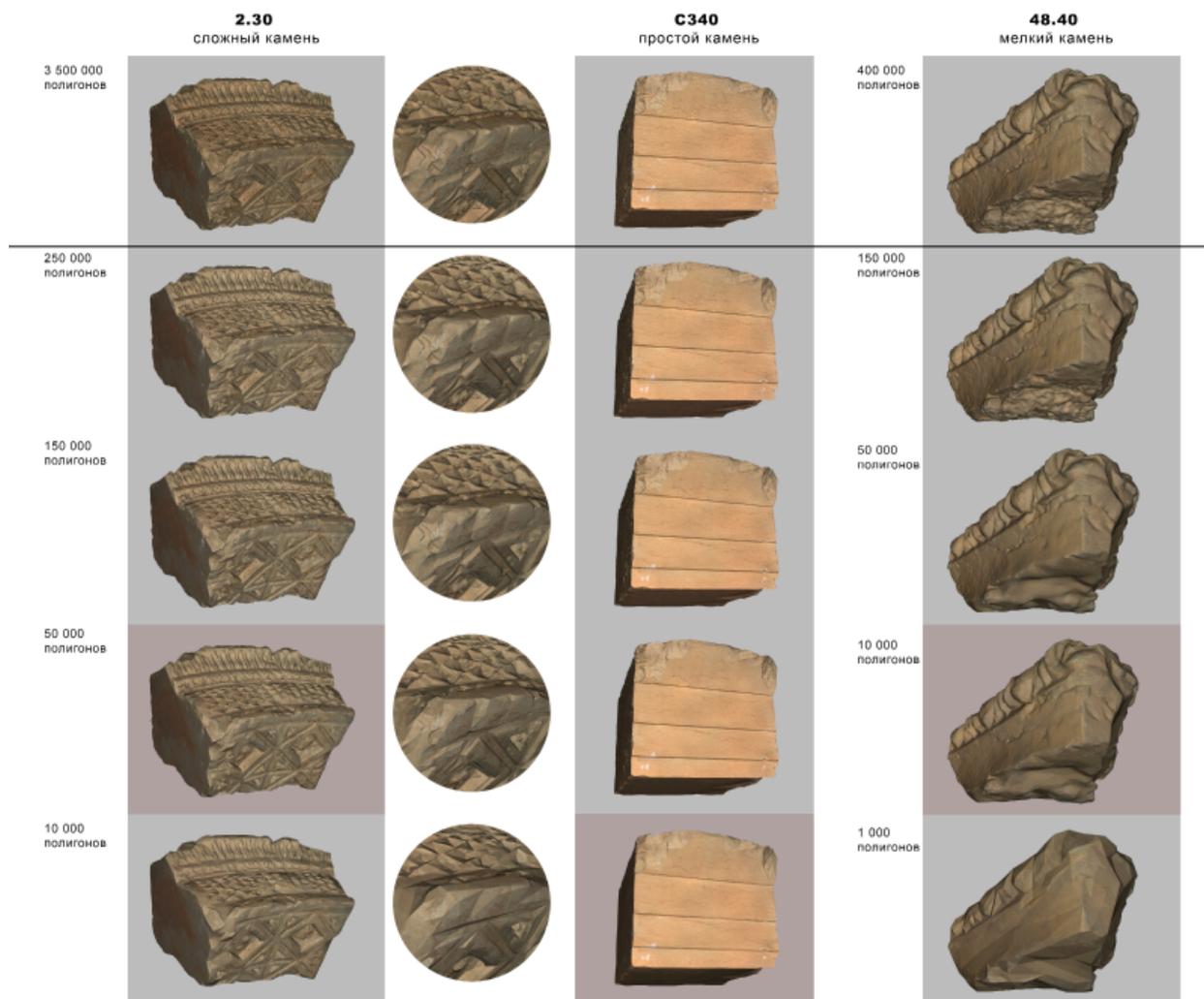


Рис. 5. Схема упрощения моделей камней
 Fig. 5. Stone block models simplification outline

децимации без значительной потери информации о формальных особенностях камня, снижая количество полигонов до 20–30 тысяч в среднем (рис. 5). Для этого камни были условно разделены на три категории: крупные обильно декорированные камни сложной формы; крупные камни простой формы без сложного орнамента; мелкие камни с декором. Для сложных камней допустимое значение полигонажа определялось в 50000, для простых и мелких – от 1000 до 30000. Таким образом оптимизированные модели легко в последующем интегрируются в BIM-среду или в программу трехмерного моделирования, не «утяжеляют» итоговые построения и позволяют сохранить всю основную информацию об исследуемом объекте. При необходимости уточнить какие-то детали, которые могли быть утрачены при упрощении модели, у исследователя всегда есть возможность обратиться к архиву камней, в котором хранятся оба варианта

model was subsequently used only as an intermediate documentation model.

The second model was built simultaneously with the start of the excavations. Special attention here was paid to the detail and accuracy of documentation of the state of the arch, the survey was performed by a DJI Mavic 3 drone, more than 1,000 images were taken, from which a model consisting of 18 million polygons was built. Such detailing allows highlighting small ornamental elements and cracks in blocks on a solid non-textured model.

After the completion of the excavations and the opening of the Arch foundation plans, another model was made: the final model, in which the main attention was paid to the exposed elements in the base of the structure. Here we used a combination of surveys

модели – исходные полноразмерные и «легкие» упрощенные.

После окончания разборки завала стало возможным перейти к следующему шагу документации – фиксации сохранившихся *in situ* частей сооружения. Поскольку одним из этапов посттравматического реагирования стало полноценное археологическое исследование основания Арки и окружающего ее культурного слоя, фиксация устоявших пилонов была разбита на несколько итераций. В первую очередь методом фотограмметрии была изготовлена модель состояния арки сразу после расчистки завала. Для съемки использовался квадрокоптер DJI Mavic 2 Pro. Эта модель применялась нами в дальнейшем лишь как промежуточная фиксационная модель.

from a DJI Mavic 3 drone and a Canon 5D Mark III full-frame DSLR camera.

Using multiple iterations in the modeling of one object allowed us to optimally organize the survey logistics (in parallel with the excavation process), accurately place emphasis at each stage of the survey and achieve the best result in each case, create control materials that allow us to check the accuracy of the survey of the models relative to each other (Fig. 6). In all cases, the Agisoft Metashape software was used to build the models, the images were coordinated in the WGS 84 UTM 37N coordinate system from a network of GCPs developed based on permanent control points laid down at the first stage of the survey (in 2019 with the support of MIIGAiK).

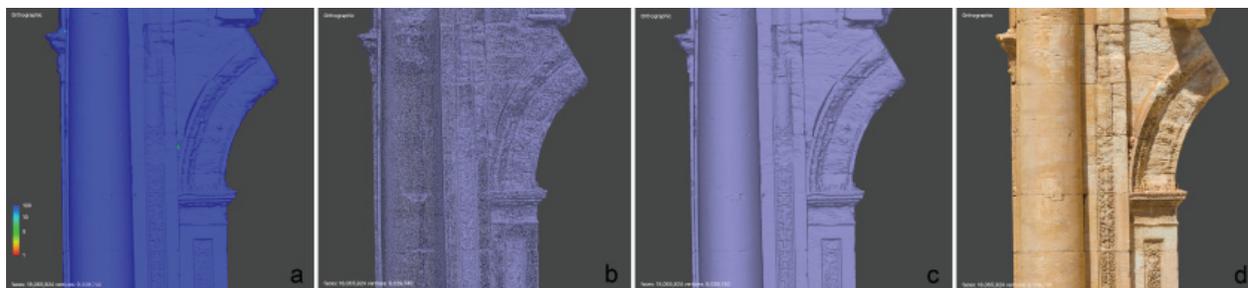


Рис. 6. Модель устоявших конструкций Арки с расчетами достоверности
Fig. 6. The model of the standing structures of the Arch with mesh confidence indication

Вторая модель была построена одновременно с началом раскопок. Здесь было уделено особое внимание детальности и точности документации состояния Арки, при съемке использовался квадрокоптер DJI Mavic 3, было сделано более 1000 снимков, из которых была построена модель, состоящая из 18 млн полигонов. Такая детализация позволяет выделять на твердотельной нетекстурированной модели элементы мелкого орнамента и трещины в блоках.

После окончания раскопок и раскрытия планов фундамента Арки была снята еще одна – финальная модель, в которой основное внимание уделялось именно раскрытым элементам в основании сооружения. Здесь использовалась комбинация съемок с квадрокоптера DJI Mavic 3 и зеркального полнокадрового фотоаппарата Canon 5D Mark III.

Выбор пути множественных итераций в моделировании одного объекта позволил нам оптимально организовать логистику съемок (параллельно процессу раскопок), точно расставить акценты на каждом этапе съемки и добиться наилучшего результата в каждом

Discussion

The data obtained in this way became the basis for creating an information model of Palmyra's Monumental Arch (Fig. 7), which became the basis for building historical reconstructions of the arch and designing the restoration work. We can distinguish two categories of elements documented: the surviving parts of the architectural structure, standing *in situ*, and separate blocks fragmented to one degree or another that made up the Arch. In each case, a different documentation method was used, optimized to obtain the data as quickly and accurately as possible. The ultimate goal of our work is to ensure the integration of these two categories in a single information space. The field experience gained confirmed the thesis on which we relied when planning the work: the selected documentation methods – photogrammetry (SfM) and structured-light scanning (SLS) – allow practically seamless integration of the survey data and make it possible to avoid many intermediate steps for processing and preparing models and point clouds, which would be inevitable in the case of laser scanning.

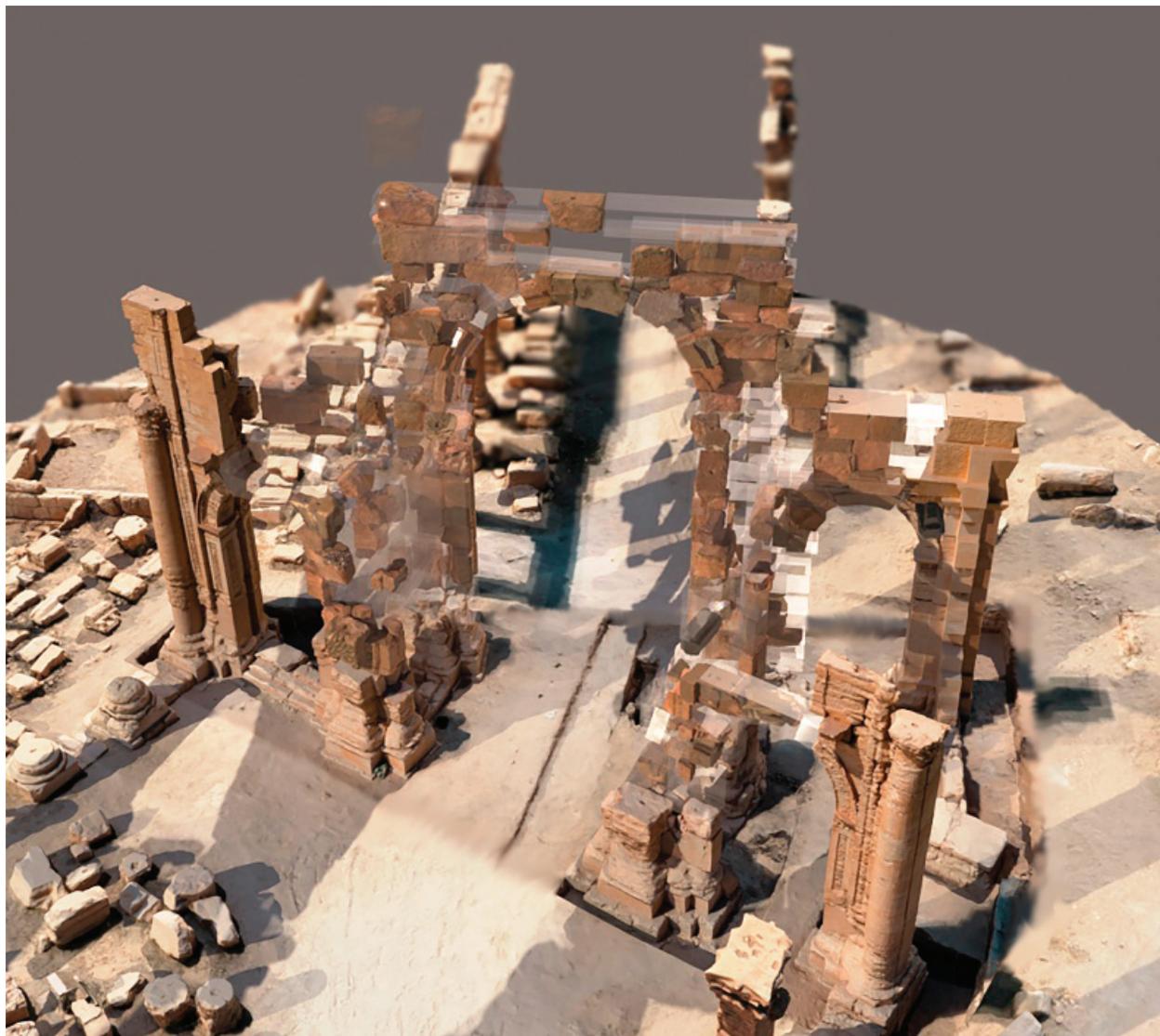


Рис. 7. Модель Арки в среде 3DSudio Max
Fig. 7. Arch Model in 3DSudio Max

случае, создать контрольные материалы, позволяющие проверять точность съемки моделей относительно друг друга (рис. 6). Во всех случаях для построения моделей использовалась программа Agisoft Metashape, снимки координировались в системе координат WGS 84 UTM 37 N от сети реперов, развитой с опорой на заложенные на первом этапе съемки (в 2019 г. при поддержке МИИГАиК) базовые репера.

Обсуждение

Полученные таким образом данные стали основой для создания информационной модели Триумфальной Арки Пальмиры (рис. 7), которая стала базой для построения исторических реконструкций Арки и проектирования реставрационных работ. Можно выделить две категории документированных нами элементов:

The only operation unavoidable in order to optimize work with large volumes of 3D-data is the simplification of models from high-poly to low-poly ones. However, for this operation, we found a suitable work process in the same software products in which the main reconstructions were made (Agisoft Metashape for photogrammetry and Artec Studio for SLS). By reducing the number of individual steps in the work process, we were able to significantly save time preparing models for integration in BIM and reduce the number of errors and shortcomings that are inevitable when constantly switching from one program environment to another.

As for the simplification procedure itself, it is worth noting here that the decimation algorithms used in both

сохранившиеся части архитектурного сооружения, стоящие *in situ*, и отдельные фрагментированные в той или иной степени блоки, из которых состояла Арка. В каждом случае применялся свой метод документации, оптимизированный для максимально быстрого и точного получения данных. Конечная цель нашей работы – обеспечить интеграцию этих двух категорий в едином информационном пространстве. Полученный полевой опыт подтвердил тезис, на который мы опирались при планировании работ, – избранные методики фиксации – фотограмметрия (SfM) и сканирование структурированной подсветкой (SLS) – позволяют практически бесшовно объединять данные съемок и дают возможность избежать множества промежуточных шагов по обработке и подготовке моделей и облаков точек, которые были бы неизбежны в случае применения лазерного сканирования.

Единственная операция, которая неизбежна для оптимизации работы с большими объемами трехмерных данных, – упрощение моделей из высокополигональных в низкополигональные. Однако и для этой операции мы нашли подходящий рабочий процесс в тех же программных продуктах, в которых производились основные построения (Agisoft Metashape для фотограмметрии и Artec Studio для SLS). За счет уменьшения количества отдельных шагов в рабочем процессе нам удалось значительно сэкономить время подготовки моделей для включения в BIM и снизить количество ошибок и недочетов, неизбежных при постоянных переходах из одной программной среды в другую.

Что касается самой процедуры упрощения, то здесь стоит отметить, что алгоритмы децимации, используемые в обеих рабочих программах, позволяют радикально уменьшать число полигонов в моделях без критической потери информации о форме и структуре объекта. Важно отметить, что это работает только в тех случаях, когда исходная упрощаемая модель обладает высокой достоверностью и детальностью. Это было необходимо учитывать при каждой полевой съемке и последующей обработке: получение данных с низкой или средней достоверностью (часто допустимое и, увы, еще чаще допускаемое при обычной археологической фиксации) в нашем случае приводило к полной утрате сведений о мелких деталях формы объектов.

Интеграция всех собранных данных в единую информационную модель позволяет создать многокомпонентный инструмент анализа, реконструкции и проектирования применительно к конкретному архитектурно-археологическому объекту (Moyano *et al.*, 2020. P. 304). Отказ от ручного перемоделирования

working programs make it possible to radically reduce the number of polygons in models without a critical loss of information about the shape and structure of the object. It is important to note that this only works in cases where the original simplified model has high reliability and detail. This was to be taken into account during each on-site survey and subsequent processing, obtaining data with low or medium reliability (often acceptable and, alas, even more often allowed with conventional archaeological documentation) in our case led to a complete loss of information about the fine details of the shape of objects.

The integration of all gathered data into a single information model allows creating a multi-component tool for analysis, reconstruction and design as applied to a specific architectural and archaeological site (Moyano *et al.*, 2020. P. 304). Abandoning manual remodeling of each element made it possible to achieve a high degree of authenticity of the created digital copy, which is extremely important when working with cultural heritage sites, where unification or standardization of components is basically unacceptable (cf. the opposite approach, fundamentally based on the need to remodel elements and search for appropriate algorithmic solutions: Bagnolo *et al.*, 2019). It appears that the developed methods of documentation for the purposes of information modeling can be successfully applied in many other contexts that do not imply the reconstruction of destroyed monuments.

One of the possible examples is traditional archaeological research with the transfer of the studied monument for museumification. In this case, minimal adaptation of the survey techniques will be required in order to simultaneously use the gathered data both for the purposes of archaeological documentation and for the subsequent creation of a BIM model of the object.

The use of the BIM approach appears to be promising in the administrative and heritage management environment, where the need for standardization and the development of uniform description criteria is much higher than in academic circles (Нечаев и др., 2020; Intignano *et al.*, 2021; Pepe *et al.*, 2021). These purposes will undoubtedly require some adaptation of documentation methods as well; however, it seems that the principles developed during the work carried out at the Arch of Palmyra can make some contribution to building a reliable basis for the further development of the entire HBIM field.

Conclusion

The methods described above allowed us to obtain a working parametric model of a complex architectural and archaeological object, based on field

каждого элемента позволил добиться высокой степени аутентичности создаваемой цифровой копии, что чрезвычайно важно при работе с объектами культурного наследия, где в основном недопустимы унификация или стандартизация составляющих (ср. противоположный подход, принципиально основанный на необходимости перемоделирования элементов и поиске соответствующих алгоритмических решений: Bagnolo *et al.*, 2019). Как представляется, наработанные методики документации для целей информационного моделирования могут быть с успехом применены во множестве иных контекстов, не подразумевающих воссоздания разрушенных памятников.

Один из возможных примеров – традиционные археологические исследования с переносом исследуемого памятника для музеефикации. В этом случае потребуется минимальная адаптация методик съемки с тем, чтобы одновременно использовать собираемые данные как для целей археологической фиксации, так и для последующего создания BIM-модели объекта.

Перспективным видится использование BIM-подхода в административно-учетной среде, где потребности в стандартизации и выработке единых критериев описания значительно выше, чем в академических кругах (Нечаев и др., 2020; Intignano *et al.*, 2021; Пере *et al.*, 2021). Несомненно, для этих целей также потребуется некоторая адаптация методик документации, однако нам представляется, что принципы, выработанные при работах с Аркой Пальмиры, могут внести некоторый вклад в построение надежного базиса для дальнейшего развития всего направления.

Заключение

Описанная выше методика позволила нам получить рабочую параметрическую модель сложного архитектурно-археологического объекта, основанную на полевой фотограмметрической документации. Собранные данные стали фундаментом для исторических реконструкций и проективных решений, предложенных в других статьях настоящего сборника. Интеграция данных разного масштаба и происхождения в единой среде, а также необходимость разработки общих стандартов обмена данными представляются нам ключевыми насущными задачами в развитии подходов к цифровой документации наследия, вне зависимости от конкретных областей применения – от сугубо академических, до административно-учетных. Не вызывает сомнения, что инициатива по выработке такого рода стандартов должна исходить от специалистов, непосредственно занимающихся полевой документацией. Наша работа показала высокую эффективность BIM-подхода на всех стадиях работы с непростым и сильно пострадавшим памятником,

photogrammetric documentation. The gathered data became the basis for historical reconstructions and design solutions proposed in other articles of this collection. The integration of the data of different scale and origin in a single environment, as well as the need to develop common data exchange standards, seem to us to be the key urgent tasks in the development of approaches to digital documentation of cultural heritage, regardless of the specific areas of application: from purely academic to administrative and accounting. There is no doubt that the initiative to develop such standards should come from specialists directly involved in on-site documentation. Our work has shown the high efficiency of the BIM approach at all stages of work with a complex and heavily damaged site, from data acquisition planning to the creation of final implementations. We hope that this example will become one of the reference points for the further development of the methodology for the preservation of cultural heritage sites.

начиная от планирования сбора данных до создания итоговых моделей. Надеемся, что этот пример станет одной из опорных точек для дальнейшего развития методики сохранения объектов культурного наследия.

*Источники и литература
Bibliography*

- Нечаев В.Д., Татарков Д.Б., Блохин Е.К., Васильев Ст.А., Соловьева Н.Ф., 2020. Введение цифровых технологий в процесс археологических исследований: анализ и оценка мирового опыта // Записки Института истории материальной культуры. СПб. Вып. 23.
- Соловьева Н.Ф., Соловьев С.Л., Блохин Е.К., Казаков Э.Э., 2019. Пальмира во времени и пространстве // Прошлое человечества в трудах петербургских археологов на рубеже тысячелетий (к 100-летию создания российской академической археологии). СПб.
- Achille C., Lombardini N., Tommasi C., 2015. BIM and Cultural Heritage: Compatibility Tests in an Archaeological Site // WIT Transactions on The Built Environment: Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations. Bristol.
- Amy R., 1933. Premières restaurations de l'Arc monumental de Palmyre // Syria. Archéologie, art et histoire année. Paris. Vol. 14, № 4.
- Bagnolo V., Argiolas R., Cuccu A., 2019. Hbim for Archaeological Sites: From SFM Based Survey to Algorithmic Modeling // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XLII-2/W9.
- Banfi F., 2020. HBIM, 3D Drawing and Virtual Reality for Archaeological Sites and Ancient Ruins // Virtual Archaeology Review. Vol. 11, № 23.
- Chiabrando F., Turco M. Lo, Santagati C., 2017. Digital invasions: From point clouds to historical building object modelling (H-BOM) of a UNESCO WHL site // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XLII-2/W3.
- ICOMOS Guidance on Post Trauma Recovery for World Heritage Cultural Properties. Paris. 2017.
- Intignano M., Biancardo S.A., Oreto C., Viscione N., Veropalumbo R., Russo F., Ausiello G., Dell'Acqua G., 2021. A Scan-to-BIM Methodology Applied to Stone Pavements in Archaeological Sites // Heritage. Vol. 4, № 4.
- Moyano J., Odriozola C.P., Nieto-Julián J.E., Vargas J.M., Barrera J.A., León J., 2020. Bringing BIM to Archaeological Heritage: Interdisciplinary Method/Strategy and Accuracy Applied to a Megalithic Monument of the Copper Age // Journal of Cultural Heritage. Vol. 45.
- Pepe M., Costantino D., Alfio V.S., Restuccia A.G., Papalino N.M., 2021. Scan to BIM for the Digital Management and Representation in 3D GIS Environment of Cultural Heritage Site // Journal of Cultural Heritage. Vol. 50.

Архитектурная обработка археологических исследований на примере Триумфальной Арки Пальмиры

Architectural Processing of Archeological Research Exemplified by Palmyra's Triumphal Arch

Р.С. Малай¹, Б.М. Атаянц², Е.А. Малай³, М.С. Тушкина⁴, П.Д. Котелевец⁵
R. S. Malay¹, B. M. Atayants², E. A. Malay³, M. S. Tushkina⁴, P. D. Kotelevets⁵

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-80-104

Археология и архитектура, будучи двумя самостоятельными науками, неразрывно связаны между собой. Каждая из этих отраслей, по своей сути, является междисциплинарной областью, которая задействует массу различных специалистов, и каждый привлеченный специалист вносит ценный вклад для успешной и качественной реализации проекта. В настоящее время археологические исследования уже перестали быть просто раскопками археологических объектов. Они становятся частью многогранного мультидисциплинарного познавательного процесса, в котором основной упор делается на изучении пространственного распределения накопленного материала в тесной взаимосвязи с окружающей средой и обитавшими в ней людьми. В архитектуре, в свою очередь, также уже довольно продолжительное время используются современные технологии во многих ее направлениях. 3D-моделирование и визуализация наравне с макетированием давно стали стандартом подачи демонстрационных материалов для строительства. Так, на примере проекта реставрации Триумфальной арки Пальмиры была проведена совместная работа археологов и архитекторов.

Для моделирования уцелевших пилонов Арки был выбран традиционный метод фотограмметрии,

Archeology and architecture as two independent sciences are inextricably linked. Each of these industries is, at its core, an interdisciplinary field that involves a lot of different specialists, and each specialist involved makes a valuable contribution to the successful and high-quality implementation of the project. At present, archaeological research has ceased to be just excavations of archaeological sites. They become an integral part of a multifaceted multidisciplinary cognitive process, in which the main emphasis is on studying the spatial distribution of the accumulated material in close relationship with the environment and the people who lived in it. Architecture, in its turn, has been using modern technologies in many of its areas for quite a long time. 3D modeling and visualization, along with prototyping, have long become the standard for presenting demonstration materials for construction. Using the restoration project of Palmyra's Triumphal Arch as an example, a joint work of archaeologists and architects was carried out.

To model the remained pylons of the Arch, the traditional method of photogrammetry regularly used in architectural measurements was chosen (Шакиров, 2015). Using the method of photogrammetric measurement, archaeologists surveyed the views of the site under

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: roma.malay@mail.ru.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: atayantsbm@gmail.com.

³ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: bulavkina.1997@mail.ru.

⁴ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: marina.tusch@yandex.ru.

⁵ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: ld.inciner@gmail.com.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: roma.malay@mail.ru.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: atayantsbm@gmail.com.

³ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: bulavkina.1997@mail.ru.

⁴ 8 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: marina.tusch@yandex.ru.

⁵ 8 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: ld.inciner@gmail.com.

регулярно применяемый при проведении архитектурных обмеров (Шакиров, 2015). Методом фотограмметрического обмера археологами была выполнена съемка видов исследуемого объекта (Абамелек-Лазарев, 1884; Соловьева и др., 2017; 2019; Соловьева, 2021). Качественная съемка дает нам полное понимание о современном состоянии Триумфальной Арки. Итогом работы с фотограмметрией стала разработка подробной 3D-модели с точной геодезической опорой. В результате получены данные высокого качества, текстурированные полигональные модели и сгенерированные с них ортофотоизображения, используемые для создания архитектурных чертежей. Выстроенная объемно-пространственная модель (рис. 1) стала основой для построения архитектурных чертежей и выполнения отчетной чертежной документации. С модели были выведены визуализации видов пилонов Арки для построения фасадных чертежей, вид сверху для чертежа плана (рис. 2), видов пилонов Арки для построения фасадных чертежей (рис. 3–5), а также виды в аксонометрии (рис. 6; 7) для чертежей, отражающих Арку Пальмиры в объеме. Полученные визуализации в дальнейшем были переданы команде архитекторов, которые, в свою очередь, занялись этапом планирования обмерных работ и фиксации, используя 3D-модели.

study (Абамелек-Лазарев, 1884; Соловьева и др., 2017; 2019; Соловьева, 2021). High-quality survey provides us with a complete understanding of the current state of the Triumphal Arch. The result of working with photogrammetry was the development of a detailed 3D-model with an accurate geodetic positioning. The result is high quality data, textured polygonal models and orthophoto images generated from them, used to create architectural drawings. The built volumetric-spatial model (Fig. 1) became the basis for designing architectural drawings and preparing reporting drawing documentation. Visualizations of the Arch pylons views for building facade drawings, a top view for plan drawing (Fig. 2), the Arch pylons views for building facade drawings (Fig. 3–5), as well as axonometric views (Fig. 6; 7) for drawings representing the Arch of Palmyra in volume, were derived from the model. The result visualizations were subsequently delivered to the team of architects who, in their turn, worked at the stage of planning the measurement work and fixation using 3D-models.

Measurement fixation is carried out: 1) to obtain comprehensive spatial graphic material that captures the state of the site at the current moment and the results of its study at the construction site; 2) to specify the spatial-planning and constructive



*Рис. 1. 3D-модель уцелевших пилонов
Fig. 1. 3D model of the surviving pylons*

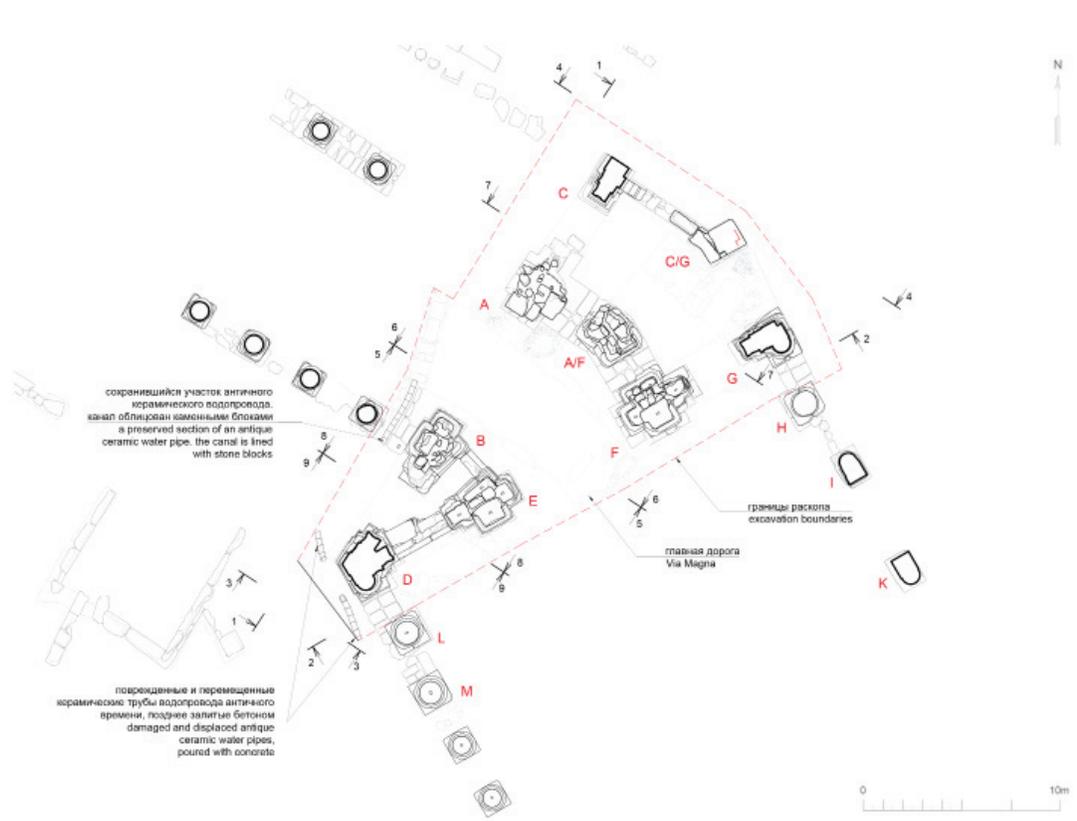


Рис. 2. Арка Пальмиры. План
 Fig. 2. Arch of Palmyra. Plan

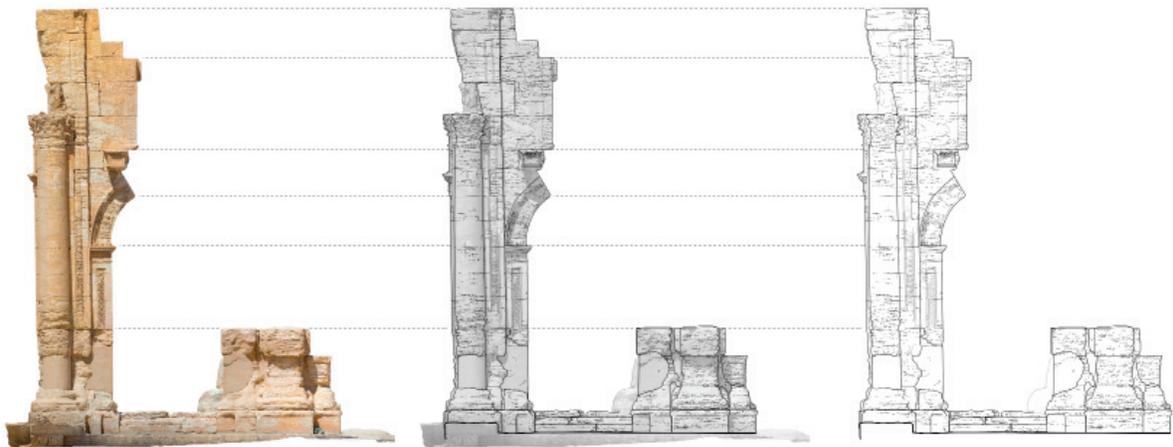


Рис. 3. Фасад пилонов D и E. Перевод ортофотоснимка модели в чертеж
 Fig. 3. Façade of pylons D and E. Converting the orthophoto from the model into a drawing



Рис. 4. Фасад пилона D. Перевод ортофотоснимка модели в чертеж
Fig. 4. Facade of the pylon D. Converting the orthophoto from the model into a drawing

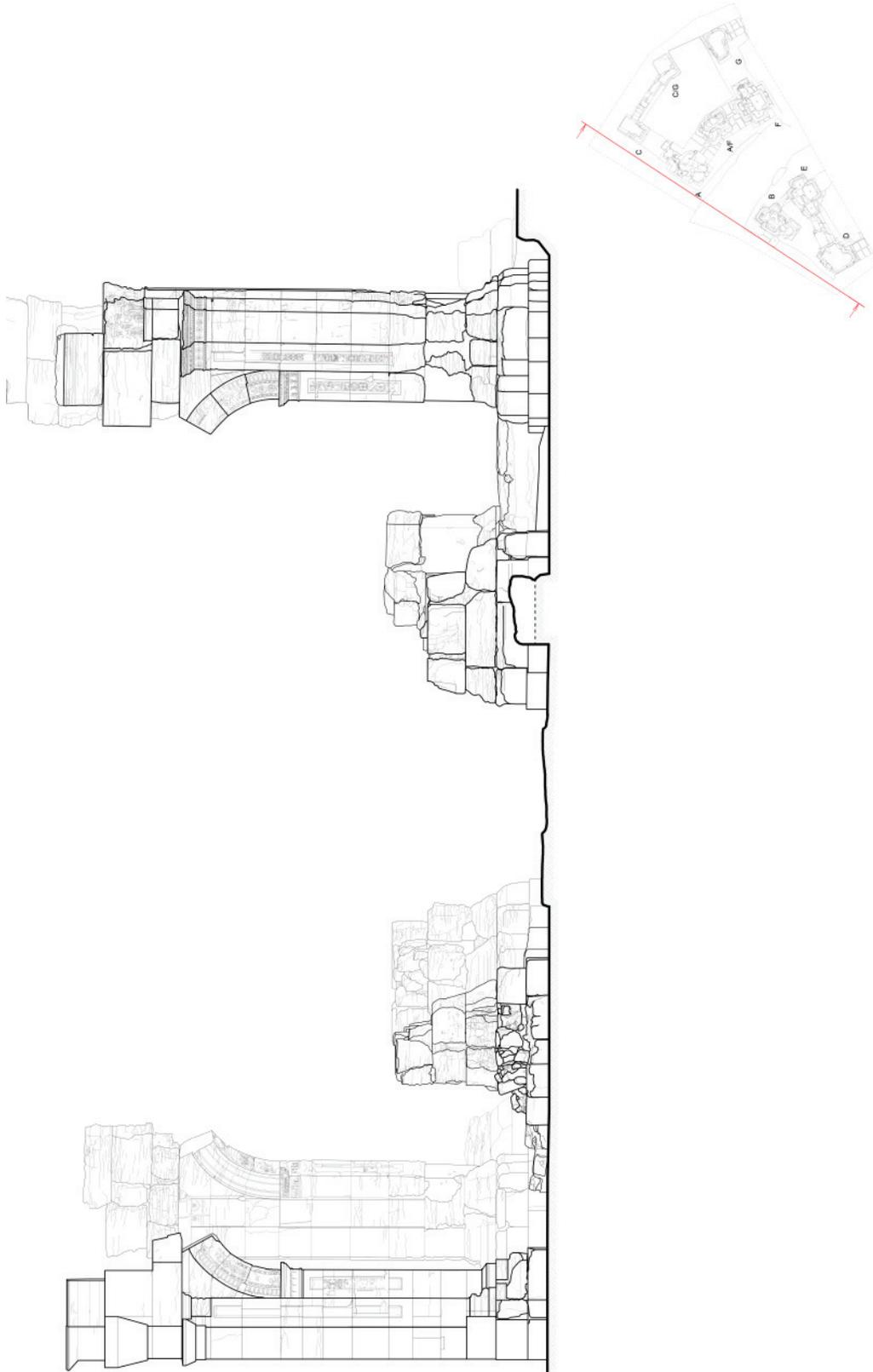


Рис. 5. Чертеж фасада пилонов C–D

Fig. 5. Facade drawing of pylons C–D

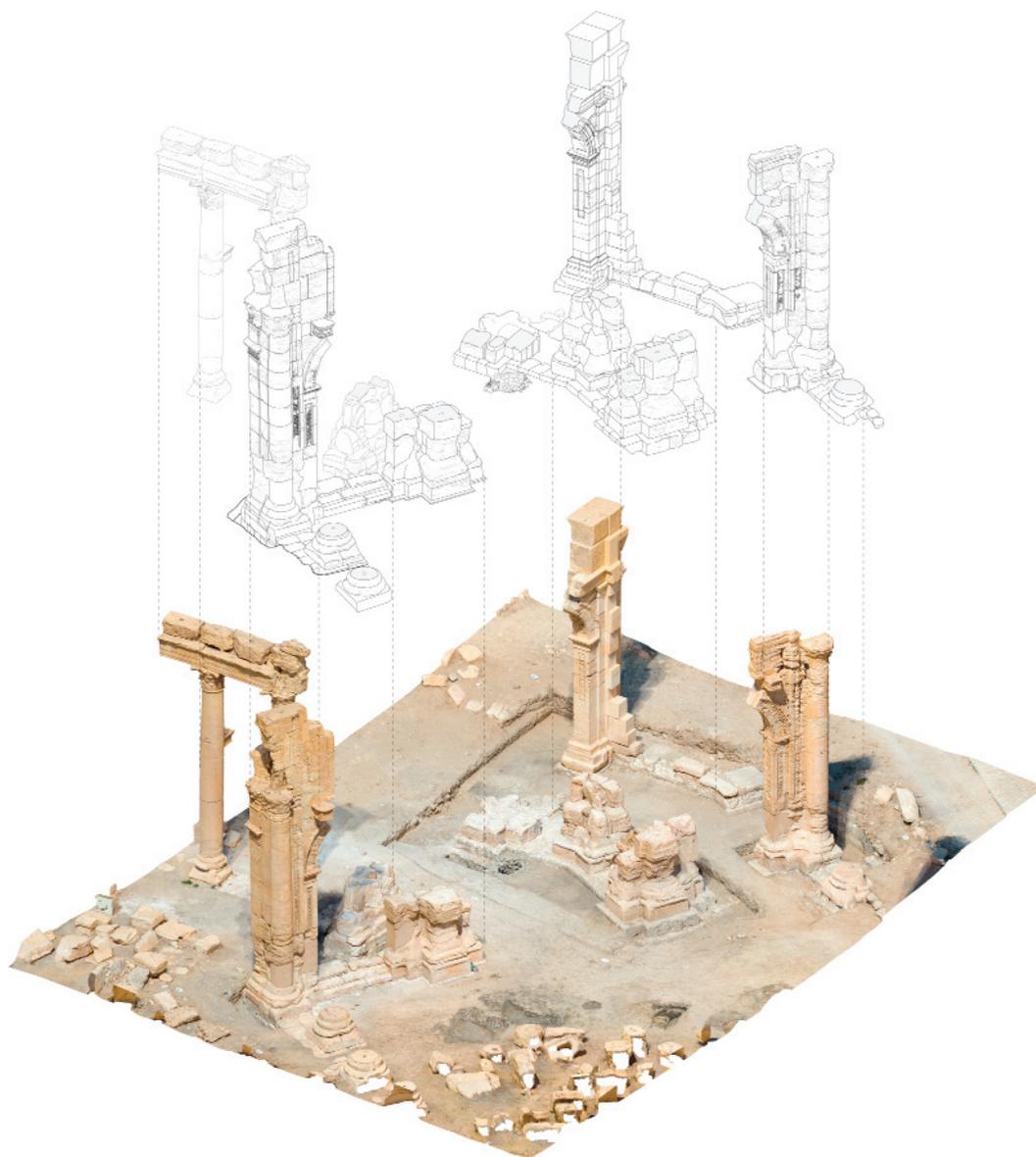


Рис. 6. Чертеж аксонометрии Арки Пальмиры. Вид сверху
Fig. 6. Axonometric drawing of the Arch of Palmyra. View from above

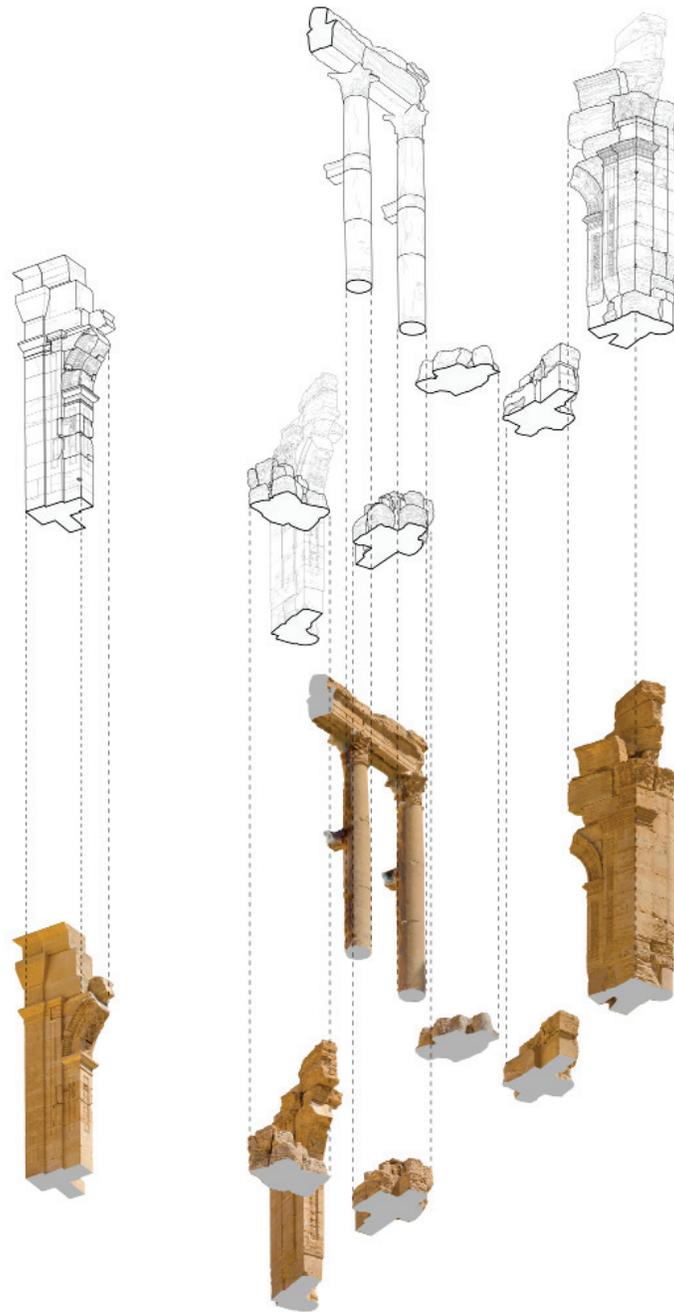


Рис. 7. Чертеж аксонометрии Арки Пальмиры. Вид снизу
Fig. 7. Axonometric drawing of the Arch of Palmyra. Bottom view

Обмерная фиксация проводится с целью: 1) получения исчерпывающего пространственного графического материала, фиксирующего состояние объекта в текущий момент и результаты его исследования в натуре; 2) уточнения объемно-планировочного и конструктивного решения объекта; 3) определения пространственного положения объекта и его частей; 4) уточнения геометрических форм отдельных элементов; 5) подготовки исходных графических материалов для проведения расчетных и проектных работ; 6) определения перемещений и деформаций конструкций на протяжении существования объекта; 7) архитектурного мониторинга объекта. Обмерная фиксация, переведенная в графический вид, является наиболее корректной подосновой для дальнейших исследовательских и проектных работ, поскольку содержит информацию об объекте культурного наследия, давая исчерпывающее представление не только о его виде, но и обо всех его размерах (Афанасьев, 2004; ГОСТ Р 56905-2016).

Чертежи к отчетной документации выполнялись согласно требованиям технического задания. В графическую часть отчетной документации, по результатам обмеров, входят чертежи планов, фасадов, разрезов, архитектурных элементов и шаблонов, чертежи отдельных конструкций (фундамент) (рис. 8) (ГОСТ Р 55528-2013). Чертежи текущего состояния пилонов Арки осуществляются посредством очерчивания результатов фотограмметрической съемки в векторном редакторе. Для выполнения архитектурных чертежей была использована программа Autodesk AutoCAD.

В процессе воссоздания облика Арки в графическом виде была проведена оценка состояния Арки и ее утраченных элементов. В результате разрушения значительно пострадали пилоны А, В, Е, F, А/F. На их месте остались лишь их основания. В свою очередь, пилоны С, D и G уцелели в большей степени. Во всех чертежах видов Арки были учтены все повреждения, как нанесенные в процессе ее разрушения взрывом, так и полученные вследствие воздействия внешних природных факторов. Чертежи полностью отражают существующий вид Арки. Они включают объемы архитектурных обмеров, дополнительно к которым добавляются: 1) места расположения трещин, разломов и величины их раскрытия; 2) результаты обмеров искривлений, фактической длины; 3) способы соединения стыкуемых элементов; 4) места расположения и размеры участков биологического поражения.

Сохранившиеся пилоны Арки украшены витиеватой резьбой по камню, в том числе барельефами с изображениями растений. В отличие от узора, орнамент имеет четкую организацию, осуществляющуюся

решением сайта; 3) для определения пространственного положения сайта и его частей; 4) для задания геометрических форм отдельных элементов; 5) для подготовки начальных графических материалов для расчета и проектирования; 6) для определения смещений и деформаций конструкций на протяжении существования сайта; 7) для проведения архитектурного мониторинга сайта. Измерения, переведенные в графическую форму, являются наиболее корректной основой для дальнейших исследований и проектирования, поскольку содержат информацию об объекте культурного наследия, давая комплексное представление об его внешнем виде и всех его размерах (Афанасьев, 2004; ГОСТ Р 56905-2016).

Чертежи для отчетности документации были выполнены в соответствии с требованиями задания. Графическая часть отчетности документации, основанная на результатах измерений, включает чертежи планов, фасадов, разрезов, архитектурных элементов и шаблонов, чертежи отдельных конструкций (фундамент) (рис. 8) (ГОСТ Р 55528-2013). Чертежи текущего состояния пилонов Арки выполняются путем построения результатов фотограмметрической съемки в векторном редакторе. Архитектурные чертежи выполнялись с использованием Autodesk AutoCAD.

Процесс воссоздания облика Арки в графическом виде включал оценку состояния Арки и ее утраченных элементов. Пилоны А, В, Е, F, А/F были значительно повреждены в результате разрушения. Только их основания остались на месте. В свою очередь, пилоны С, D и G сохранились в большей степени. Все чертежи видов Арки учитывают все повреждения, как нанесенные в процессе ее разрушения, так и полученные вследствие воздействия внешних природных факторов. Чертежи полностью отражают существующий вид Арки. Они включают объемы архитектурных измерений, дополненные: 1) местами расположения трещин, разломов и их ширины; 2) результатами измерений искривлений, фактической длины; 3) способами соединения стыкуемых элементов; 4) местами расположения и размерами участков биологического повреждения.

Сохранившиеся пилоны Арки украшены сложными каменными резьбами, включая барельефы с изображениями растений. В отличие от узора, орнамент имеет четкую организацию, осуществляющуюся

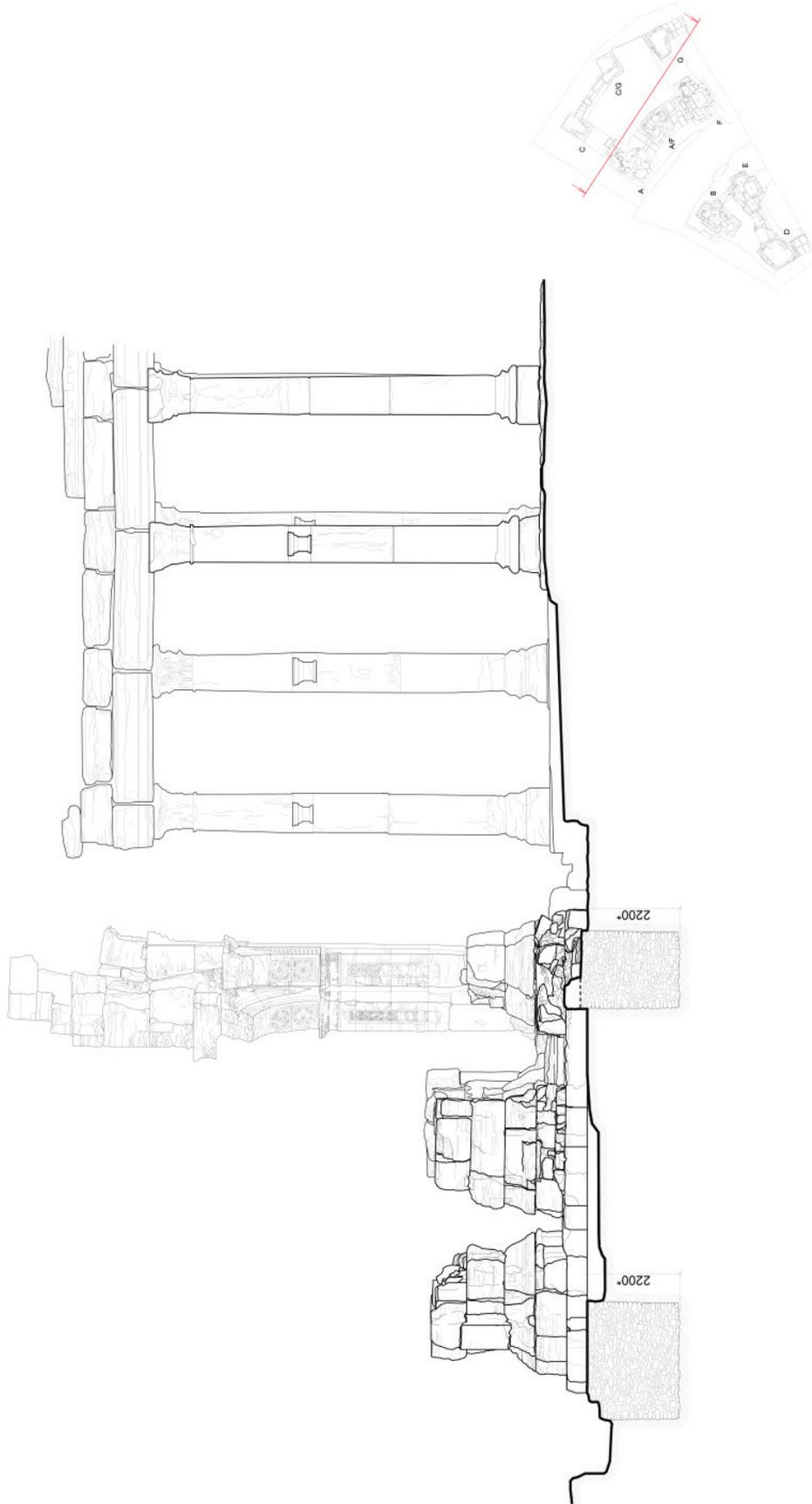


Рис. 8. Чертеж фасада пилонов F/A со схемой фундамента
Fig. 8. Drawing of the facade of the F/A pylons with a foundation scheme

ритмическим чередованием элементов, подчиняется строгой математической логике, которая лежит в основе композиции орнамента (Кинева, 2017). В основе каждого архитектурного элемента лежит шаблон, который повторяется в орнаменте в определенном ритме. Это было учтено при воссоздании несохранившихся частей орнамента для большей информативности о внешнем виде каждого элемента. Изначально вычерчивалась основа каждого элемента, а далее уточнялось его состояние – добавлялись сколы, трещины, потертости.

Важным этапом перед началом работы было выработать определенный визуальный стиль чертежей. Был проведен анализ примеров классического рисунка, чертежей, выполненных в ручной графике, таких как монография о храме Бэла, чертежи античных триумфальных арок. Нами был выбран метод академического изображения руинированного памятника. В чертежах архитектурных деталей подробно передается объемность каждого элемента, глубина и степень повреждений. В процессе работы применяются линии разного типа и толщины, таким образом достигается восприятие плоскостного чертежа как объемной картинки. Также для достижения лучшего объемного восприятия используется прозрачность линий. Все главные объекты, расположенные на первом плане чертежа, выполняются более контрастно с увеличенной толщиной линий и прорабатываются более детально. Второй и последующие планы, а также орнаменты, сколы, трещины, напротив, обозначаются в более тонких и светлых линиях, что позволяет избежать визуального шума. Посредством использования разных линий достигаются объемности чертежа, в нем читается глубина каждого элемента, создается плановость картинки.

Ведется работа по составлению каталога декоративных элементов Арки. В результате анализа всех существующих и утраченных орнаментов определены типы декора по их местонахождению на арках, пилонах, капителях, карнизах, на антаблементе. Отдельно выделены категории таких архитектурных элементов, как базы пилонов и колон, эдикулы и консоли.

Каталог декоративных элементов содержит информацию о положении орнамента в Арке, название пилона, которому он принадлежит, фото орнамента и примечание о его характеристиках и состоянии: габариты, наличие декоративных элементов (цветок, лист аканта, пальметта, бусы, ионики и т. д.), степень сохранности. На основе данного каталога будут составлены более точные чертежи всех декоративных элементов Арки. На данный момент более подробно были изучены орнаменты пилонов Арки. Каждый

Initially the basis of each element was drawn and then its condition was specified: chips, cracks, abrasions were added.

An important stage before starting the work was to develop a certain visual style of drawings. We analyzed examples of the classical pattern, hand-drawn drawings, such as the monograph on the Temple of Bel, drawings of antique triumphal arches. We chose the method of academic representation of the ruined monument. The drawings of architectural details convey the volume of each element, the depth and degree of the damage in detail. Lines of various types and thicknesses are used in the process of work, thus achieving the perception of a planar drawing as a kind of three-dimensional picture. A better volumetric perception is also achieved by transparency of the lines. All the main objects located in the first plan of the drawing are made more contrasting with increased line thickness and are elaborated in more detail. The second and subsequent plans, as well as ornaments, chips, cracks, on the contrary, are marked in thinner and lighter lines, which allows avoiding the visual noise. The use of different lines ensures the three-dimensionality of the drawing, the depth of each element is read in it, and the planarity of the picture is created.

Work is under way to compile a catalog of the decorative elements of the Arch. As a result of the analysis of all existing and lost ornaments, the types of decorations are defined by their location on the arches, pylons, capitals, cornices, on the entablature. The categories of such architectural elements as pylon and column bases, aedicules and consoles are identified separately.

The catalog of decorative elements contains information about the position of the ornament in the Arch, the name of the pylon to which it belongs, a photo of the ornament and a note about its characteristics and condition: dimensions, presence of decorative elements (flower, acanthus leaf, palmetta, beads, ionics, etc.), and degree of preservation. More accurate drawings of all the decorative elements of the Arch will be made on the basis of this catalog. So far, the ornaments of the pylons of the Arch have been studied in more detail. Each of them is unique, only some are repeated. Ten types of vertical ornaments were identified, and drawings of each type were made (Fig. 9; 10).

In the course of preparation of the drawing documentation, two axonometric projections of this architectural structure were made in the top and bottom views for a more accurate perception of the geometry of the Arch. Axonometry objectively allows achieving greater clarity,

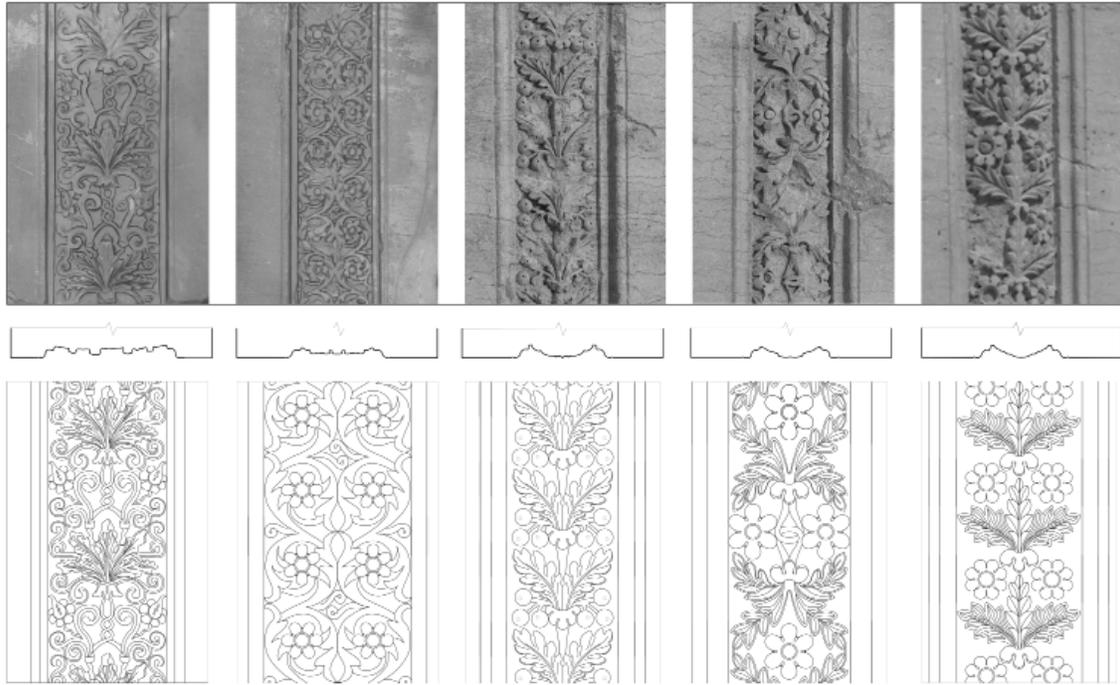


Рис. 9. Типы орнаментов пилонов Арки 1–5
Fig. 9. Types of ornaments of the Arch pylons 1–5

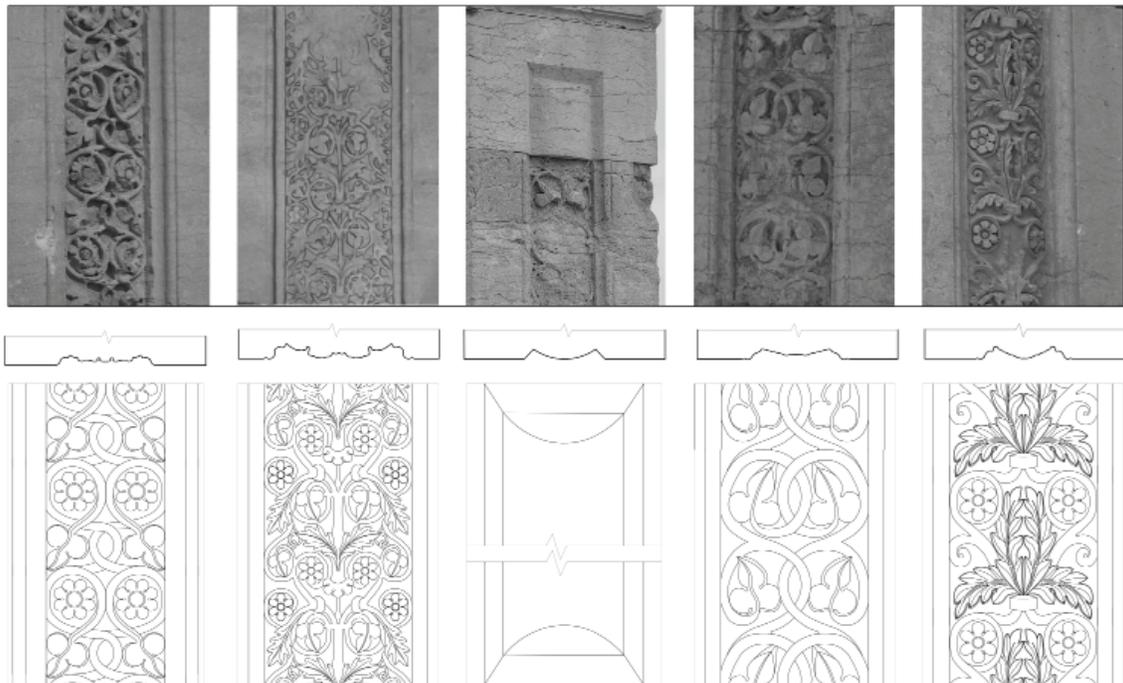


Рис. 10 Типы орнаментов пилонов Арки 6–10
Fig. 10 Types of ornaments of the Arch pylons 6–10

из них уникален, лишь некоторые повторяются. Было выявлено 10 типов вертикальных орнаментов, выполнены чертежи каждого типа (рис. 9; 10).

В ходе выполнения чертежной документации, для более точного восприятия геометрии Арки были выполнены две аксонометрические проекции данного архитектурного сооружения в виде сверху и снизу. Аксонометрия объективно позволяет добиться большей наглядности, получить полное и емкое представление об объемных и пространственных характеристиках объекта для целостного понимания памятника. Аксонометрические чертежи выполнены путем использования плоскостных чертежей – планов и фасадов Арки, а также визуализации объемной модели. В аксонометрической проекции измерения во всех трех плоскостях – высота, ширина и глубина – неизменны, поэтому математически точны. В отличие от перспективы, где параллельные линии чертежа сходятся в точке, в аксонометрии все параллельные линии остаются строго параллельными. Таким образом, все компоненты конструкции и промежутки между ними представлены в точных пропорциях, поддающихся измерению.

Таким образом, был выполнен полный объем обмерной фиксации, которая является этапом комплексных научных исследований и в дальнейшем послужит основой создания чертежей раннего облика Арки до взрыва, а также основой проектного предложения. Выполненные чертежи используются, в том числе, для создания точной объемной модели Триумфальной Арки.

Вследствие взрыва Арки все обрушенные фрагменты были хаотично разбросаны по территории, небольшие фрагменты взрывом были отброшены от пилонов не далее 6 м, крупные блоки после взрыва обрушились у основания пилонов. На этапе пост-травматического реагирования был выполнен разбор завала с перемещением рухнувших блоков в лапидарий и их сканирование. Все фрагменты (в количестве 1440) внесены в описи.

Для объемного сканирования был использован оптический 3D-сканер Artec Eva, который подсвечивает объект съемки структурированным светом. Построены трехмерные цифровые модели каждого блока с определением его параметров, необходимых для работы. На момент написания статьи выполнено 477 моделей обрушенных фрагментов. Следует отметить, что модели обладают высокой степенью детализации, точность сканирования 0,03 % от расстояния до сканируемого объекта, погрешность 3D-файла от 0,12 до 0,3 мм. Высококачественные модели по 50–100 млн полигонов хранятся в сетевом архиве ИИМК РАН, но

getting a complete and comprehensive idea of the volumetric and spatial characteristics of the site, for a holistic understanding of the monument. Axonometric drawings are made by using planar drawings – plans and facades of the Arch, as well as by visualizing the volumetric model. In an axonometric projection, the measurements in all three planes – height, width, and depth – are constant; therefore, so they are mathematically accurate. As distinguished from a perspective, where the parallel lines of the drawing converge at a point, in axonometry all parallel lines remain strictly parallel. Thus, all components of a design and the spaces between them are represented in precise proportions that are measurable.

Thus, the full scope of the measurement fixation has been performed, which is a stage of the complex scientific research and will further serve as the basis for the creation of drawings of the early appearance of the Arch before the blast, as well as the basis for the design proposal. The completed drawings are used, among other things, to create an accurate volumetric model of the Triumphal Arch.

As a result of the blast of the Arch all the collapsed fragments were scattered chaotically over the territory, small fragments were thrown away from the pylons not more than 6 m away, large blocks collapsed at the bases of the pylons after the blast. At the stage of the post-traumatic response the rubble was sifted through and the collapsed blocks were relocated to the lapidary and scanned. All fragments (1,440) were entered into the inventories.

For volumetric scanning, we used the Artec Eva optical 3D scanner, which illuminates the object with structured light. Three-dimensional digital models of each block were built, with its parameters necessary for work being determined. At the time of writing of the article, 477 models of the collapsed fragments have been completed. It should be noted that the models have a high degree of detail, the scanning accuracy is 0.03 % of the distance to the scanned object, the error of the 3D file is from 0.12 to 0.3 mm. High-quality models of 50–100 million polygons are stored in the IHMC network archive, but these characteristics are redundant for architects' work in computer programs, since the computing power of the equipment is not capable of processing such large amounts of data, there is a need to simplify the polygonal structure of block models 1.0–2.5 thousand times. Our specialists have developed a methodology for retopology of the model envelope grid without distorting the geometry of the object and preserving the original texture.

The main task is to link the 3D models into a single structure. At the first stage of the design

для работы архитекторов в компьютерных программах данные характеристики избыточны, так как вычислительные мощности техники не способны обрабатывать такие большие объемы данных, возникает необходимость упрощать полигональную структуру моделей блоков в 1,0–2,5 тысяч раз. Нашими специалистами была выработана методика ретопологии сетки оболочки модели без искажения геометрии объекта и с сохранением первоначальной текстуры.

Основная задача – связать 3D-модели в единую структуру. На первом этапе проектирования по чертежам Робера Ами и архивным фотографиям была построена предварительная информационная 3D-модель Арки на период 1930–2015 гг. Она является опорным каркасом для интеграции камней, также необходима для моделирования утраченных.

Поиск и сопоставление обрушенного блока с его изначальным положением в Арке производился на основе сопоставления фотографий до взрыва, материалов Робера Ами с данными, полученными в процессе полевых исследований (Amy, 1933). Сопоставление фрагментов осуществляется по следующим признакам: 1) конфигурация или форма камня. По данному признаку отбираются крупные блоки. Рассматривается конструктивное строение камня, оцениваются пропорции, габариты сторон и выступающих элементов камня (рис. 11); 2) орнамент на фасаде камня (рис. 12). Камни отбираются по их ключевым декоративным особенностям. Также 1-й и 2-й пункты работают совместно. Имеется возможность определить местоположение блока, опираясь лишь на особенности строения и декоративную часть, так как различные поверхности памятника были украшены различными узорами, что позволяет безошибочно определить принадлежность того или иного блока в соответствии с зоной применения декоративных паттернов; 3) дефекты камня – сколы, трещины, неровности обработки, природные особенности формирования породы, фактура (рис. 13). По визуальному анализу камня можно определить высоту его изначального положения от

based on Amy’s drawings and archival photographs, a preliminary 3D information model of the Arch for the period of 1930–2015 was built. It is a supporting framework for integration of stones and is also necessary for modeling the lost ones.

The search and comparison of a collapsed block with its original position in the Arch was made on the basis of comparison of photographs before the blast, Robert Amy’s materials with the data obtained in the course of on-site research (Amy, 1933). Fragments are compared according to the following features: 1) the configuration or shape of the stone. Large blocks are selected according to this feature. The structure of the stone is considered, the proportions, the dimensions of the sides and the protruding elements of the stone are assessed (Fig. 11); 2) the ornamentation on the facade of the stone (Fig. 12). Stones are selected according to their key decorative features. The first and second items work together. There is an opportunity to determine the location of the block, based only on the features of the structure and decorative part, as different surfaces of the monument were decorated with different patterns, which allows unmistakable determination of the place of a certain block in accordance with the area of decorative patterns; 3) stone defects – chips, cracks, uneven treatment, natural features of rock formation, texture (Fig. 13). The visual analysis of the stone can be used to determine the height of its original position from ground level according to the nature and degree of weatherization. The facade plane is very easy to determine, it has a characteristic texture, different from the interior surface unexposed to dust and sun. The difference in the rock structure of the stone is also traced on the pylons in accordance with the heterogeneity of deposits at the quarry. This item can also include stones with traces of concrete, this attribute determines the place in a pylon and orientation of the block; 4) comparison of the stone number with the topographic survey of the location of the stones in the rubble; the specialist presents the trajectory and character of the fall (Fig. 14).

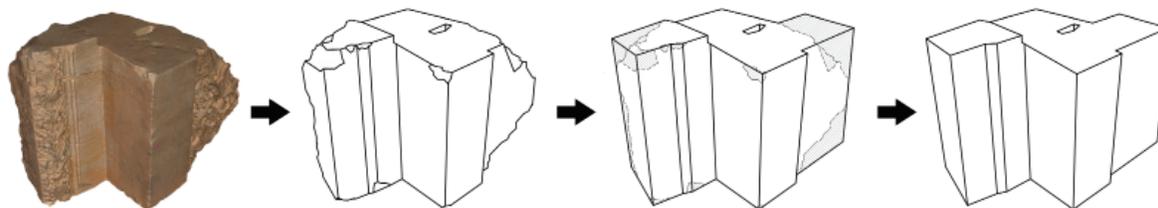


Рис. 11. Поиск блоков, признак 1. Конфигурация камня
 Fig. 11. Search for blocks, feature 1. Stone configuration

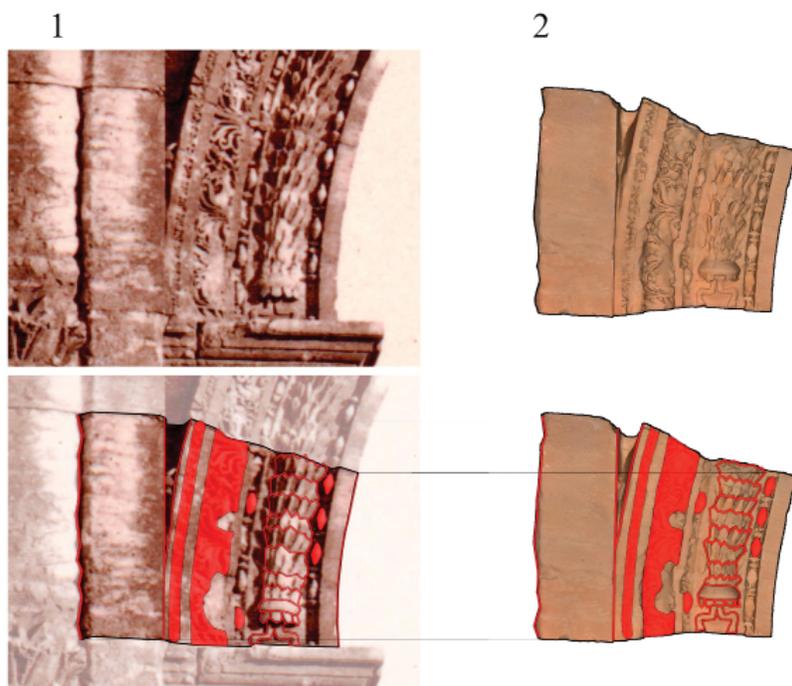


Рис. 12. Поиск блоков, признак 2. Орнамент на фасаде камня: 1 – фото положения блока в объекте; 2 – цифровая модель блока
Fig. 12. Search for blocks, feature 2. Ornament on the facade of the stone: 1 – photo of the position of the block in the object; 2 – digital block model

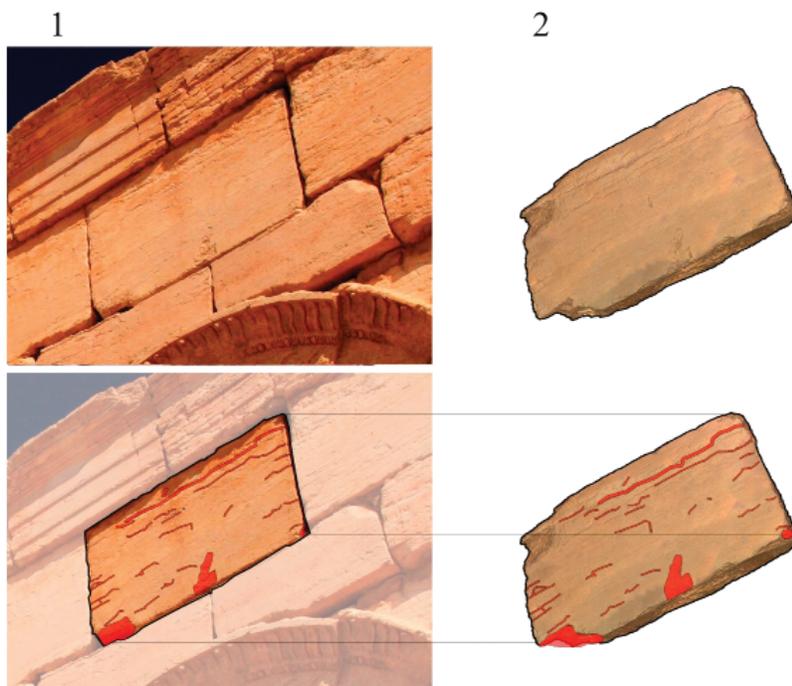


Рис. 13. Поиск блоков, признак 3. Дефекты камня: 1 – фото положения блока в объекте; 2 – цифровая модель блока
Fig. 13. Search for blocks, feature 3. Stone defects: 1 – photo of the position of the block in the object; 2 – digital block model

уровня земли в соответствии с характером и степенью обветренности. Очень просто определяется фасадная плоскость, она имеет характерную фактуру, отличную от внутренней поверхности, неподверженной пылевым воздействиям и солнечному излучению. Также прослеживается разница в структуре породы камня на пилонах в соответствии с неоднородностью залеганий в местах добычи материала на карьере. К данному пункту можно отнести камни со следами бетона, по этому признаку определяется место в пилоне и ориентация блока; 4) соответствие номера камня топографической съемке развала. По расположению камней в развале специалист может представить траекторию и характер падения (рис. 14). Это помогает сузить зону поиска, определить потенциальный пилон, на котором мог бы располагаться камень и на какой высоте. Оценивается радиус падения камня, разворот и высота, на котором он находился. Вырисовывается представление о характере разрушения Арки; 5) расположение технологического отверстия для крепления камня на верхней плоскости (рис. 15). Данная особенность ускоряет процесс поиска, так как определяет принципиальное положение блока в пространстве. Но имеются исключения – некоторые технологические отверстия, полученные в ходе реставрации 1930-х гг., располагаются не в верхней плоскости камня; 6) горизонтальная ориентация стилолитовых швов, характерная для всех камней, за исключением стволов колонн и некоторых блоков (рис. 16); 7) отличие от соседних обрушенных фрагментов (рис. 17). Более детально рассматривается характер плоскостей сопряжения блоков и их габаритные размеры. Сопоставляются различные части одной архитектурной детали, эти части могут быть как отдельными блоками, так и осколками блока; 8) инверсионный поиск. Вначале определяются участки с отсутствующими камнями на модели, затем сопоставляются с архивными фотографиями, после подбираются подобные блоки из отсканированных моделей. Данный метод возможен при достаточно плотном заполнении модели обнаруженными камнями.

К моменту написания статьи опознано 168 фрагментов Триумфальной Арки, результат данной работы собран в компьютерной программе по объемному моделированию Autodesk 3ds Max (рис. 19–23). Работы по идентификации продолжаются. Для более точного позиционирования отсканированных упавших камней в пространстве Арки создана новая трехмерная модель ее состояния до взрыва. Модель создавалась в программе Blender 3D методом полигонального мультиреференсного моделирования – процесс создания трехмерной модели с одновременным обращением к нескольким разнотипным референсам. Основными исходными данными стал банк фотографий Арки до взрыва. Фотографии были отсортированы

This helps to narrow the search area, to determine the potential pylon where the stone could be located and at what height. The radius of the fall of a stone, the turn and the height at which it was located is estimated. The idea of the character of the destruction of the Arch is outlined; 5) the technological hole for fixing the stone is located on the upper plane (Fig. 15). This feature speeds up the search process, as it determines the principal position of the block in space. But there are exceptions concerning the technological holes obtained during the restorations of the 1930s; 6) the stones were laid with horizontal orientation of the stylonite seams, except for the shafts of the columns and some blocks (Fig. 16); 7) comparison with neighboring collapsed fragments is performed (Fig. 17). The nature of the planes of the blocks transition and their overall dimensions are considered in more detail. Different parts of one architectural detail are compared; these parts can be both separate blocks, and fragments of the block; 8) inversion search. At first, areas with missing stones on the model are identified; then they are compared with archival photos; after that, similar blocks from scanned models are selected. This method is possible with sufficiently dense filling of the model with detected stones.

At the time of the article, 168 fragments of the Triumphal Arch have been identified, the result of this work is collected in the Autodesk 3ds Max computer program for 3D modeling (Fig. 19–23). The identification work is continuing. For more exact positioning of the scanned fallen stones in the space of the Arch a new three-dimensional model of its condition before the blast was created. The model was created in the Blender 3D program by the method of polygonal multireference modeling – the process of creating a three-dimensional model with simultaneous reference to several different types of references. The main source data was a bank of photos of the Arch before the blast. The photos were sorted into the following classes: 1) priority of perspective; 2) presence or absence of Exif data (Exchangeable Image File Format); 3) resolution, degree of compression of images and their visible distortions. The basis of the reconstructed three-dimensional model was a model of the surviving pylons of the Arch, obtained by photogrammetry. Virtual cameras were placed relative to and around it in the three-dimensional scene, so as to correspond to the gathered photographs of the state of the Arch before the blast in terms of their perspective and angles of inclination in space, and the distortions of the focal length and perspective were determined (Fig. 24).

Since most photos from the network lack information about the camera and lens with focal length (Exif-data),

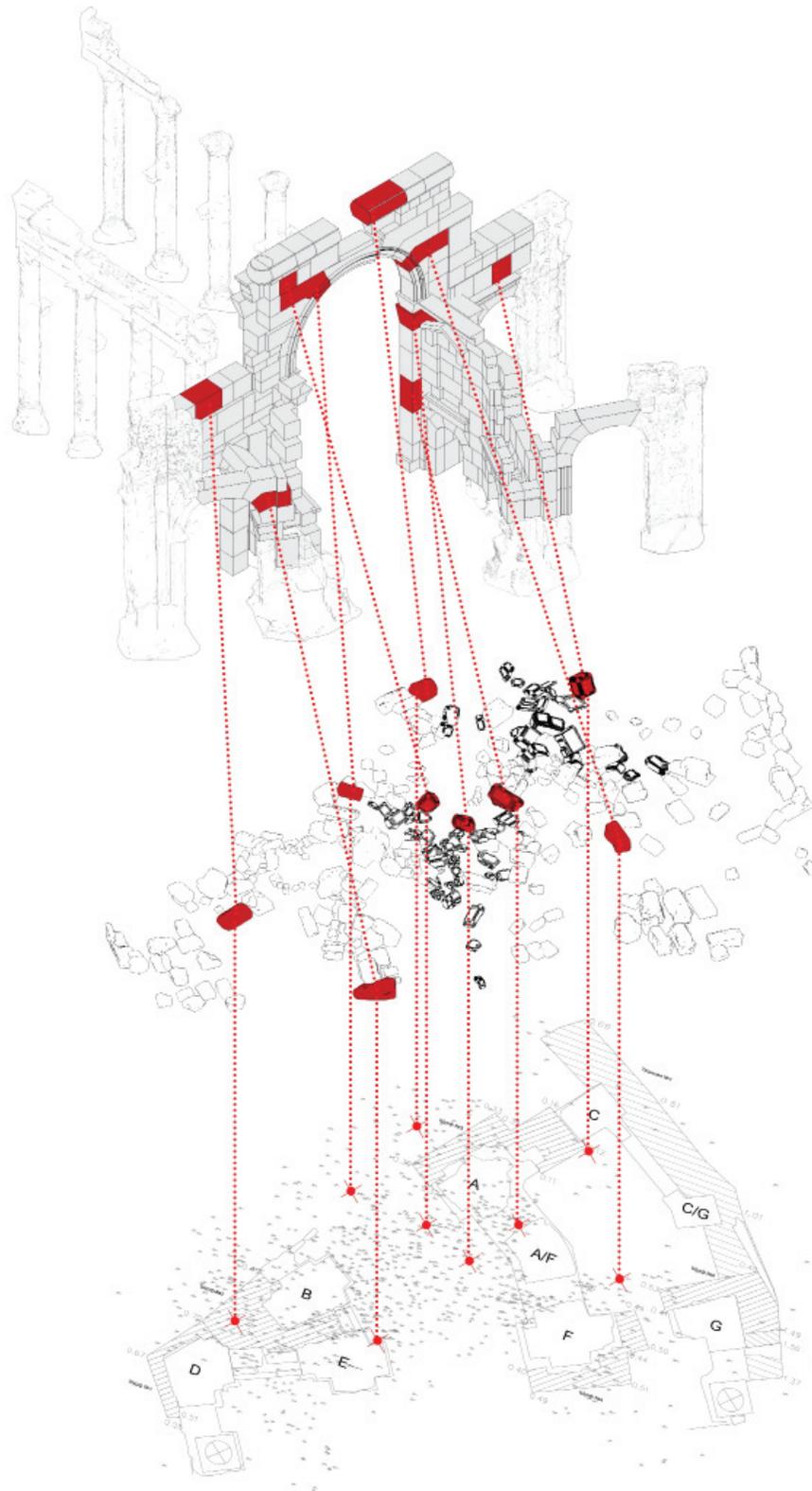


Рис. 14. Поиск блоков, признак 4. Сопоставление номера камня с топографической съемкой расположения камней в развале

Fig. 14. Search for blocks, feature 4. Comparison of the stone code with the topographic survey of the location of the stones in the collapse

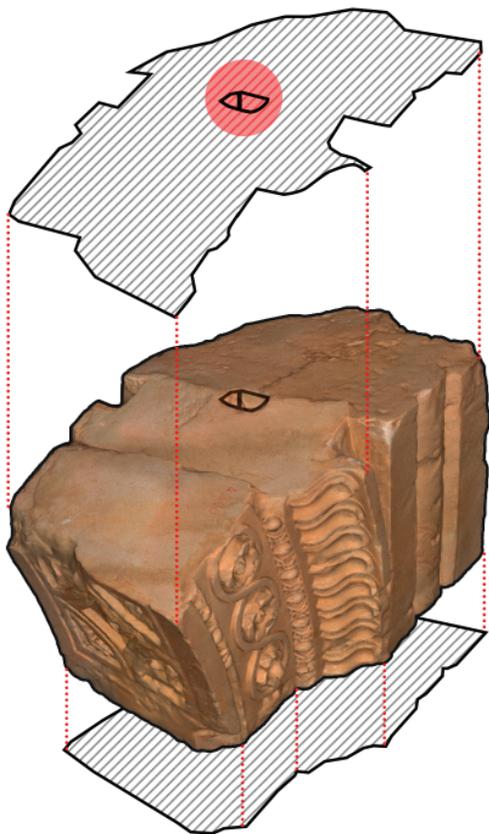


Рис. 15. Поиск блоков, признак 5.
Технологическое отверстие
Fig. 15. Search for blocks, feature 5.
Technological opening

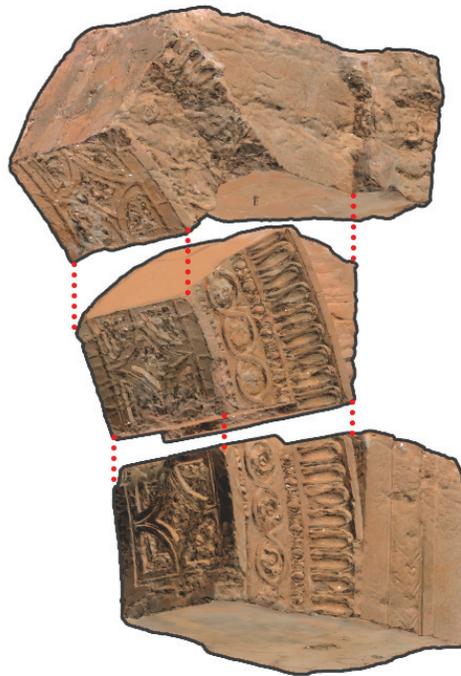


Рис. 17. Поиск блоков, признак 7. Сопоставление
с соседними обрушенными фрагментами
Fig. 17. Search for blocks, feature 7. Comparison
with neighboring collapsed fragments



Рис. 16. Поиск блоков, признак 6.
Ориентация стилолитовых швов
Fig. 16. Search for blocks, feature 6.
Orientation of stylolite seams



Рис. 18. Поиск блоков, признак 8. Инверсионный поиск блоков
Fig. 18. Search for blocks, feature 8. Inverse search for blocks

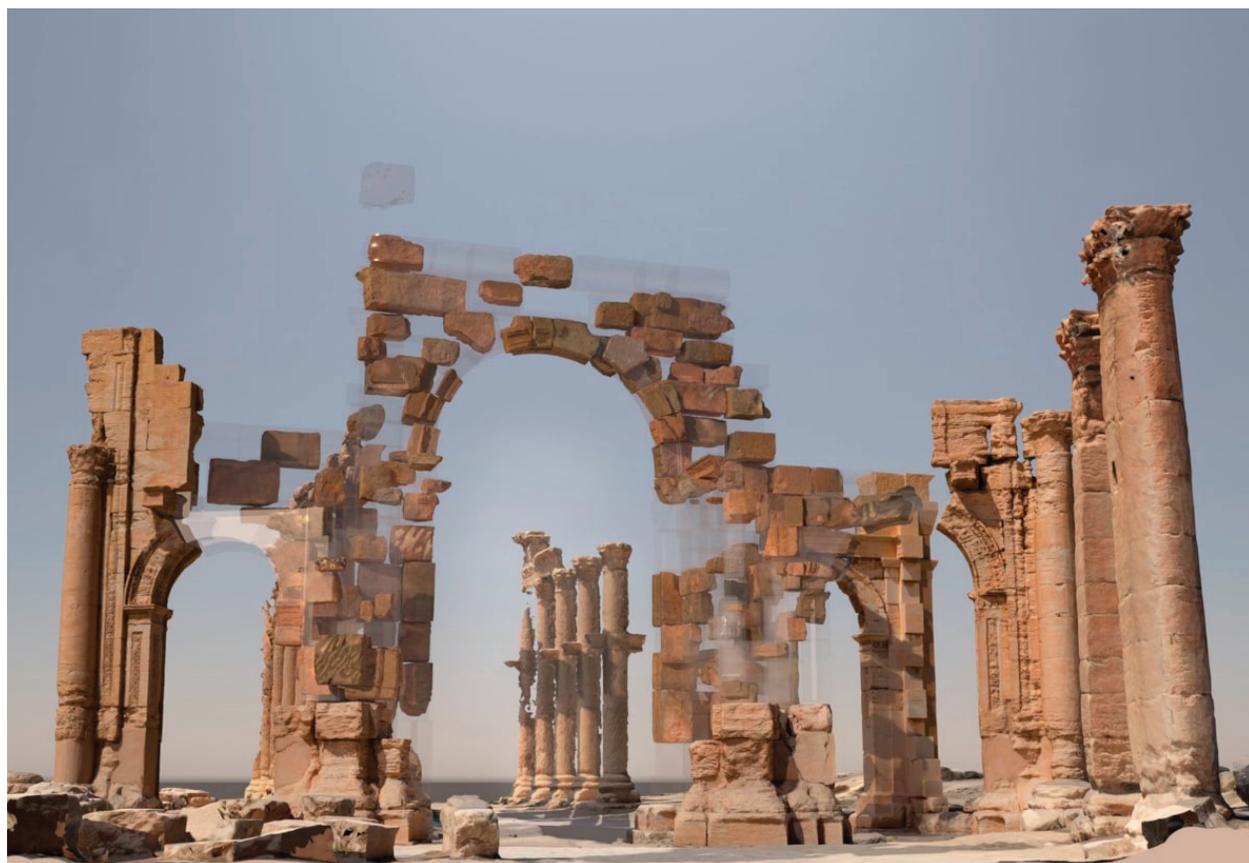


Рис. 19. Визуализация обнаруженных камней Арки. Вид 1
Fig. 19. Visualization of the discovered stones of the Arch. View 1



Рис. 20. Визуализация обнаруженных камней Арки. Вид 2
Fig. 20. Visualization of the discovered stones of the Arch. View 2



Рис. 21. Визуализация обнаруженных камней Арки. Вид 3
Fig. 21. Visualization of the discovered stones of the Arch. View 3

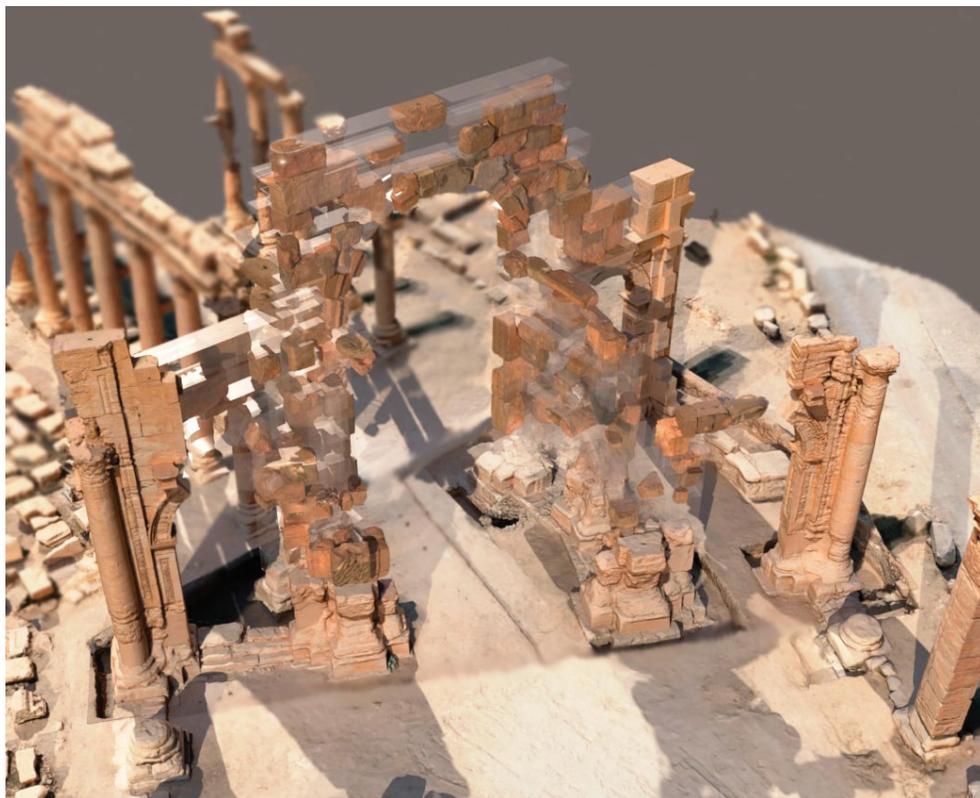


Рис. 22. Визуализация обнаруженных камней Арки. Вид 4
Fig. 22. Visualization of the discovered stones of the Arch. View 4



Рис. 23. Визуализация обнаруженных камней Арки. Вид 5
Fig. 23. Visualization of the discovered stones of the Arch. View 5

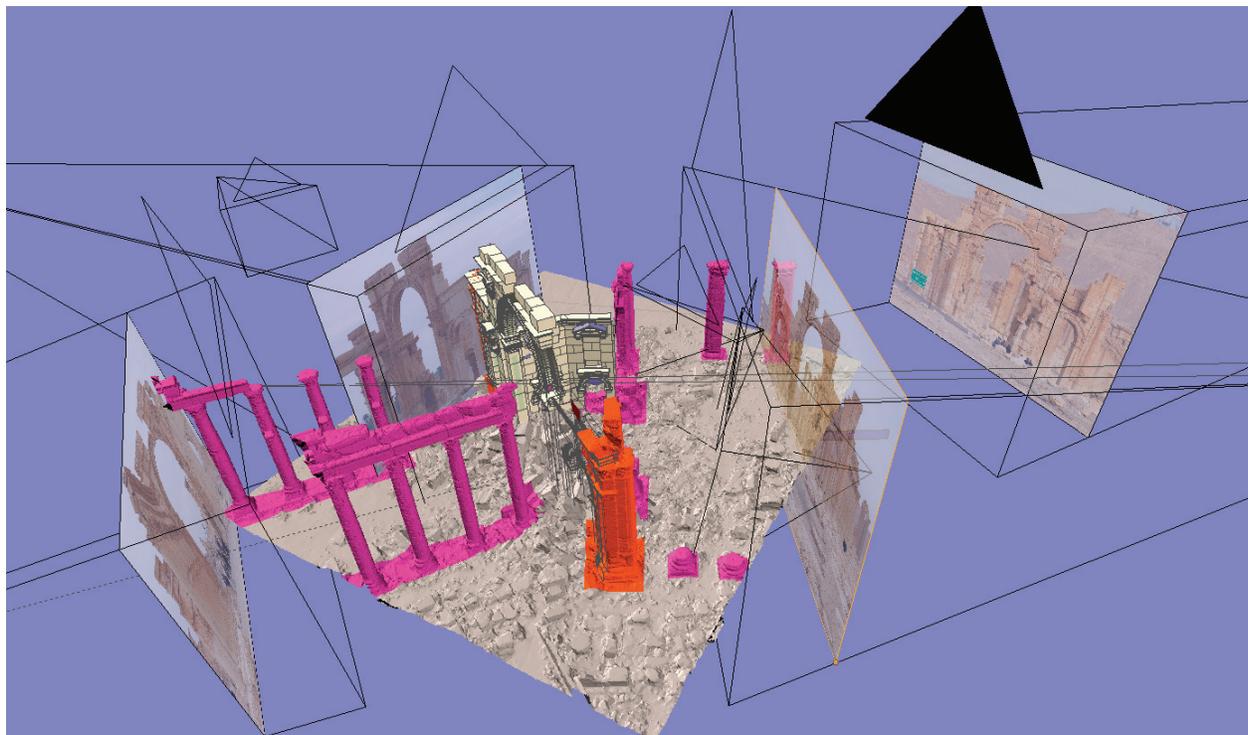


Рис. 24. Расстановка виртуальных камер
 Fig. 24. Placement of virtual cameras

по следующим классам: 1) приоритетность ракурса; 2) наличие или отсутствие Exif данных (Exchangeable Image File Format); 3) разрешение, степень сжатия изображений и их видимые искажения. Базой воссоздаваемой трехмерной модели послужила модель уцелевших пилонов Арки, полученная методом фотограмметрии. Относительно нее и вокруг нее в трехмерной сцене располагались виртуальные камеры, таким образом, чтобы они соответствовали собранным фотографиям состояния Арки до взрыва по своему ракурсу и углам наклона в пространстве, а также определялись искажения фокусного расстояния и перспективы (рис. 24).

Так как у большинства фотографий из сети отсутствует информация о камере и объективе с фокусным расстоянием (Exif-данные), для более точной и удобной работы с подбором параметров виртуальных камер было написано несколько дополнительных программных команд на языке Python для программы Blender 3D. Улучшенные таким способом виртуальные камеры позволили визуально сопоставить на фотографиях, сделанных с определенного ракурса, состояние Арки до взрыва и уцелевшие пилоны (рис. 25). В виртуальной сцене возможно быстрое переключение между нужными ракурсами в целях анализа фотографий полной Арки, с одновременным моделированием пилонов посредством создания

several additional program commands in Python were written for Blender 3D for more accurate and convenient work with the selection of virtual camera parameters. The virtual cameras improved in this way made it possible to compare the visual difference between the state of the Arch before the blast and the current state of the surviving pylons from a particular photographic perspective (Fig. 25). The virtual scene allows quick switching between the desired angles in order to analyze photos of the full Arch, with simultaneous modeling of the pylons by creating different planes in space with their partitioning along the seams of the blocks. If necessary, the transparency of the photos or three-dimensional objects in the scene can be adjusted.

Based on the virtual cameras and the photos attached to them, a three-dimensional polygonal model of the Arch was constructed in the form of dimensional containers of each collapsed block (Fig. 26). Then, a group of 3D models of the scanned stone blocks was integrated into the resulting 3D scene in Blender 3D. The polygonal model of the Arch and the position of the scanned stone blocks are in the process of mutual adjustment. Gradual loading of the new detected blocks and the alignment of the new virtual cameras from the photo bank base (Fig. 27) is in progress. The accuracy of the model is supposed to be reached at 0.2–0.3 % of the linear values. The result will be



Рис. 25. Трехмерная модель состояния Арки до взрыва
Fig. 25. Three-dimensional model of the state of the Arch before the explosion

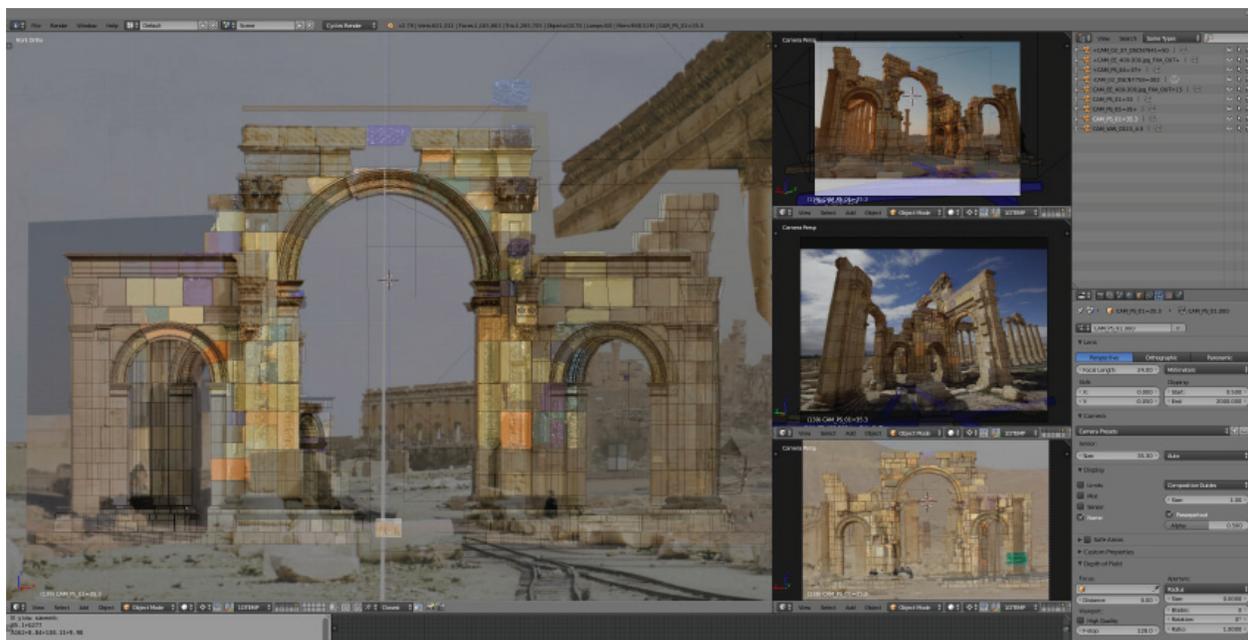


Рис. 26. Работа с виртуальными камерами
Fig. 26. Working with virtual cameras

различных плоскостей в пространстве с их членением по швам блоков. При надобности настраивается прозрачность фотографий или трехмерных объектов в сцене.

На базе виртуальных камер и прикрепленных к ним фотографий была построена трехмерная полигональная модель Арки в виде габаритных контейнеров каждого рухнувшего блока (рис. 26). Далее в полученную трехмерную сцену в Blender 3D была интегрирована группа трехмерных моделей отсканированных каменных блоков. Полигональная модель Арки и положение каменных отсканированных блоков находятся в процессе взаимоуточнения. Осуществляется постепенная погрузка новых обнаруженных блоков и выставление новых виртуальных камер из базы банка фотографий (рис. 27). Точность модели предполагается достичь в размерности 0,2–0,3 % линейных величин. Контроль результата осуществится путем включения в модель специально оставленной контрольной группы отсканированных камней и фотографий, в то

controlled by inclusion of the specially left control group of the scanned stones and photos into the group while at the first stage the model was built using the basic part of photos and a large group of scanned models of stones, as well as the photogrammetric model of the remained pylons. The final 3D model will make it possible to compare the position of both each stone block and groups of stone blocks with the photographic materials of the state of the Arch before the blast, to understand the volume and number of the missing stone blocks lost as a result of the blast, to create their hypothetical 3D models, to assess and document the deviations of the surviving pylons and the movement of stones in the masonry after the blast.

The available models of the standing pylons, the models of the discovered blocks and the models of the reconstructed blocks are transferred to the BIM-modeling program to obtain the characteristics necessary for the design and working documentation. Autodesk Revit is used: a software package for

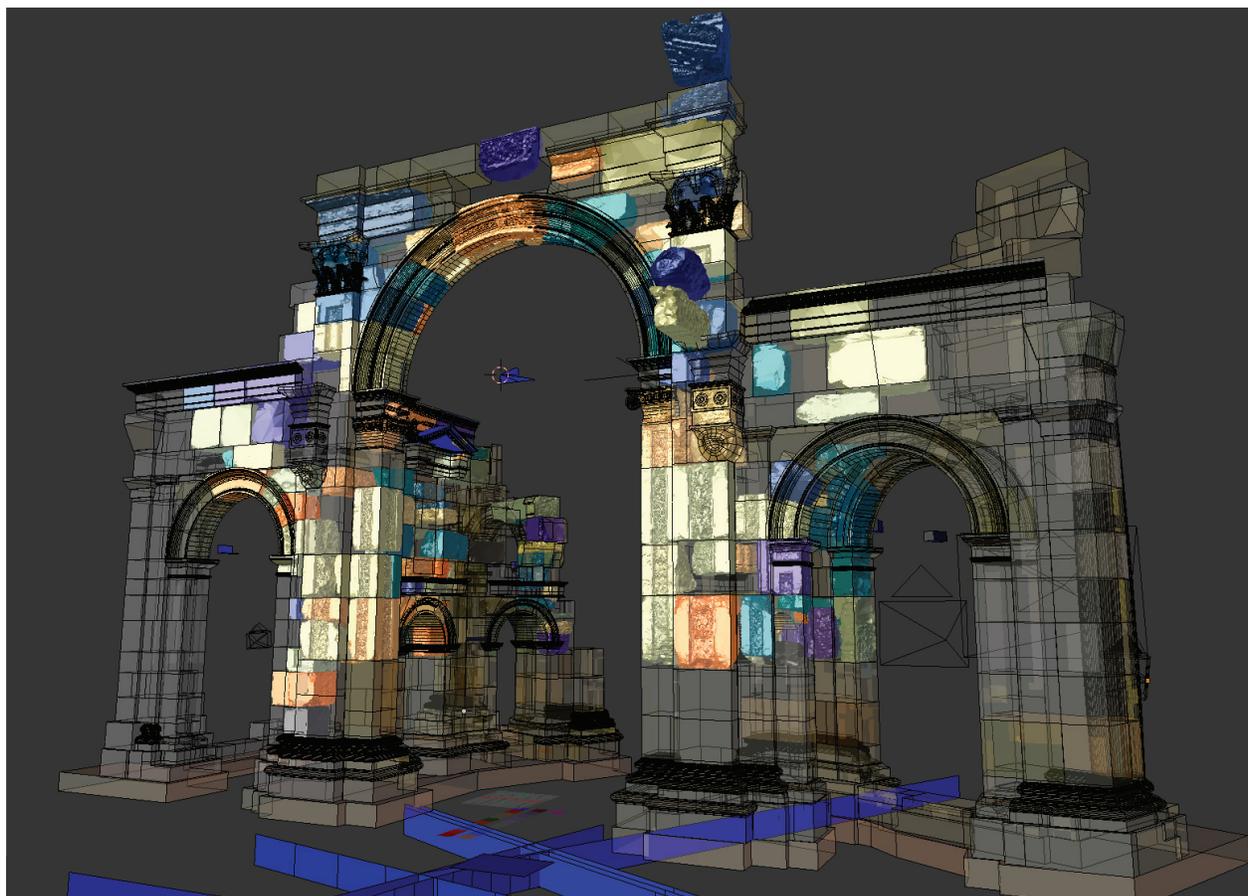


Рис. 27. Выравнивание отсканированных каменных блоков и модели состояния Арки до взрыва
 Fig. 27. Alignment of the scanned stone blocks and the model of the state of the Arch before the explosion

время как на первом этапе для построения модели использовалась основная часть фотографий и большая группа отсканированных моделей камней, а также фотограмметрическая модель сохранившихся пилонов. Итоговая трехмерная модель позволит сопоставлять положение как каждого каменного блока, так и группы каменных блоков с фотоматериалами состояния Арки до взрыва, понять объем и количество утраченных в результате взрыва каменных блоков, создать их гипотетические трехмерные модели, оценить и задокументировать отклонения уцелевших пилонов и движение камней в кладке после взрыва.

Имеющиеся модели устоявших пилонов, модели обнаруженных блоков и модели воссоздаваемых блоков переносятся в программу по BIM-моделированию для получения характеристик, необходимых для проектной и рабочей документации. Используется Autodesk Revit – программный комплекс для автоматизированного проектирования, реализующий принцип информационного моделирования сооружений (BIM – Building Information Modeling). Программа предоставляет возможности трехмерного моделирования элементов, плоского черчения, создания большой библиотеки семейств камней, дает возможность гибкого редактирования и изменения элементов информационной модели. Сами по себе модели, полученные в ходе полевых исследований, являются пустыми оболочками или поверхностями, в программе по BIM-проектированию имеется возможность выстроить из исходных форм информационную модель сооружения, задать моделям каждого камня конструктивные характеристики,

computer-aided design implementing the principle of building information modeling (BIM – Building Information Modeling). The program provides the possibility of three-dimensional modeling of elements, plane drawing, creation of a large library of stone families, allows flexible editing and modifying information model elements. The models obtained in the course of on-site surveys are empty shells or surfaces, the BIM design program has the possibility to build an information model of the structure from the original forms, to assign structural characteristics, own number and other data to the models of each stone. Based on the input information, the program displays the necessary statements and specifications, calculates areas, volumes, dimensions, quantities, etc.

At the moment, the following information on the current state of the Arch and its fragments has been received: the whole Arch is 354.67 cubic m – 100 %; the surviving pylons are 143.29 cubic m – 40 %; the collapsed structures are 211.38 cubic m – 60 %; the destroyed and filling stones are 56.9 cubic m – 16 %; the stones in the lapidary are 154.48 cubic m – 44 %; the identified stones are 83.20 cubic m – 23 %; the surviving structures (pylons and certain stones) are 226.49 cubic m – 64 % (Fig. 28).

Upon completion of the search for the location of the collapsed fragments in their original position, comprehensive architectural drawings of the site will be made, and it will be possible to display any drawing view from the general plan to units



Рис. 28. Анализ данных в программе по BIM-проектированию
Fig. 28. Data analysis in the BIM software

собственный номер и прочие данные. На основании информационных вводных программа выводит необходимые ведомости и спецификации, калькулирует площади, объемы, габариты, количества и пр.

На данный момент получена следующая информация по состоянию Арки и ее фрагментов на сегодняшний день: вся Арка 354,67 куб. м – 100 %; уцелевшие пилоны 143,29 куб. м – 40 %; обрушенные конструкции 211,38 куб. м – 60 %; разрушенные и забутовочные камни 56,9 куб. м – 16 %; камни в лапидарии 154,48 куб. м – 44 %; распознанные камни 83,20 куб. м – 23 %; уцелевшие конструкции (пилоны и определенные камни) 226,49 куб. м – 64 % (рис. 28).

По завершении поиска места обрушенных фрагментов в их изначальном положении будут сформированы полноценные архитектурные чертежи объекта и появится возможность выведения любого чертежного вида от генплана до узлов и деталей. Так как модели имеют минимальные погрешности в форме, то чертежи получаются максимально точными. Это обеспечивает качество при последующих восстановительных работах. Также технологии BIM предоставляют возможность работать с VR-технологиями (виртуальная реальность).

and details. Since the models have minimal errors in shape, the drawings are most accurate. This ensures quality in subsequent restoration work. BIM technologies also provide an opportunity to work with VR technologies (virtual reality).

Источники и литература Bibliography

Абамелек-Лазарев С., 1884. Пальмира. Археологическое исследование. СПб.

Афанасьев Г.Е., 2004. Основные направления применения ГИС- и ДЗ-технологий в археологии // Геоинформационные технологии в археологических исследованиях. М.

ГОСТ Р 56905-2016 Проведение обмерных и инженерно-геодезических работ на объектах культурного наследия.

ГОСТ Р 55528-2013 Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры.

Кинева Л.А., 2017. История орнамента и стиля. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург.

Соловьева Н.Ф., 2021. Работы ИИМК РАН по сохранению культурного наследия Сирии // Бюллетень ИИМК РАН. № 11.

Соловьева Н.Ф., Соловьев С.Л., Блохин Е.К., 2017. Пальмира во времени и пространстве // Бюллетень ИИМК РАН. № 6.

Шакиров З.Г., 2015. Методы фиксации в археологии. Учебно-методическое пособие. Казань.

Amy R., 1933. Premières restaurations de l'Arc monumental de Palmyre // Syria. Archéologie, art et histoire année. Paris. Vol. 14, № 4.

Техническое состояние конструкций Триумфальной Арки Пальмиры

Technical Condition of the Structures of Palmyra's Triumphal Arch

П. П. Дейчук¹

P.P. Deichuk¹

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-105-112

Работы по обследованию взорванных конструкций проводились в рамках договора о реставрации Триумфальной Арки Пальмиры, заключенного между ИИМК РАН и ДГАМ. Триумфальная Арка в результате взрыва претерпела катастрофическое разрушение (рис. 1; 2). Центральная часть, представляющая собой уникальную пространственную систему устоев (пилонов) и арок из крупных каменных блоков, превращена в груду камней. В результате взрыва не только блочная конструкция распалась на элементы, но и произошло бризантное дробление большинства каменных блоков. При взрыве устояли только боковые пилоны (пилоны D, C и G). В дальнейшем для описания используется маркировка пилонов, принятая Робером Ами (Аму, 1933) (рис. 3).

Пилоны D и G устояли при взрывном воздействии (рис. 4; 5). Произошло лишь отклонение пилонов от вертикали. Разрушены верхние часть конструкций. Несколько верхних камней расположены хаотично и создают аварийную ситуацию. Узлы сопряжения пилонов с арочными элементами (арочные элементы разрушены) повреждены. При разработке проекта реставрации Триумфальной Арки необходимо: 1) обеспечить вертикальное положение пилона D и G; 2) перемонтировать каменные блоки в верхней части конструкции; 3) восстановить узел сопряжения пилона D и G с арками.

Пилон C устоял при взрывном воздействии без повреждений (рис. 6). Этот пилон восстанавливался в ходе реставрации 30-х гг. XX в. с применением монолитного сердечника, имеющего жесткое сопряжение с фундаментом. Благодаря такой конструкции отклонение пилона от вертикали не произошло. Восстановлению подлежит только узел сопряжения пилона с разрушенным арочным элементом. При разработке проекта реставрации Триумфальной Арки необходимо восстановить узел сопряжения пилона C с арочным элементом.

The work on examination of the blown up structures was carried out within the framework of the agreement on the restoration of Palmyra's Arch of Triumph concluded between the IHMC RAS and the DGAM. The Triumphal Arch suffered catastrophic destruction as a result of the blast (Fig. 1; 2). The central part being a unique spatial system of abutments (pylons) and arches made of large stone blocks was turned into a pile of stones. As a result of the blast, both the block structure was destroyed into elements, and blasting crushing of most of the stone blocks occurred. Only the side pylons (pylons D, C and G) survived the blast. Further description will use the marking of pylons accepted by Robert Amy (Amy, 1933) (Fig. 3).

Pylons D and G withstood the blast (Fig. 4; 5). There only occurred a deviation of the pylons from the vertical. The upper part of the structures was destroyed. Several upper stones are located randomly and create an emergency. The joints of pylons with arched elements (the arched elements are destroyed) are damaged. When developing a project for the restoration of the Arch of Triumph, it is necessary to: 1) ensure the vertical position of pylons D and G; 2) remount the stone blocks at the top of the structure; 3) restore the joint of pylon D and G with arches.

Pylon C withstood the blast without damage (Fig. 6). This pylon was restored during the restoration of the 1930s using a monolithic core having a rigid connection with the foundation. Owing to this design, the pylon did not deviate from the vertical. The joint of the pylon with the destroyed arch element is only subject to restoration. When developing a project for the restoration of the Arch of triumph, it is necessary to restore the joint of pylon C with the arch element.

The archaeological excavations carried out in 2022 had a dual purpose: a) archaeological surveys;

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: newtech_2002@mail.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: newtech_2002@mail.ru.



Рис. 1. Центральная часть Арки. Вид до взрыва
Fig. 1. The central part of the Arch. View before the explosion



Рис. 2. Центральная часть Арки. Вид после взрыва
Fig. 2. The central part of the Arch. View after the explosion

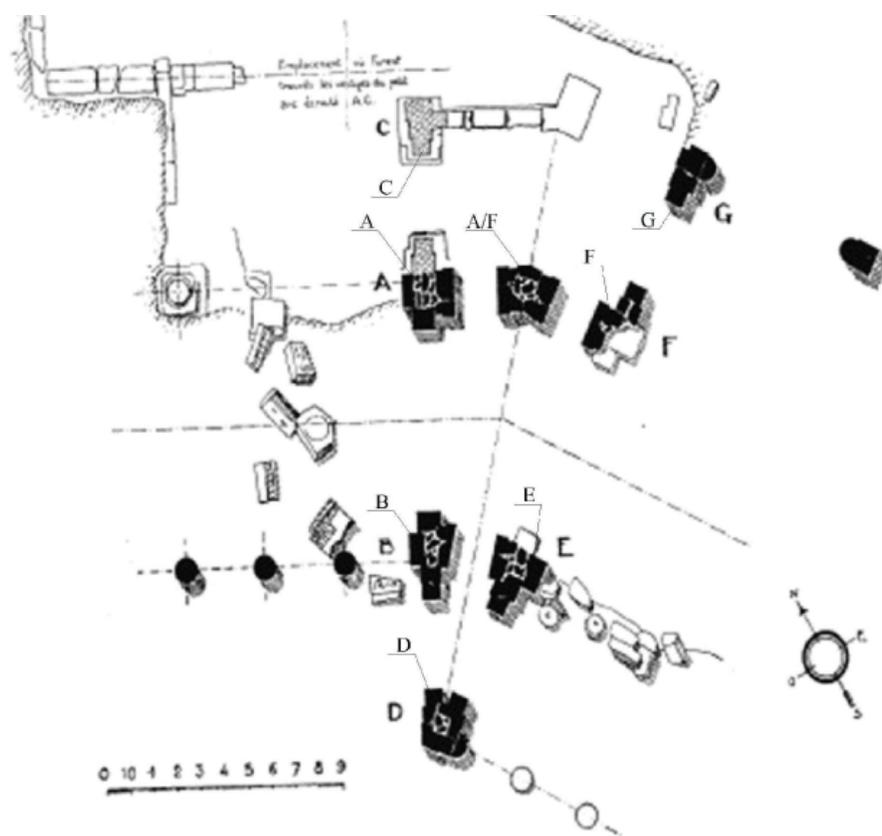
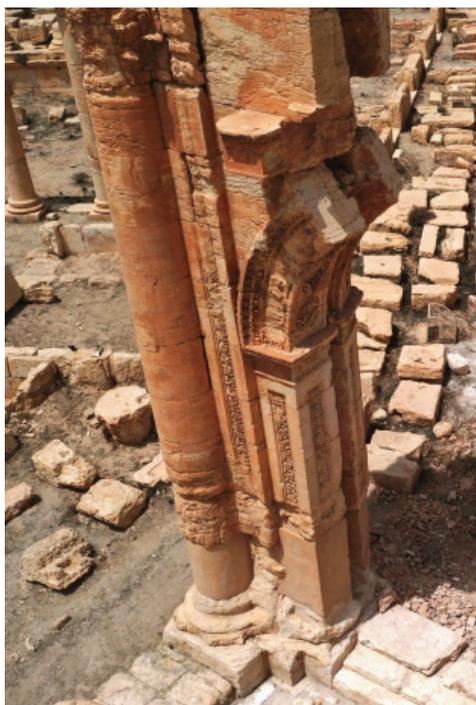
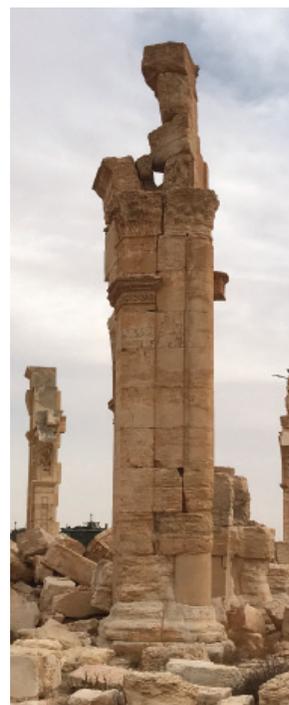


Рис. 3. План-схема пилонов (по Аму, 1933)
Fig. 3. Plan-scheme of pylons (after Amy, 1933)



1



2

Рис. 4. Пилон D: 1 – вид с юга; 2 – вид с юго-запада
Fig. 4. Pylon D: 1 – view from the south; 2 – view from the southwest



1



2

Рис. 5. Пилон G: 1 – вид с северо-востока; 2 – вид с востока
Fig. 5. Pylon G: 1 – view from the northeast; 2 – view from the east



1



2

Рис. 6. Пилон С: 1 – вид с юга; 2 – вид с северо-запада
Fig. 6. Pylon C: 1 – view from the south; 2 – view from the northwest

Проведенные в 2022 г. археологические раскопки имели двойную цель: а) археологические изыскания; б) выявление конструкций фундаментов. План-схема шурфов и фотографии шурфов (рис. 7), иллюстрируют конструктивное устройство фундаментов. Изучение иллюстративных материалов шурфования и визуальное освидетельствование конструкций в шурфах (в качестве примера см. шурф на рис. 8) позволили восстановить общую схему устройства фундаментов. Фундамент пилона (рис. 9) включает трехслойную конструкцию.

Слой-I (бутовая глиняно-золевая подушка). Слой-I толщиной до 1,5 м выполняет классическую функцию фундамента, т. е. перераспределяет нагрузку от конструкций на грунтовое основание. Следует отметить, что мастера древней Пальмиры не случайно возводили постройки на слоистых фундаментах с низко модульным нижним слоем. Бутовая глиняно-золевая подушка служит хорошим гасителем сейсмических волн и снижает воздействие землетрясений на строение.

Слой-II (ряд каменных блоков фундамента высотой 0,40–0,45 м). Слой-II выполнен из блоков с грубой отеской граней. Блоки выложены на известковом растворе.

Слой-III (ряд каменных блоков надземной части пилонов высотой 0,50–0,60 м). Слой-III выполнен из обработанных камней и фактически переходит в конструкцию базы пилона.

Техническое состояние фундаментов сохранившихся пилонов оценивается как работоспособное. При этом следует иметь в виду, что при восстановлении вертикального положения пилонов D и G потребуется некоторая корректировка конструкций фундаментов.

Техническое состояние фундаментов разрушенных пилонов оценивается как ограниченно работоспособное. Рекомендуется усилить фундаменты путем замены Слой-III новыми блоками из камня, добытого в современном действующем карьере, расположенном недалеко от Тадмора. В ходе работ по замене Слой-III уточнить техническое состояние блоков Слой-II. Возможно, потребуется частичная перекладка этого слоя. При этом общая историческая слоистая конструкция фундаментов сохраняется. Бутовая глиняно-золевая подушка, гасящая ударные волны землетрясений на пути к пилонам Арки, сохраняется в полном объеме.

Предлагаются следующие рекомендации к разработке проекта реставрации Триумфальной Арки. Усилить фундаменты восстанавливаемых пилонов путем замены разрушенного верхнего опорного слоя

b) identification of the foundation structures. The diagrams of pits and photographs of pits (Fig. 7) illustrating the constructive arrangement of foundations. The study of the illustrative materials of pitting and visual inspection of structures in the pits (as an example, see the pit in Fig. 8) made it possible to restore the general layout of the foundations. The pylon foundation (Fig. 9) includes a three-layer structure.

Layer-I (rubble clay-ash pad). Layer-I, up to 1.5 m thick, performs the classical function of a foundation, i.e., it redistributes the load from structures onto the soil foundation. It should be noted that it was for a good reason that the masters of ancient Palmyra erected buildings on layered foundations with a low-modulus bottom layer. The rubble clay-ash pad serves as a good absorber of seismic waves and reduces the impact of earthquakes on the structure.

Layer-II (a row of stone foundation blocks 0.40–0.45 m high). Layer-II is made of roughly cut blocks. The blocks are laid out on lime mortar.

Layer-III (a row of stone blocks of the above-ground part of the pylons 0.50–0.60 m). Layer-III is made of worked stones and actually goes into the construction of the pylon base.

The technical condition of the foundations of the surviving pylons is assessed as operable. At the same time, it should be borne in mind that restoring the vertical position of pylons D and G will require some adjustment of the foundation structures.

The technical condition of the foundations of the destroyed pylons is assessed as limited operable. It is recommended to strengthen the foundations by replacing Layer-III with new blocks of stone from the present active quarry located near Tadmor. In the course of work on the replacement of Layer-III, the technical condition of the blocks of Layer-II is to be specified. It may be necessary to partially re-lay this layer. At the same time, the general historical layered structure of the foundations is preserved. The rubble clay-ash pad which dampens the shock waves of earthquakes on the way to the pylons of the Arch is preserved in its entirety.

The following recommendations are offered for the development of a project for the restoration of the Arch. To strengthen the foundations of the pylons being restored by replacing the destroyed upper support layer with new monolithic stone slabs (Layer-III in Fig. 9). At the same time, the overall historical layered construction of the foundations is preserved. The rubble clay-ash pad underlying the stone part of

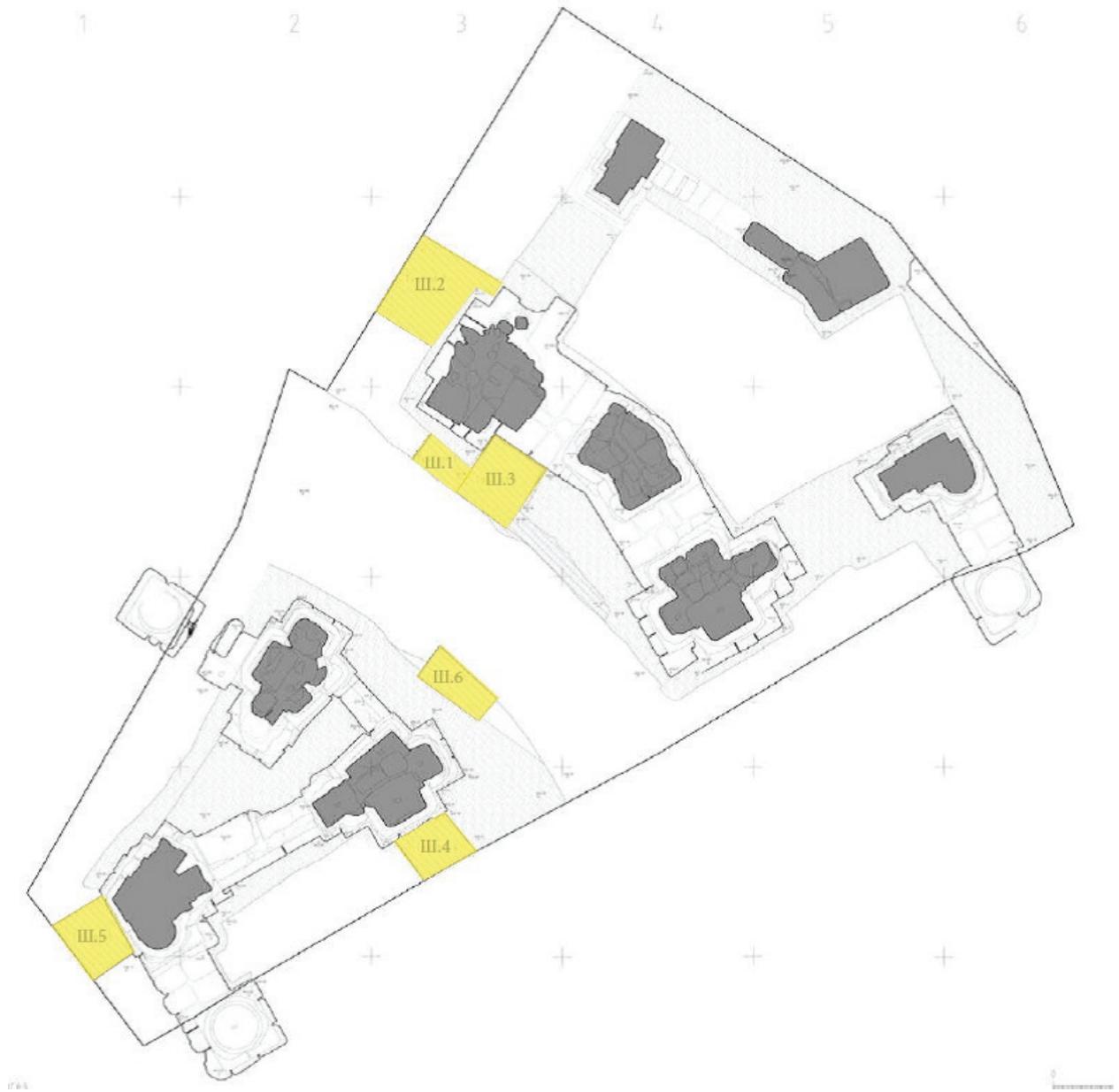


Рис. 7. Схема шурфов осенью 2022 г.
Fig. 7. Scheme of test-pits made in autumn 2022



Рис. 8. Шурф у пилона D. Вид с юго-запада
Fig. 8. Testpit at pylon D. View from the southwest

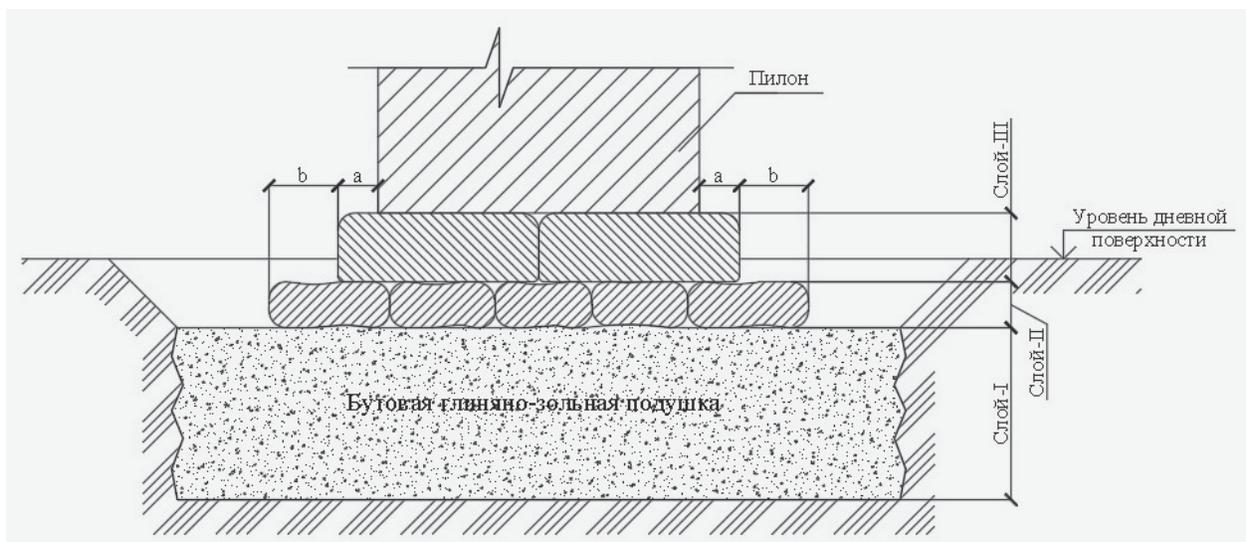


Рис. 9. Реконструированная общая схема устройства фундамента пилона: Слой-I; Слой-II; Слой-III;
уступ a шириной 0,10–0,15 м; уступ b шириной 0,10–0,40 м
Fig. 9. Reconstructed general layout of the pylon foundation: Layer-I; Layer-II; Layer-III; ledge a – 0.10–0.15 m wide;
ledge b – 0.10–0.40 m wide

новыми монолитными каменными плитами (Слой-III на рис. 9). При этом сберегается общая историческая слоистая конструкция фундаментов. Бутовая глиняно-золевая подушка, подстилающая каменную часть фундаментов и служащая особой антисейсмической конструкцией, способствующей гашению ударных волн землетрясений на пути к пилонам Арки, сохраняется в полном объеме. Усилить пилоны D и G путем восстановления их вертикального положения и частичной перекладки блоков в верхней части конструкций. Возрождение разрушенной центральной части Арки осуществить путем возведения строения из новых блоков, изготовленных из камня, добытого в современном действующем карьере. При монтаже Арки будут максимально использованы оригинальные исторические блоки, степень повреждения которых не нарушит прочность и устойчивость арочной конструкции в целом.

the foundations and serving as a special anti-seismic structure that helps to dampen earthquake shock waves on the way to the Arch pylons, is fully preserved. To strengthen pylons D and G by restoring their vertical position and partially relaying the blocks at the top of the structures. To carry out revival of the destroyed central part of the Arch by erecting the structure from new blocks made of stone mined in a present active quarry. During the installation of the Arch, maximum use will be made of the original historical blocks, the degree of damage to which will not impair the strength and stability of the Arch structure as a whole.

Источники и литература
Bibliography

Amy R., 1933. Premières restaurations de l'Arc monumental de Palmyre // Syria. Archéologie, art et histoire année. Paris. Vol. 14, № 4.

Основные подходы к реставрации Триумфальной Арки Пальмиры

Basic Approaches to Restoration of Palmyra's Triumphal Arch

Н.И. Явейн¹, Г.В. Иванов², И.В. Сабанцев³, О.А. Блинов⁴, Д.П. Кресов⁵

N.I. Yavein¹, G. V. Ivanov², I. V. Sabantsev³, O. A. Blinov⁴, D. P. Kresov⁵

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-113-127

Для выработки принципиальных подходов к реставрации Триумфальной Арки Пальмиры на начальном этапе были определены четкие критерии, такие как: 1) обратимость; 2) максимальное использование сохранившегося «родного» камня; 3) восполнение утрат аналогичным природным материалом; 4) разумное сохранение аутентичных методов монтажа каменных блоков; 5) сохранение некоторых элементов реставрации предыдущего периода. В рамках разработки реставрационных мероприятий в качестве предварительного этапа работ было выработано базовое решение противоаварийных и подготовительных мероприятий, направленных на приведение сохранившихся частей пилонов в работоспособное состояние с последующим обеспечением несущей способности их опорных площадок, что является обязательным требованием для обеспечения возможности наращивания пилонов до их «проектной» и исторической конфигурации.

Противоаварийные и подготовительные мероприятия в отношении сохранившихся частей пилонов

Противоаварийные и подготовительные мероприятия основаны на следующих аспектах: 1) конструктивная устойчивость; 2) сохранность «родных» каменных блоков. При этом, данные мероприятия направлены на обеспечение условий: 1) обеспечение

In order to develop principled approaches to the restoration of Palmyra's Triumphal Arch, clear criteria were defined at the initial stage, such as: 1) reversibility; 2) maximum use of the preserved "native" stone; 3) replenishment of losses with similar natural material; 4) reasonable preservation of authentic methods of installation of stone blocks; 5) preservation of some elements of the previous period restoration. Within the framework of the development of restoration measures, the preliminary phase of the work involved development of a basic solution of emergency prevention and preparatory measures aimed at bringing the surviving parts of the pylons in a workable state with subsequent provision of the carrying capacity of their supporting platforms, which is a mandatory requirement to ensure the possibility of building up the pylons to their "design" and historical configuration.

Emergency prevention and preparatory measures concerning the surviving parts of the pylons

The emergency prevention and preparatory measures are based on the following aspects: 1) structural stability; 2) preservation of "native" stone blocks. At the same time, these measures are aimed at ensuring the following conditions: 1) providing the configuration of the upper support platforms of the surviving pylons to enable the installation of supplement and destroyed levels of the Arch; 2) reinforcement or reassembly of

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: nyaveyn@gmail.com.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: grisiva@mail.ru.

³ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: truerestorer@yandex.ru.

⁴ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: blink1984@mail.ru.

⁵ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: kresov@mail.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: nyaveyn@gmail.com.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: grisiva@mail.ru.

³ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: truerestorer@yandex.ru.

⁴ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: blink1984@mail.ru.

⁵ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: kresov@mail.ru.

конфигурации верхних опорных площадок сохранившихся пилонов для обеспечения возможности установки докомпоновочных и разрушенных уровней Арки; 2) усиление или переборка каменных блоков фундаментов и надземных частей, разрушенных в результате оказанных динамических, ветровых и термобарических воздействий.

Пилон D (рис. 1). По результатам визуального исследования было выявлено: 1) отклонение по вертикали (ориентировочно 1,7 градуса); 2) деструкция третьего ряда блоков с утерей до 30 % поперечного сечения (в настоящее время устойчивость обеспечивается бетонированием); 3) видимые трещины в фундаментном ряде в результате отклонения конструкций пилона в сторону северо-западного угла. На основании выявленных обстоятельств, выработаны предварительные компенсирующие мероприятия: 1) разборка верхних 2–3 рядов (сверху до 12 ряда) каменных блоков для предотвращения обрушения фрагментов пилона при вывешивании; 2) организация лесов. Есть возможность установки лесов на распорные площадки. При этом необходим демонтаж двух каменных блоков (не «родные») на забутовке, выполненной в 30-х гг. XX в., между пилонами D и E для устройства замкнутой опорной площадки (требуется разборка поздней забутовки). Прижимы конструктивных лесов осуществляются (ориентировочно) в районе 4–8 рядов

the stone blocks of the foundations and above-ground parts destroyed as a result of the rendered dynamic, wind and thermobaric impacts.

Pylon D (Fig. 1). The visual examination revealed: 1) vertical deflection (approximately 1.7 degrees); 2) destruction of the third row of blocks with a loss of up to 30 % of the cross-section (the stability is currently provided by concreting); 3) visible cracks in the foundation row as a result of the pylon structures deflection towards the northwest corner. Based on the identified circumstances, preliminary compensatory measures were developed: 1) disassembly of the top 2–3 rows (down to the 12th row) of stone blocks to prevent the collapse of the pylon fragments during suspension; 2) arrangement of scaffolding. It is possible to install scaffolding on spacer platforms. This requires dismantling of two stone blocks (not “native”) on the moellon made in the 1930s between pylons D and E to create a closed support platform (dismantling of the later moellon is required). Structural scaffoldings are clamped (tentatively) in the area of the 4th – 8th rows with arrangement of “soft” pads to protect the stone from damage. After the stiffness is provided, the grouting of the 3rd row is dismantled with the corner block retained. Crowns are arranged in place of the lost stone fragments. For the rest of the blocks the decision is made based of the subsequent ultrasonic examination; 3) injecting

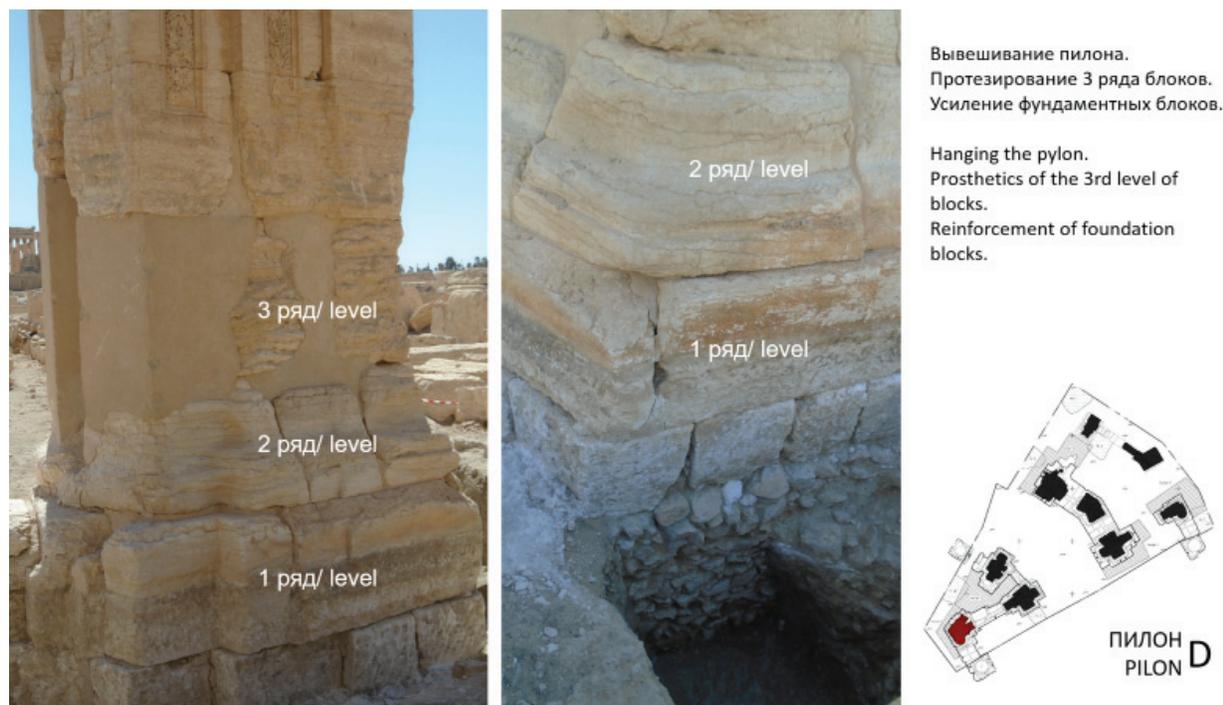


Рис. 1. Пилон D
Fig. 1. Pylon D

с устройством «мягких» прокладок для защиты камня от повреждения. После обеспечения жесткости цементация 3-го ряда демонтируется с сохранением углового блока. На месте утраченных фрагментов камней устраиваются коронки. По остальным блокам принимается решение на основе последующих ультразвуковых исследований; 3) инъектирование фундаментных блоков (стабилизация раскрытия трещины).

На основании проведенных визуальных обследований остальных сохранившихся пилонов Арки, выработаны предварительные компенсирующие мероприятия.

Пилон В (рис. 2): 1) монтаж П-образного металлического короба, который закрывает раннехристианский водовод (закрывает до отметки верха фундаментного блока). Вставка нового фундаментного блока до отметки существующих фундаментов колонной улицы (рис. 3); 2) 1-й ряд – установка коронки на блоки юго-западного угла; 3) 2-й ряд – установка коронок на блоки северо-западного, северо-восточного, северного углов; 4) 2-й ряд – демонтаж верхнего камня с удалением поздней цементации, установка «родного» камня в его историческое положение.

Пилон Е (рис. 4): 1) разборка 4-го ряда пилона. Проверка целостности двух блоков 4-го ряда

of the foundation blocks (stabilization of the crack opening).

Based on the visual inspections of the remaining surviving pylons of the Arch, preliminary compensatory measures were worked out.

Pylon B (Fig. 2): 1) installation of a U-shaped metal box which will close the early Christian waterway (closes up to the mark of the top of the foundation block). Insertion of a new foundation block to the mark of the existing foundations of the column street (Fig. 3); 2) Row 1 – installation of the crown on the blocks of the southwest corner; 3) Row 2 – installation of crowns on the blocks of northwest, northeast, north corners; 4) Row 2 – dismantling of the upper stone with removal of late grouting, installation of the “native” stone in its historical position.

Pylon E (Fig. 4): 1) Disassembly of the 4th row of the pylon. Check of the integrity of two blocks of the 4th row (southeast and southwest corners); 2) Row 2 – crowns on the blocks of southwest, northeast, northwest corners; 3) Row 3 – crown on the block of the northwest corner and a new stone on the northwest corner.

Pylon A (Fig. 5): 1) the first row of stones is dismantled. Each of the dismantled stone blocks is

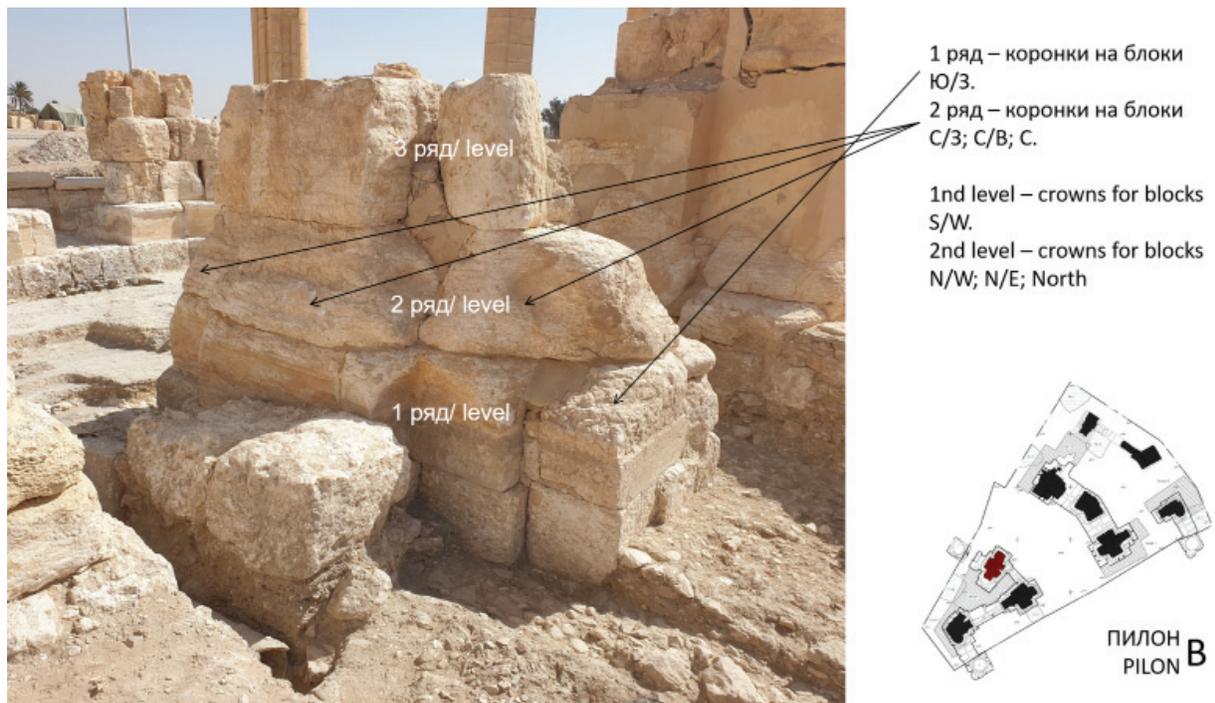


Рис. 2. Пилон В
Fig. 2. Pylon B

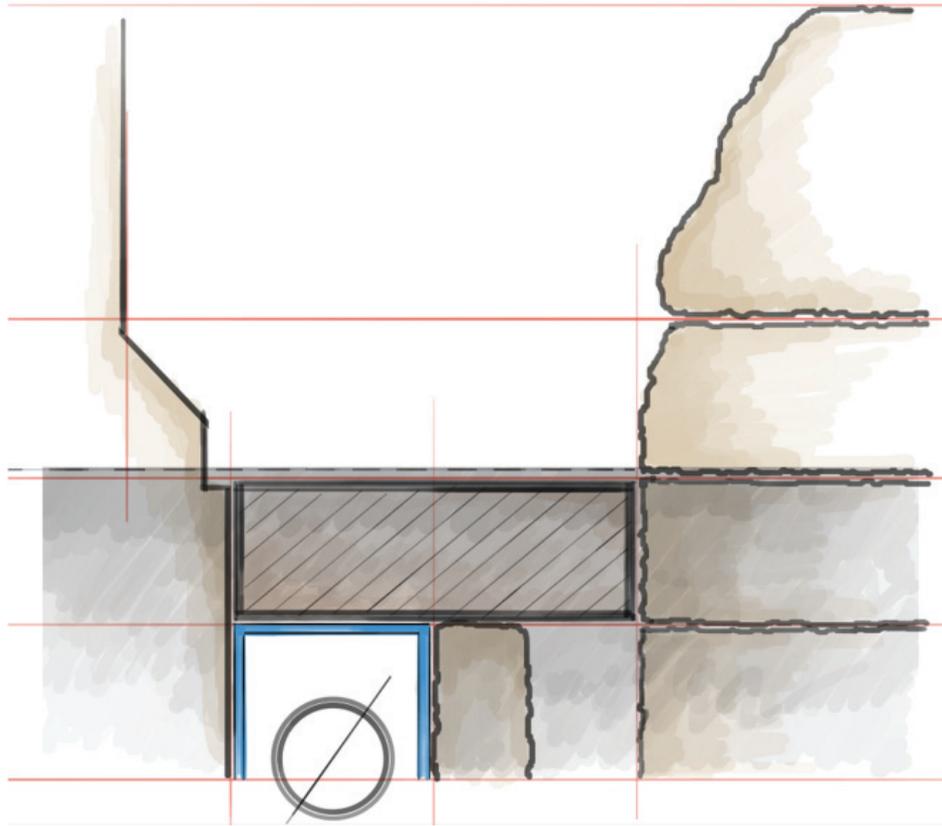


Рис. 3. Сохранение фрагмента раннехристианского водопровода
Fig. 3. Preservation of a fragment of an early Christian water supply system

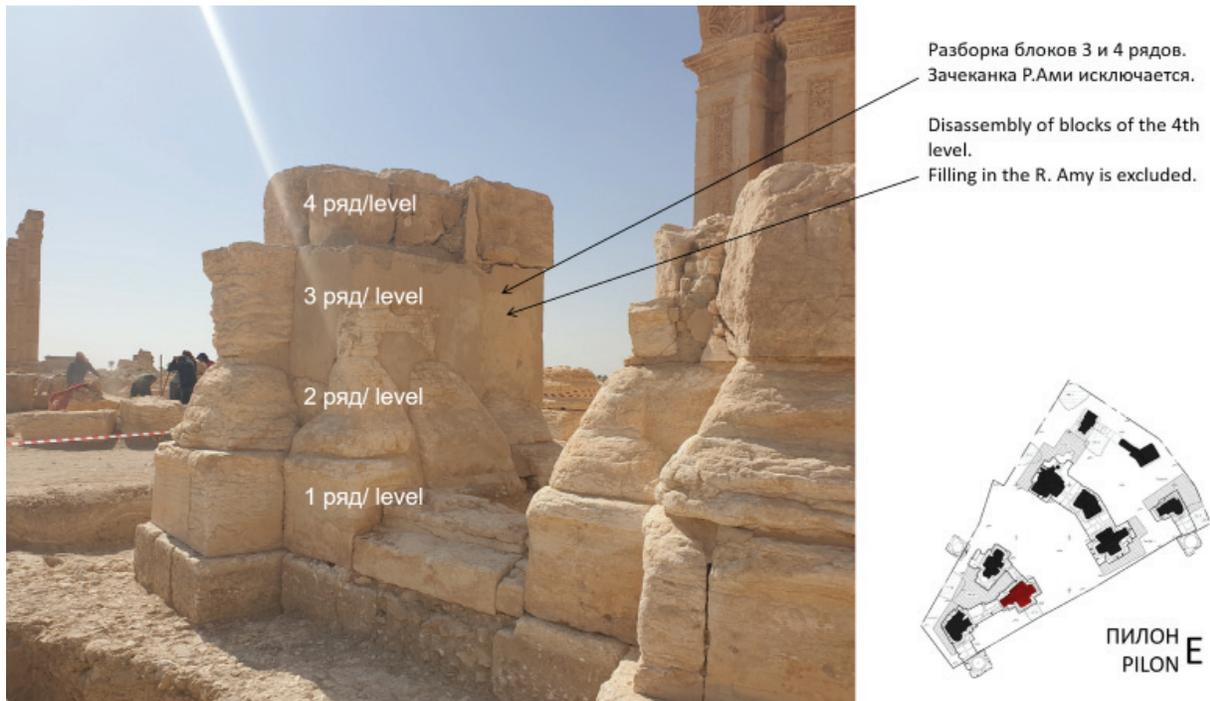


Рис. 4. Пилон E
Fig. 4. Pylon E



1 ряд блоков разбирается.
Исследование фундаментных
блоков

The 1st level of blocks is being
disassembled.
Research of foundation
blocks



Рис. 5. Пилон А
Fig. 5. Pylon A

(юго-восточный и юго-западный углы); 2) 2-й ряд – коронки на блоки юго-западного, северо-восточного, северо-западного углов; 3) 3-й ряд – коронка на блок северо-западного угла и новый камень на юго-западный угол.

Пилон А (рис. 5): 1) первый ряд камней демонтируется. Каждый из демонтируемых каменных блоков проверяется на целостность; 2) исследование фундаментов: в месте динамического воздействия фундаментные блоки разрушены. Производятся полевые инструментальные исследования забутовки пилона для принятия решения о дальнейших конструктивных мероприятиях. В результате осуществляется частичная перекладка забутовки или ее инъектирование; 3) фундамент: северный угол полностью заменяется. Северо-восточная сторона заменяется с выборочной отбраковкой камней. Северо-западная сторона заменяется до середины со стороны северного угла с частичной выбраковкой. Южный угол сохраняется; 4) 1-й ряд камней. Северный угол и северо-восточная сторона полностью заменяется новыми камнями. Восточный угол и юго-восточная сторона заменяется новыми камнями (необходимо проанализировать трещины в существующем камне). Каменные блоки южного и западного углов камня сохраняются. Северо-западная сторона заменяется новыми камнями.

checked for integrity; 2) inspection of the foundations: in the place of the dynamic impact, the foundation blocks are destroyed. On-site instrumental studies of the pylon moellon are performed to decide on further structural measures. As a result, partial relaying of the moellon or its injection is carried out; 3) foundation: the northern corner is completely replaced. The northeast side is replaced with a selective culling of stones. The northwest side is replaced up to the middle of the north corner with partial rejection of stones. The south corner is preserved; 4) the 1st row of stones. The north corner and northeast side are completely replaced with new stones. The east corner and southeast side are replaced with new stones (cracks in the existing stone are to be analyzed). Stone blocks of the south and west corners of the stone are preserved. The northwest side is replaced with new stones.

Pylon A/F (Fig. 6): 1) disassembly of the blocks of the 2nd, 3rd, 4th rows; 2) replacement of the stone block of the 2nd row of the north corner; 3) replacement of the stone block of the 4th row of the north and west corners.

Pylon F (Fig. 7): 1) the grouting performed by R. Amy in the 1930s is removed; 2) stone blocks of

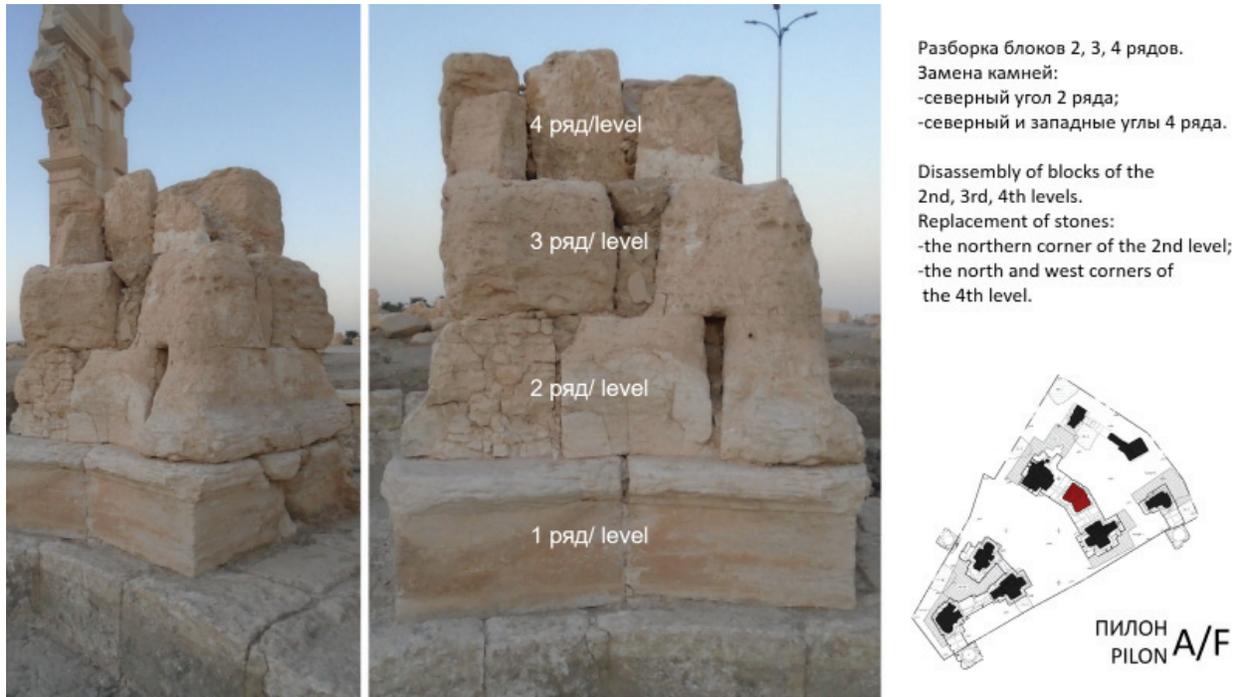


Рис. 6. Пилон A/F
Fig. 6. Pylon A/F

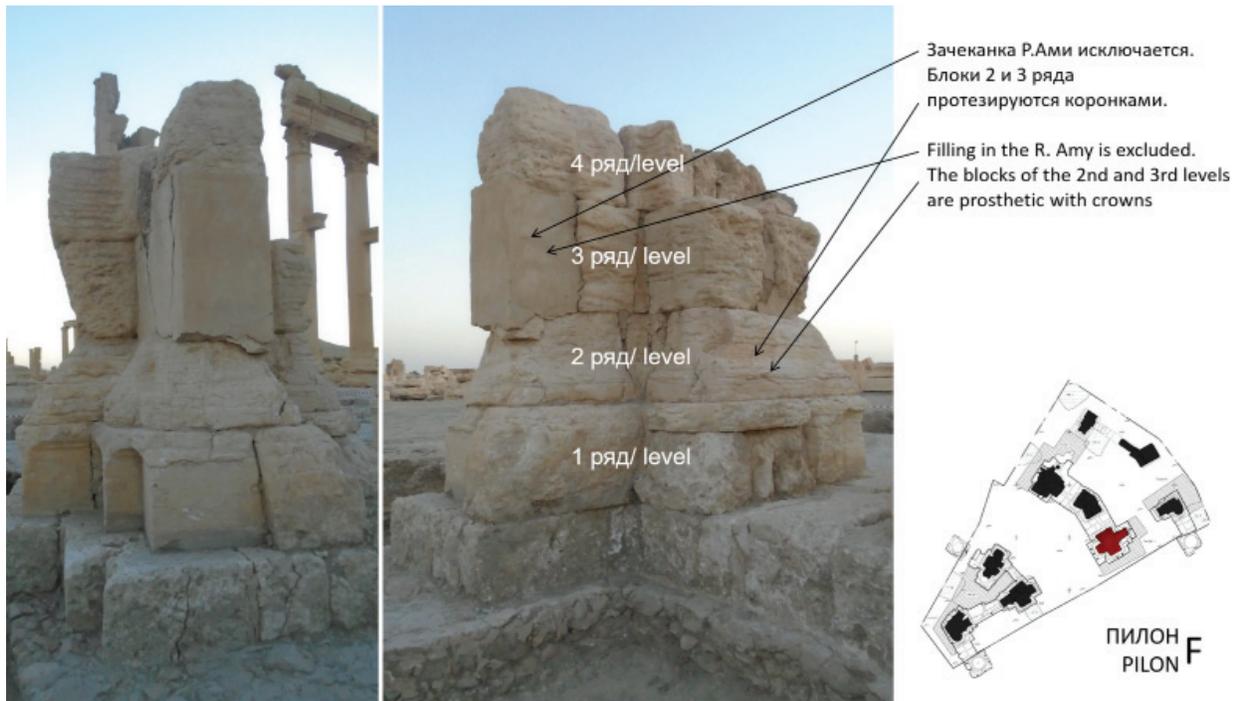


Рис. 7. Пилон F
Fig. 7. Pylon F

Пилон А/В (рис. 6): 1) демонтаж блоков 2-го, 3-го, 4-го рядов; 2) замена каменного блока 2-го ряда северного угла; 3) замена каменных блоков 4-го ряда северного и западного углов.

Пилон F (рис. 7): 1) удаляется цементация, выполненная Р. Ами в 1930-х гг.; 2) выполняется протезирование коронками каменных блоков 2-го, 3-го рядов; 3) каменные блоки западного угла 4-го яруса заменяются новыми; 4) каменные блоки 4-го яруса юго-восточной стороны заменяются новыми, т.к. имеется значительное расслоение верхних слоев породы.

Пилон С (рис. 8). Необходимо проверить прочность фундаментных блоков с юго-восточной стороны, т.к. наблюдается частичная деструкция из-за близкого расстояния до эпицентра термического и динамического воздействия (2,0–2,5 м). По предварительному заключению, основанному на визуальном обследовании, несущая способность фундаментных блоков пилона С не нарушена.

Моделирование докомпоновок утраченных фрагментов сохранившихся камней

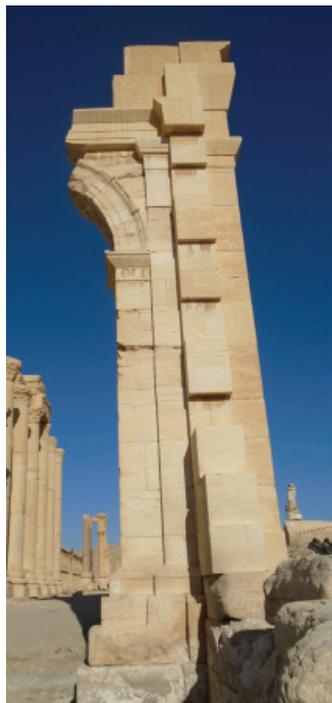
При определении приема формирования докомпоновочных каменных блоков необходимо учитывать структуру исходного камня (мраморизованный известняк), изначально использованного при создании Арки. Специфика материала накладывает большое коли-

the 2nd and 3rd rows are prothesized with crowns; 3) stone blocks of the western corner of the 4th tier are replaced with new ones; 4) stone blocks of the 4th tier of the southeast side are replaced with new ones, because there is a significant lamination of the upper layers of the rock.

Pylon C (Fig. 8). It is necessary to check the strength of the foundation blocks on the southeast side, because partial destruction is observed due to the close distance to the epicenter of thermal and dynamic impact (2.0–2.5 m). According to the preliminary conclusion based on the visual inspection, the bearing capacity of the foundation blocks of the pylon C is not impaired.

Modeling of the supplements of the lost fragments of preserved stones

When determining the method of forming supplementary stone blocks, it is necessary to consider the structure of the original stone (marmorized limestone) originally used to create the Arch. The specifics of the material impose a large number of restrictions on the shaping of the new stone inserts. Due to the “friability” of the material, it is impossible to perform perfect contact of the planes of the new and old stones, i.e. we have to form new blocks taking into account the necessary thickness of the end planes adjacent to the “native” stone. This restriction does not allow making supplementary stone blocks with absolute



Проверка фундаментного блока с Ю/В стороны по причине термобарического воздействия

Inspection of the foundation block from the S/W side due to thermobaric effects



Рис. 8. Пилон С
Fig. 8. Pylon C

чество ограничений на формирование новых каменных вставок. По причине «рыхлости» материала невозможно выполнить идеальное соприкосновение плоскостей нового и старого камней, т. е. мы вынуждены формировать новые блоки с учетом обеспечения необходимой толщины торцевых плоскостей, примыкающих к «родному» камню. Данное ограничение не позволяет выполнить докомпоновочные каменные блоки с абсолютным заполнением утраченных фрагментов Арки. Также, исходя из свойств исходной каменной породы, невозможно выполнение слишком мелких каменных вставок, что усугубляет образование вынужденных просветов в местах стыков каменных блоков. Таким образом, 1) докомпоновки утраченных фрагментов выполняются из мраморизованного известняка, характеристики и свойства которого аналогичны материалу исторических блоков; 2) докомпоновываются только крупные фрагменты поврежденных камней. Моделирование таких вставок выполняется по следующей схеме: 1) по графической реконструкции выявляется первоначальная форма исторического камня (без резного орнаментального декора), фрагмент которого утрачен; 2) модель сохранившейся части камня, полученная в результате лазерного сканирования, «вычитается» из первоначальной формы с помощью соответству-

filling of the lost fragments of the Arch. Besides, based on the properties of the original stone rock, it is impossible to produce too small stone inserts, which aggravates the formation of forced gaps in the joints of the stone blocks. Thus, 1) the supplementations of the lost fragments are made of marmorized limestone, its characteristics and properties being similar to the material of the historical blocks; 2) only large fragments of damaged stones are supplemented. Such inserts are modelled according to the following scheme: 1) graphic reconstruction reveals the original form of the historical stone (without carved ornamental decoration), a fragment of which is lost; 2) the model of the surviving part of the stone obtained by laser scanning is “subtracted” from the original shape by means of the appropriate software; 3) the fragments with a thickness less than the limiting value of the thickness of the stone insert due to the material properties (preliminary value of 30 mm) are cut off from the obtained volume. If it is technologically impossible to produce the obtained supplementation as a single element, the insert model is divided into several parts by vertical and horizontal seams (Fig. 9).

Thus, a slight depression (≤ 30 mm) is formed along the contour of the junction of the historical stone

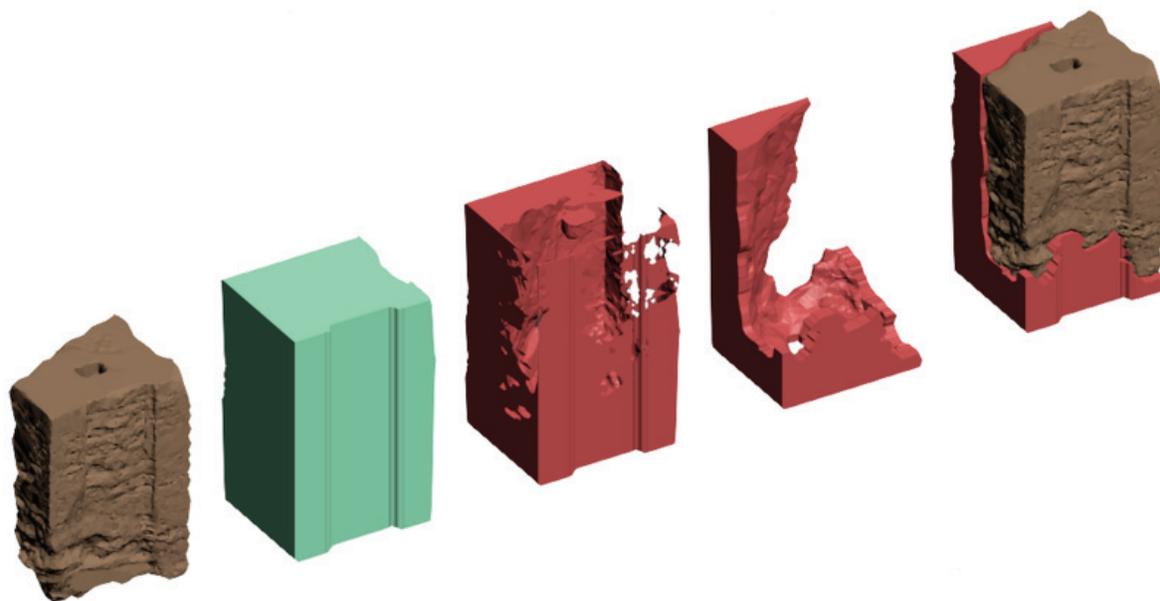


Рис. 9. Формообразование докомпоновочных каменных блоков. Слева направо: модель сохранившегося фрагмента исторического камня; первоначальная форма исторического камня; модель, полученная в результате «вычитания» сохранившегося фрагмента из первоначальной формы; модель докомпоновки после удаления фрагментов, которые тоньше 30 мм; модель сохранившегося фрагмента исторического камня с докомпоновкой
 Fig. 9. Formation of supplementing stone blocks. From left to right: a model of a preserved fragment of a historical stone; the original form of historical stone; model obtained as a result of «subtraction» of the preserved fragment from the original form; re-assembly model after removing fragments that are thinner than 30 mm; model of a preserved fragment of a historical stone with supplement

ющего программного обеспечения; 3) у полученного объема отсекаются фрагменты, толщина которых меньше предельного значения толщины каменной вставки, обусловленного свойствами материала (предварительное значение 30 мм). В случае, если выполнение полученной докомпоновки в качестве одного элемента невозможно технологически, модель вставки разделяется на несколько частей вертикальными и горизонтальными швами (рис. 9).

Таким образом, по контуру сопряжения исторического камня с докомпоновками образовывается незначительное углубление (≤ 30 мм), подчеркивающее разновременное происхождение материалов, что соответствует принципам анастилоза. Для гармонизации восприятия образа объекта кромка докомпоновки в месте сопряжения может быть обработана фаской. Для обеспечения возможности выстраивания исторической геометрии Триумфальной Арки, необходимо обеспечение конструктивных опорных площадок на сохранившихся фрагментах пилонов. При формировании коронок на «родные» камни выделено два метода решения: 1) необратимый метод; 2) обратимый метод.

Необратимый метод монтажа коронок (рис. 10) заключается в моделировании коронки по геометрии, четко повторяющей геометрию «родного» камня с последующим креплением его к каменному блоку на химический клеевой состав. При применении данного метода существует риск несоблюдения принципа обратимости при возможных разрушениях, т. е. коронка связывается с «родным» камнем, и применение

with the supplementations, emphasizing the different-time origins of the materials, which corresponds to the principles of anastylosis. To harmonize the perception of the image of the site, the edge of the supplementation may be chamfered. To ensure the possibility of building the historical geometry of the Triumphal Arch, it is necessary to provide structural base platforms on the preserved fragments of the pylons. When forming crowns on the “native” stones, two methods of solution are distinguished: 1) the irreversible method; 2) the reversible method.

The irreversible method of crown mounting (Fig. 10) involves modeling the crown according to the geometry of the “native” stone and then attaching it to the stone block with a chemical adhesive. This method involves the risk of non-compliance with the principle of reversibility for possible fractures, i.e. the crown is bonded to the “native” stone and the application of excessive forces to the crown will result in the destruction of the outer layers of the “native” stone.

The reversible method of crown mounting (Fig. 11) is based exactly on the principles of reversibility, i.e. lime glue is used (principle of masonry), which turns out to be a plane of separation from the “native” stone when excessive forces are applied to the crown. With this method, there is a need for some penetration into the structure of the historical stone with arrangement of the designed number and geometry of the base platforms with the installation of carbon fiber cramps in them located at an angle of 90 degrees to the crown surface being attached.

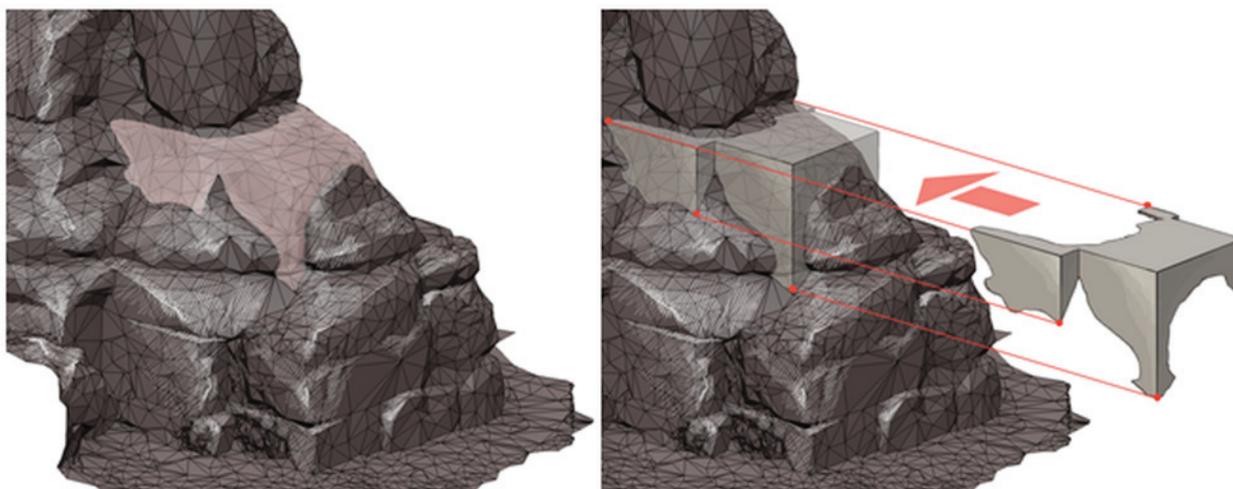


Рис. 10. Формообразование коронок на «родные» каменные блоки. Необратимый метод
Fig. 10. Formation of crowns on original stone blocks. Irreversible method

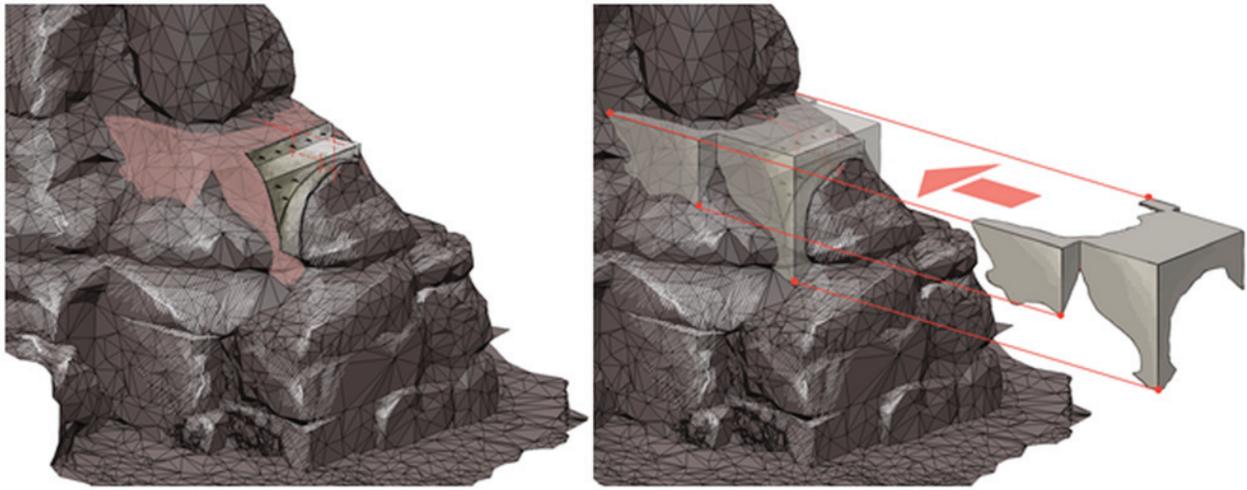


Рис. 11. Формообразование коронок на «родные» каменные блоки. Обратимый метод
 Fig. 11. Formation of crowns on original stone blocks. Reversible method

сверхусилий к коронке повлечет разрушение наружных слоев «родного» камня.

Обратимый метод монтажа коронок (рис. 11) основан именно на принципах обратимости, т. е. применяется известковый клей (принцип кирпичной кладки), который при оказании сверхусилий на коронку оказывается плоскостью отделения от «родного» камня. При данном методе существует необходимость некоторого внедрения в структуру исторического камня с устройством расчетного количества и геометрии опорных площадок с установкой в них углепластиковых пиронов, которые должны располагаться под углом 90 градусов к прикрепляемой поверхности коронки.

Таким образом, по результатам установки коронок и обеспечения опорных площадок и с применением вышеупомянутого метода докомпоновки утраченных фрагментов каменных блоков воссоздается историческая геометрия Арки по принципу, представленному на рис. 12.

Конструктивные мероприятия

Наиболее сохранившиеся после разрушения конструкции пилонов С, D и G получили горизонтальные и вертикальные отклонения от своих проектных положений. Возможной причиной отклонений допустимо считать их накопительный характер, но для точной оценки критичности отклонений планируется построить схемы отклонений по всем вертикальным плоскостям данных пилонов. Исходя из полученных данных, станет возможным определить в рамках нормативных значений или полученных отклонений, и, как следствие, принять решение о технических приемах для возвращения конструкции в проектное положение

Thus, based on the results of the crowns installation and the provision of the base platforms, and using the above-mentioned method of supplementation of the lost fragments of stone blocks, the historical geometry of the Arch is recreated according to the principle presented in Fig. 12.

Structural measures

The structures of pylons C, D and G, the most preserved after the collapse, received horizontal and vertical deflections from their design positions. A possible cause of the deflections may be their cumulative nature, but for an accurate assessment of the deflections criticality it is planned to build deflection schemes in all vertical planes of these pylons. Based on the obtained data, it will be possible to conclude within the framework of the normative values or the deflections obtained and, as a consequence, to make a decision on the technical methods for returning the structure to its designed position or keeping (fixing) it in its present state. It should be noted that when pylon D is returned to the vertical position, cracks may form in random places, which is not acceptable. Therefore, first of all, possible ways of compensation of the existing tilt without its correction will be worked out.

If the tilt of the pylons cannot be compensated without straightening them, the pylons will be returned to their design position as follows: 1) the pylon is braced with heavy-duty scaffolding along the perimeter and to the full height; 2) draw-band casings are installed in the base and 2–3 at intervals along the height of the pylon; 3) jacks are put under the casing in the base, by means of the jacks the pylon is installed in the design position; 4) self-expanding, non-shrinking cement mortar (such

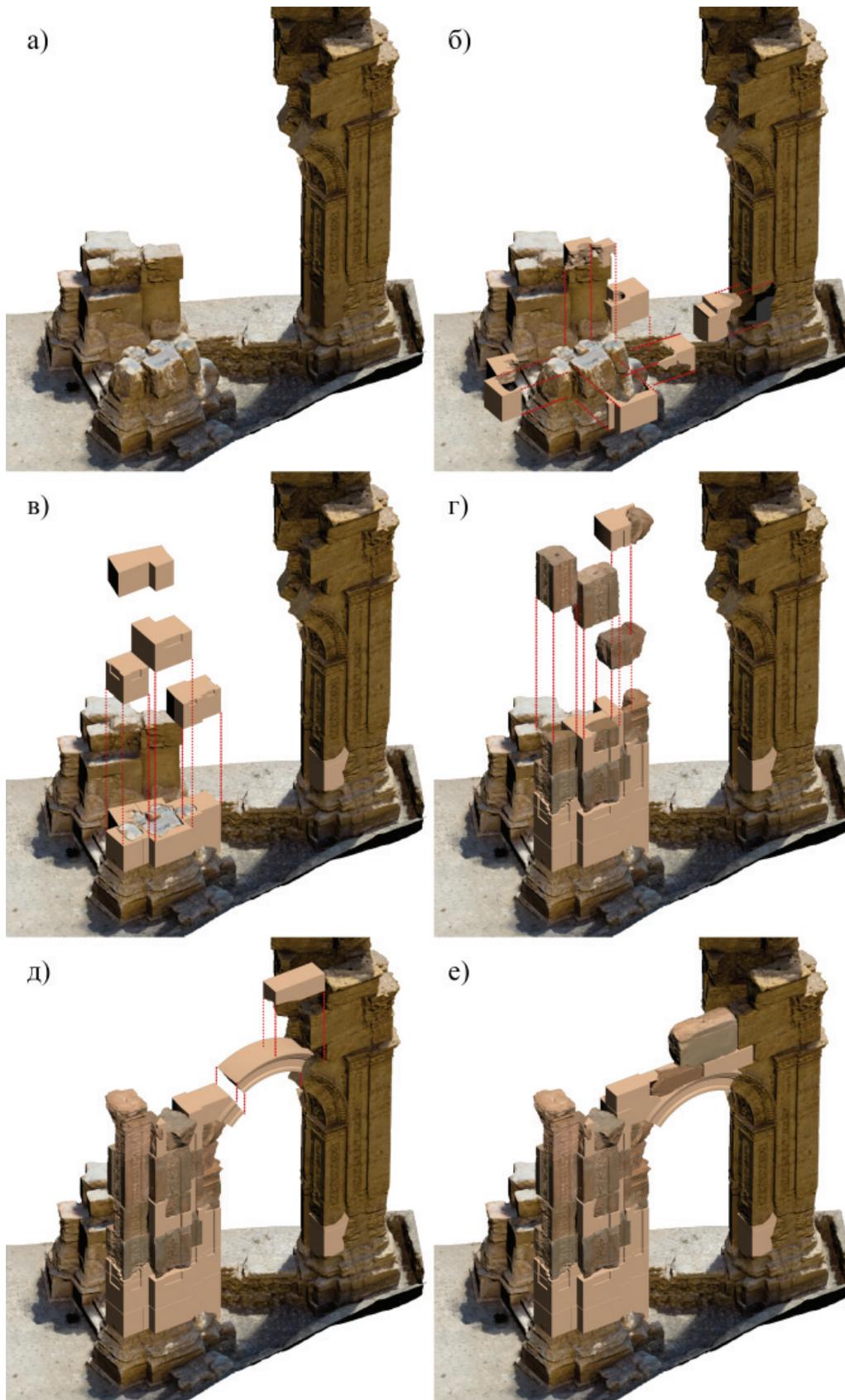


Рис. 12. Формообразование пилона
Fig. 12. Pylon shaping

или удержание (закрепление) ее в настоящем состоянии. Стоит отметить, что при возвращении пилона D в вертикальное положение, может произойти образование трещин в случайных местах, что недопустимо. Поэтому, в первую очередь, будут прорабатываться возможные способы компенсации зафиксированного крена без его исправления.

При невозможности компенсации крена пилонов без их выпрямления возвращение пилонов в проектное положение будет происходить по следующему принципу: 1) пилон раскрепляется силовыми лесами по периметру и на всю высоту; 2) устанавливаются бандажные обоймы в основании и 2–3 с шагом по высоте пилона; 3) под обойму в основании устанавливаются домкраты, с помощью домкратов пилон выставляется в проектное положение; 4) в образовавшиеся полости в основании нагнетается саморасширяющийся, безусадочный цементный раствор (например, ремонтный состав РЕНОВИР Рем60П), этим же раствором при необходимости усиливаются конструкции фундаментов под пилонами.

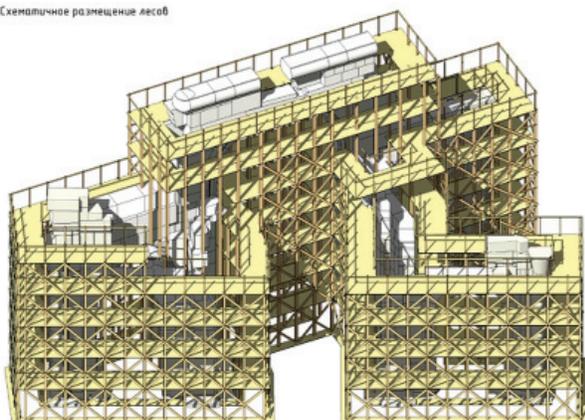
Конструкции колоннады (первые пары колонн), примыкающие к Арке с западного фасада, необходимо до начала строительных работ раскрепить силовыми лесами для исключения дальнейших их деформаций и обрушений. По окончании работ с пилонами и усилением фундаментов основания монтируются монтажные леса (рис. 13) из пиломатериалов по периметрам плоскостей восстанавливаемой Арки, а также кружальные леса под четыре малых и один большой свод Арки. Местом установки монтажного крана предполагается выбрать участок дороги, пролегающей с южной стороны Арки. С центром установки на расстоянии не более 37 м от пилона D. Для объезда

as RENOVIR Rem60P repair compound) is pumped into the formed cavities in the base, the same mortar, if necessary, is used to strengthen the foundation structures under the pylons.

The colonnade structures (the first pairs of columns) adjacent to the Arch from the western facade must be braced with heavy-duty scaffolding before the start of the construction work to avoid further deformations and collapses. After the completion of the work with the pylons and the foundations reinforcement, the assembly scaffolding made of lumber (Fig. 13) is mounted along the perimeter of the planes of the Arch being restored, as well as the center scaffolding under the four small and one large vault of the Arch. The installation site for the erection crane is supposed to be a section of the road running on the southern side of the Arch. The center of the installation is to be no more than 37 m from the pylon D. To bypass the crane installation site, it is necessary to arrange a temporary detour (by analogy with the designed work on debris removal and lapidary arrangement). Based on the maximum weight of the lifted block of 5.5 tons, as well as the maximum crane operation radius of 37 m, a 160-ton crane of Liebherr LTM 1160-5.1 type was selected.

The structure of the Arch is a self-supporting system from natural stones, taking the load only from the own weight of the walls of all the vaults and the wind load. Calculation of the load-carrying capacity of the arch structure in accordance with the regulations in force in the Russian Federation (applied as a base), namely SP 15.13330.2020 Stone and reinforced masonry structures SNiP II-2281* (Code of Rules dated 30.12.2020 No. 15.13330.2020),

Схематичное размещение лесов



Схематичное размещение кружал (лежал)

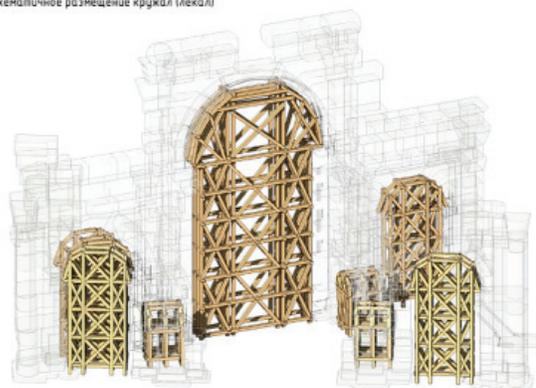


Рис. 13. Схема монтажных лесов и кружал
Fig. 13. Scheme of scaffolding and arch falsework

места установки крана необходимо организовать временный объезд (по аналогии с запроектированными работами по разбору завалов и организации лапидариев). Исходя из максимального веса поднимаемого блока в 5,5 тонн, а также максимального радиуса вылета стрелы крана на 37 м, выбран 160-тонный кран типа Liebherr LTM 1160-5.1.

Конструкция Арки представляет собой самонесущую систему из природных камней, воспринимающую нагрузку только от собственного веса стен всех сводов и ветровую нагрузку. Расчет несущей способности конструкции арки в соответствии с нормативными актами, действующими на территории РФ (применено как база), а именно СП 15.13330.2020 Каменные и армокаменные конструкции СНиП II-2281* (Свод правил от 30.12.2020 N 15.13330.2020), частично не допускается, так как в нормативном документе есть ряд ограничений: 1) свод правил устанавливает требования к расчету и проектированию конструкций, возводимых с применением кладки, а кладка – это конструкция из природных или искусственных камней (кирпича, блоков), соединенных между собой раствором, клеевым составом или пастой. В нашем случае связующих растворов не предусматривается; 2) требования настоящего свода правил не распространяются на проектирование сооружений, подверженных динамическим нагрузкам, возводимых в сейсмоопасных районах; 3) согласно табл. 6.4 свода правил, есть ограничение максимального размера блока 1000 мм, в нашем случае размеры блоков больше.

Исходя из необходимости отклонения или дополнения нормативной базы требуется проведение НТС (научно-технического сопровождения), а также проведения лабораторных испытаний (сейсмостойчивость, крепление элементов, прочностные характеристики). Расчетное обоснование прочности и устойчивости конструкции проводится на воздействие статических и динамических (сейсмических) нагрузок. Определение исходных данных для статического расчета заключается в серии испытаний на прочность кладки из блоков, сложенной «сухим способом» в сравнении с несущей способностью цельного камня. Учитывая сейсмическую активность исследуемого района реставрации Арки, требуется расчет на динамические (сейсмические) нагрузки. Определение исходных данных для динамического расчета заключается в изысканиях: 1) микросейсмическое районирование (определение сейсмичности площадки изысканий на основе материалов уточнения исходной сейсмичности, детального сейсмического районирования с учетом локальных грунтовых условий по данным инженерно-геологических изысканий), выполняется совместно с инженерно-геологическими изысканиями; 2) определение ветрового давления (гидрометеорологические изыскания); 3) моделирование

is partly not allowed, as the normative document has a number of restrictions: 1) the code establishes requirements to the calculation and design of structures built with masonry, and masonry is a structure of natural or artificial stones (bricks, blocks), joint by mortar, adhesive compound or paste. In our case, no bonding mortars are envisaged; 2) the requirements of this code do not apply to the design of structures exposed to dynamic loads, erected in earthquake areas; 3) according to Table 6.4, there is a restriction on the maximum size of the block of 1,000 mm, in our case the size of blocks is larger.

Based on the need to depart from or supplement the regulatory framework, it is required to perform STS (scientific and technical support), as well as laboratory tests (seismic resistance, fastening of elements, strength characteristics). The design-based substantiation of the structure strength and stability is carried out for the impact of static and dynamic (seismic) loads. The determination of the initial data for the static calculation involves a series of tests of the strength of dry-mix block masonry in comparison with the bearing capacity of solid stone. Given the seismic activity of the study area of the Arch restoration, a calculation for dynamic (seismic) loads is required. The initial data for the dynamic calculation are determined in the following surveys: 1) microseismic zoning (determination of the survey site seismicity based on the materials of specification of the initial seismicity, detailed seismic zoning with account of the local soil conditions according to engineering-geological surveys) is carried out together with engineering-geological surveys; 2) determination of the wind pressure (hydro-meteorological surveys); 3) modeling of the design scheme in the Ansys type software package (based on the transferred spatial model from the restoration specialists); 4) substantiation of the stability and bearing capacity of the Arch structure by numerical methods. If a decision is made on the need to ensure the seismic stability of the Arch structure, the design solutions must provide for additional fasteners located inside the masonry (Fig. 14–16).

Conclusion

The presented basic techniques and approaches to the restoration of Palmyra's Triumphal Arch are based on the exclusive goal of maximum preservation and demonstration of the original fragments of the Arch. All the above methods are certainly subject to detailed refinement at each step and stage during the implementation of the restoration work. Significant for the implementation of such a large-scale and complex project is the qualifications and experience of all members of the construction team, without exception. A careful selection of

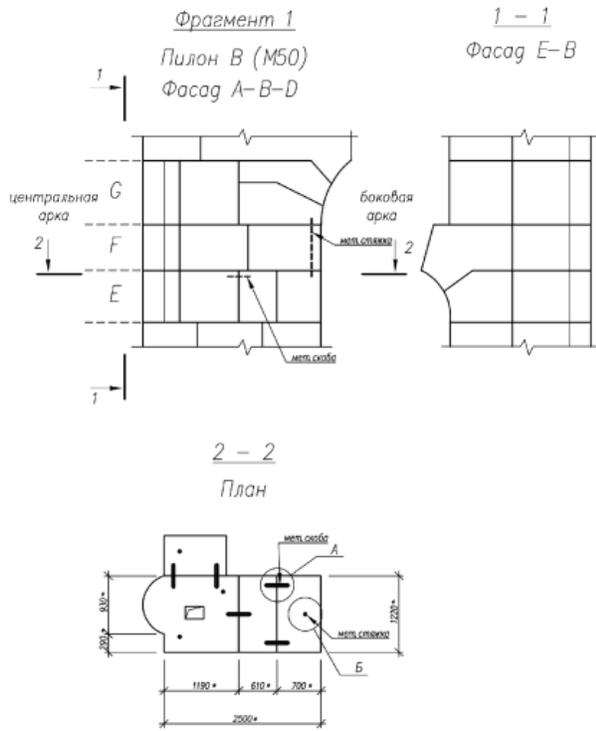


Рис. 14. Фрагмент пилона В
Fig. 14. Pylon B fragment

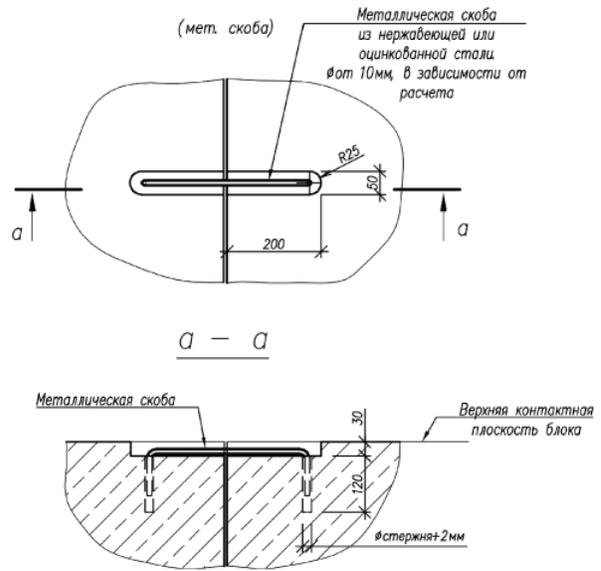


Рис. 15. Предложение по конструктивной связи каменных блоков из соображений сейсмической устойчивости. Указание на материал (металл) условно

Fig. 15. Proposal for the constructive connection of stone blocks for reasons of seismic stability. Indication of the material (metal) is conditional

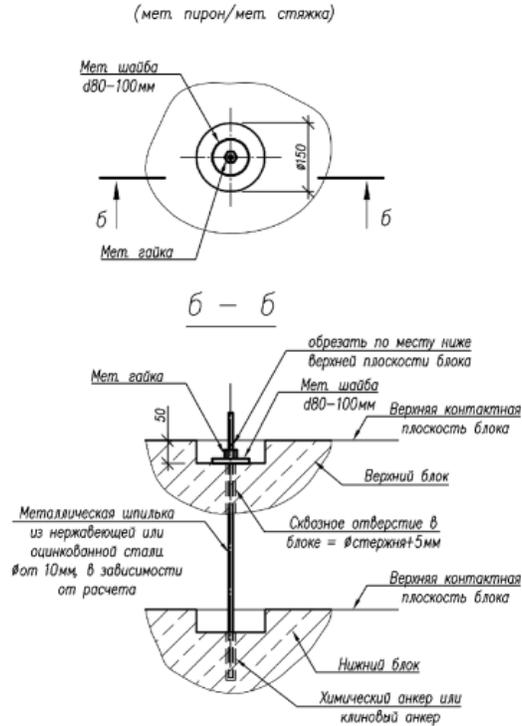


Рис. 16. Предложение по конструктивной связи каменных блоков из соображений сейсмической устойчивости. Указание на материал (металл) условно

Fig. 16. Proposal for the constructive connection of stone blocks for reasons of seismic stability. Indication of the material (metal) is conditional

расчетной схемы в программном комплексе типа Ansys (на базе передаваемой пространственной модели от специалистов реставраторов); 4) обоснование численными методами устойчивости и несущей способности конструкции Арки. При условии принятия решения о необходимости обеспечения сейсмической устойчивости конструкции Арки, проектными решениями необходимо предусмотреть дополнительные крепежные элементы, расположенные внутри каменной кладки (рис. 14–16).

Заключение

Представленные базовые приемы и подходы к реставрации Триумфальной Арки Пальмиры основаны на исключительной цели максимального сохранения и демонстрации подлинных фрагментов Арки. Все перечисленные приемы, безусловно, подвержены детальному уточнению на каждом шаге и этапе в период реализации реставрационных работ. Большую значимость для реализации столь масштабного и сложного проекта имеет квалификация и опыт всех членов строительной команды без исключений. Также необходим тщательный подбор технических и аппаратных средств, т. к. «стандартные» строительные методики, применяемые в мире, не в полной мере удовлетворяют вышеупомянутой специфике реставрируемого объекта. Доскональный анализ данных и тщательное планирование всех процессов позволит вернуть мировому сообществу уникальный памятник античности.

technical facilities and hardware is also necessary, since the “standard” construction methods used in the world do not fully satisfy the above-mentioned specifics of the site being restored. A thorough analysis of the data and careful planning of all processes will allow the world community to regain a unique monument of antiquity.

Реконструкция первоначального вида Триумфальной Арки в свете новых данных

Reconstructing the Initial Appearance of the Triumphal Arch in the Light of New Data

М. Б. Атаянц¹, А. А. Уваров², Е. О. Юрков³
M. B. Atayants¹, A. A. Uvarov², E. O. Yurkov³

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-128-154

Триумфальная Арка⁴ – один из самых значительных памятников Пальмиры и неотъемлемая часть ее градостроительной структуры. В 2015 г. в результате подрыва террористами Арка получила сильнейшие повреждения. В 2022 г. объединенный российско-сирийский творческий коллектив выполнил комплекс мероприятий по посттравматическому реагированию и археологические раскопки на территории памятника (см. Соловьева, Соловьев в настоящем сборнике). В рамках проведенных работ были впервые получены данные об устройстве фундаментов Арки, проведена высокоточная фотограмметрическая съемка Арки и прилегающей территории, созданы высокоточные цифровые модели состояния Арки до и после взрыва, проведено сканирование рухнувших фрагментов и значительной части камней лапидария, созданного Ами в 1930-х гг. (см. Блохин и др. в настоящем сборнике). Обширный массив новых данных и натурные наблюдения 2019–2022 гг. позволяют по-новому взглянуть на проблему реконструкции первоначального вида Триумфальной Арки.

Попытки графически изобразить античный облик Триумфальной Арки появились в первых же изданиях, посвященных архитектуре Пальмиры и суммирующих результаты экспедиций, предпринятых Р. Вудом и Дж. Докинзом в 1750 г. и Л.-Ф. Кассасом в 1785–1787 гг. Опубликованные материалы за прошедшие два с половиной столетия не утратили своей научной и иконографической ценности, с поправкой, разумеется,

The Triumphal Arch⁴ is one of the most prominent monuments in Palmyra being an integral part of its urban structure. In 2015, the Arch was fiercely damaged as a result of a terrorist blast. In 2022, a joint Russian-Syrian multidisciplinary team carried out a series of activities, including post-traumatic response and archeological excavations on the site of the monument (see the article by Soloveva and Solovyev in this issue). As a result of the project, data regarding the setup of the Arch's foundations were obtained for the first time, a high-precision photogrammetric survey was carried out for the Arch and adjacent area, high-accuracy digital models of the Arch's condition before and after the blast were produced, and scanning was conducted of the ruined fragments and a significant portion of the stonework lapidary arranged by R. Amy in the 1930s (see the article by Blokhin *et al.* in this issue). The vast array of new data as well as field studies conducted in 2019–2022 make it possible to consider the reconstruction of the original appearance of the Triumphal Arch from a new perspective.

Attempts to graphically reproduce the original appearance of the Triumphal Arch were already made in the first publications on Palmyra's architecture and summaries of the results of expeditions carried out by R. Wood and J. Dawkins in 1750, and L.-F. Cassas in 1785–1787. The materials published over the past two and a half centuries have not lost their academic and iconographic value, obviously allowing for the scarcity

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: atayants@inbox.ru.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: a.a.uvarov@mail.ru.

³ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: eur1979@yandex.ru.

⁴ Мы используем традиционное название, хотя оно не вполне соответствует характеру и функции памятника.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: atayants@inbox.ru.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: a.a.uvarov@mail.ru.

³ 8 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: eur1979@yandex.ru.

⁴ We use the traditional name even though it does not fully correspond to the nature and function of the monument.

на скудость инструментария, краткость пребывания на месте и то, что значительная часть остатков стен и мощения была скрыта ниже дневной поверхности.

Р. Вуд и Дж. Докинз (Wood, 1753. Tab. XXII–XXV) опубликовали оба фасада Арки и план (рис. 1). План показан приблизительно, с упрощением структуры пилонов и неправильным чрезмерно острым углом между северо-западным и юго-восточным фасадами⁵. Что касается самих фасадов, их верхние части изображены по-разному. С юго-востока мы видим антаблемент на пилястрах, протянутый во всю ширину фасада, и фронтоны над центральной аркой. В эдикулах над боковыми арками колонны отсутствуют. На изображении северо-западного фасада мы видим пониженные боковые части над малыми арками и возвышающуюся центральную часть, также увенчанную фронтоном. Атик на обеих проекциях отсутствует.

Примыкающая к Арке с северо-запада колоннада показана схематически. Вместо глухих внешних стен тротуаров изображены полностью вымышленные вторые ряды колонн. С юго-восточной стороны Арки колоннады не показаны вовсе. На проекции с северо-западным фасадом показан разрез по колоннадам с условно изображенными плоскими перекрытиями, находящимися на уровне карнизного блока. Утраченный уже к тому времени северо-восточный торец арки реконструирован без какой-либо привязки к реальной ситуации. Из-за неправильно определенного угла плана торцевой фасад оказался вдвое укорочен, что позволило изобразить две маленькие арки, аналогичные тем, которые проходят сквозь опоры центрального арочного проема.

Л.-Ф. Кассас (Cassas, 1799. Tab. 65–68) приводит чертежи реконструкции юго-восточного и северо-западного фасадов Арки, план Арки с прилегающими колоннадами и разрез по центральной оси северо-западного отрезка колонной улицы (рис. 2). Северо-западный фасад изображен с примыкающими колоннадами, боковые части которых перекрыты плоскими потолками на уровне карнизов. Над боковыми арками показаны две панели с рельефами. Скорее всего, это дань общему представлению о декоре классических триумфальных арок, обильно покрытых фигуративными рельефами. Выше карниза большого ордера – треугольный фронтон и атик. На чертеже юго-восточного фасада атик отсутствует, однако появляются примыкающие к фасаду фрагменты колоннад. В эдикулах над боковыми арками прорисованы колонны. План Арки более детален, чем у Р. Вуда и Дж. Докинза, но

⁵ На чертеже он составляет около 12 градусов, вместо 27 градусов в действительности.

of the tools and short stay on the site, as well as for the fact that a significant portion of the wall and paving remnants were hidden below the surface.

R. Wood and J. Dawkins (Wood, 1753. Tab. XXII–XXV) published both façades of the Arch and its plan (Fig. 1). The plan was shown approximated, with a simplified pylon structure and an excessively sharp angle between the northwest and southeast façades⁵. As far as the façades are concerned, their upper portions were shown in diverse ways. The southwest façade features a pilaster-supported entablature, which extends throughout the width of the façade and pediment over the central arch. There are no columns in the aediculas over the lateral arches. The northwest façade features lowered lateral parts over the smaller arches and the elevated central part also crowned with a pediment. No attics are shown in both projections.

The colonnade adjacent to the arch from the northwest is only shown schematically. Entirely made-up second rows of columns are shown instead of blind external walls of the footpath. No colonnades at all are shown from the southeast side. The projection of the northwest façade shows a cross-section along the columns with conventionally shown flat ceilings situated at the height of the cornice block. The northeast end of the arch already lost by that time was reconstructed without any reference to the actual situation. Due to an angle wrongly determined on the plan the end façade was shortened by half, which allowed to show two small arches similar to those passing through the supports of the central archway.

L.-F. Cassas (1799. Tab. 65–68) presents reconstruction drawings of the southeast and northwest façades of the Arch, its plan with adjacent colonnades, and a cross-section along the central axis of the northwest fragment of the colonnaded street (Fig. 2). The northwest façade shows adjoining columns, with their lateral parts covered with flat ceilings at the level of cornices. The lateral arches show two bas-relief panels, which most probably reflects the general perception of the décor of classical triumphal arches with abundant figurative bas-reliefs. A triangular pediment and attic are shown over the cornice of the giant order. No attic is shown in the drawing of the southeast façade, however the colonnade fragments adjoining the façade are shown. Columns are depicted in the aediculas of lateral arches. The Arch plan is more detailed than the one published by R. Wood and J. Dawkins, but the drawing has distortions. In particular, the central

⁵ It is shown as approx. 12 degrees in the drawing instead of 27 degrees in reality.

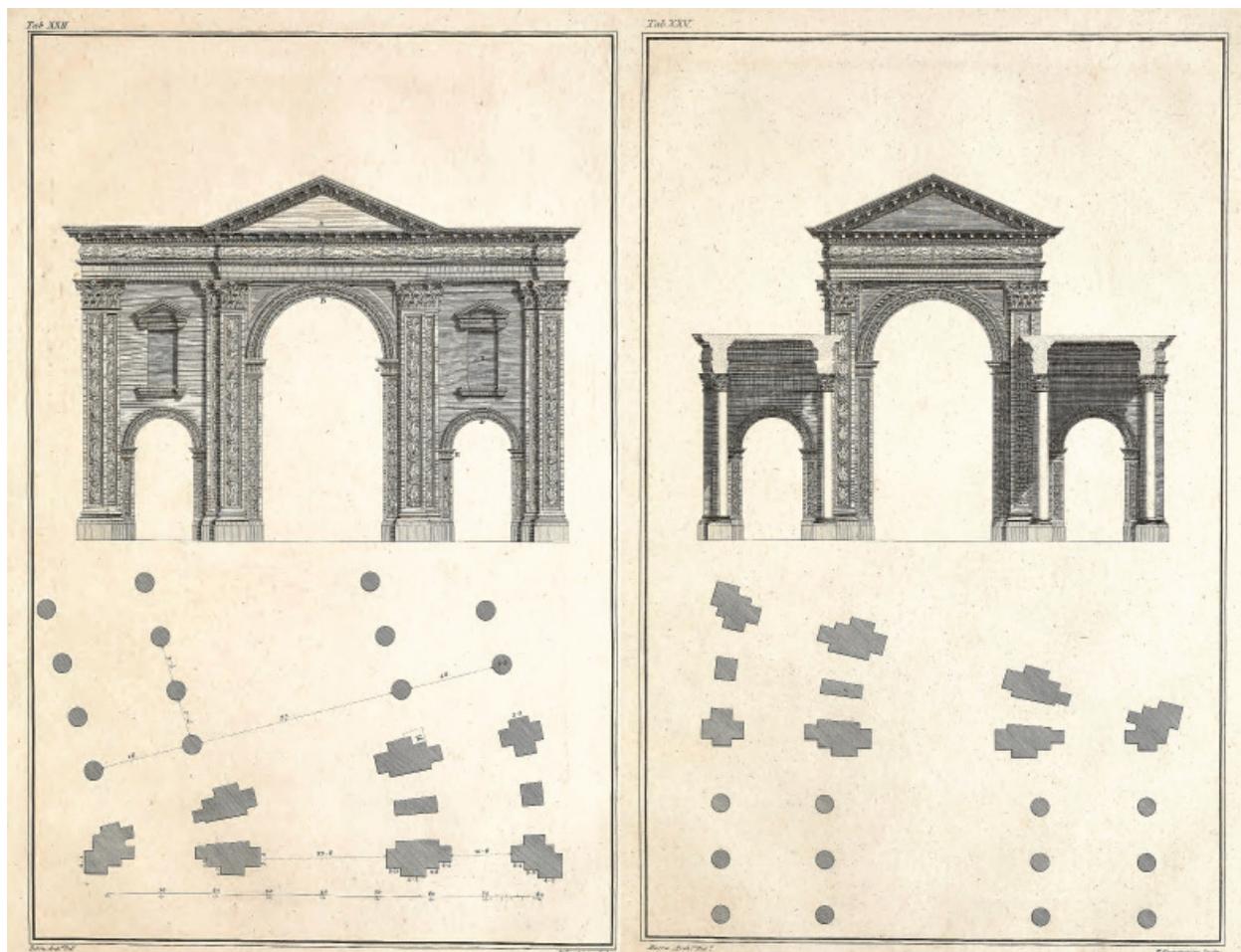


Рис. 1. План и фасады Арки в реконструкции Вуда и Докинза (Wood, 1753. Tab. XXII–XXV)
 Fig. 1. The plan and facades of the Arch in the reconstruction of Wood and Dawkins (Wood, 1753. Tab. XXII–XXV)

начерчен с искажениями. В частности, центральный арочный проем изображен не симметричным относительно биссектрисы угла раскрытия Арки, а в виде сочетания прямоугольного и треугольного сегментов. Вероятно, такая тенденциозная трактовка возникла в попытках реконструировать форму свода над центральным арочным проемом. Как и у Р. Вуда с Дж. Докинзом, на плане и разрезе северо-западного участка колонной улицы к двум рядам сохранившихся колоннад присоединены вымышленные вторые ряды колонн вместо глухих внешних стенок мощеных боковых проходов. На плане юго-восточной стороны Арки появляются полуколонны. С восточной стороны показаны два существующих в реальности квадратных в плане пилона с примыкающими полуколоннами. Все остальные части колонной улицы к юго-востоку от Арки – чистый вымысел, с появлением никогда не существовавшей в действительности сложной композиции двойных колоннад. Свод большого арочного проема на разрезе нарисован

archway is not drawn symmetrical to the bisectrix of the Arch's aperture angle, instead it is shown as a combination of rectangular and triangular segments. Such biased version is probably due to the attempts to reconstruct the shape of the vault over the central archway. Just like in the publication of R. Wood and J. Dawkins, the plan, and the cross section of the northwest part of the colonnaded street feature made-up second rows of the columns connected to the two rows of surviving colonnades – instead of blind external walls of paved side passages. The plan of the southeastern side of the Arch shows semi-columns. The eastern side features two actually existing square-section pillars with adjoining semi-columns. All the other features of the colonnaded street to the southeast of the Arch were purely made up, which led to the introduction of a sophisticated composition of double columns that had never existed in reality. The vault of the big archway appeared convincing in the cross section, but it is evident that it would have been impossible to accomplish for purely geometrical

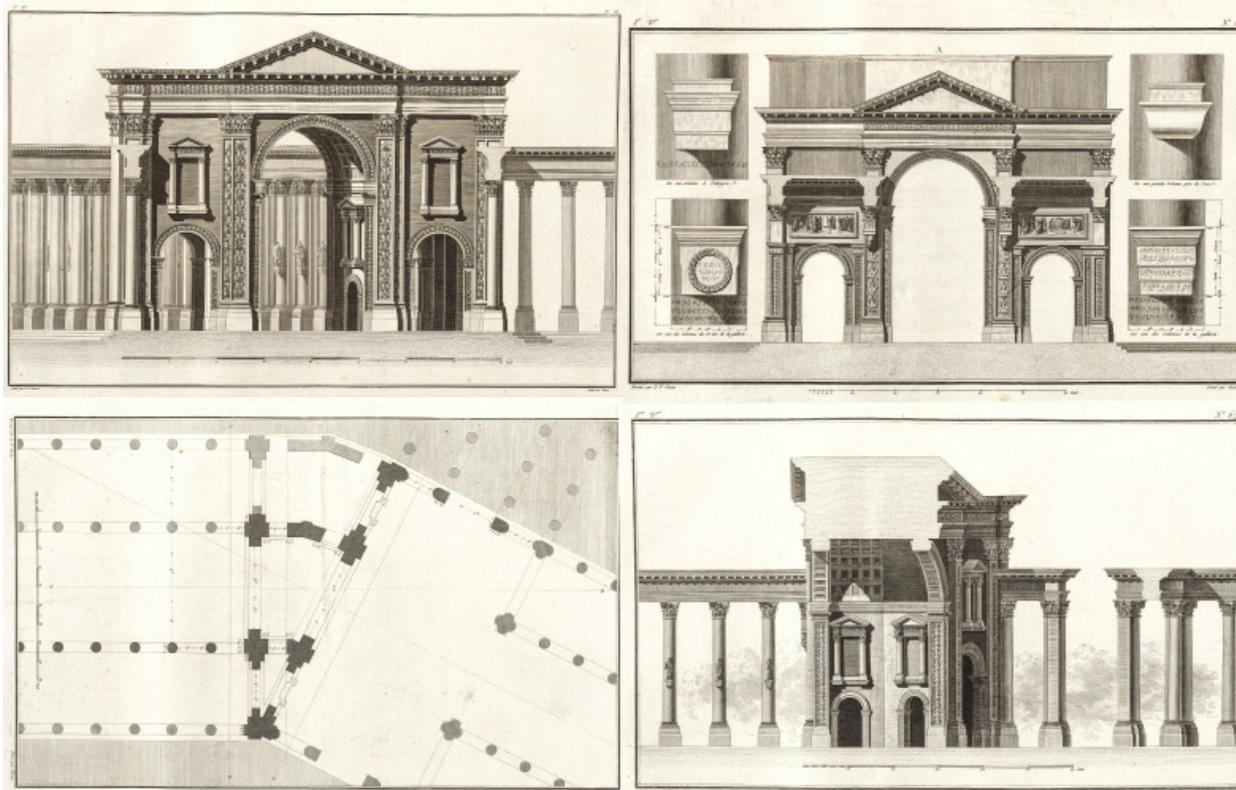


Рис. 2. План, фасады и разрез Арки в реконструкции Кассаса (Cassas, 1799. Tab. 65–68)
 Fig. 2. Plan, facades and section of the Arch in the reconstruction of Cassas (Cassas, 1799. Tab. 65–68)

графически убедительно, но таким образом, что он не мог быть осуществлен в натуре по чисто геометрическим соображениям⁶. Обе эти реконструкции XVIII в. надолго определили представление о первоначальном облике Триумфальной Арки.

Книга Т. Виганда (Wiegand, 1932), написанная по материалам палмирских экспедиций 1902–1907 гг., содержит глубоко продуманные и тщательно выполненные реконструкции памятников Пальмиры, в том числе Погребального храма и храма Бэла с его теносом. Единственным из главных палмирских монументов, который в книге не рассматривается вовсе, оказалась именно Триумфальная арка. Даже Р. Ами, который производил тщательные натурные исследования Арки и ее обмер, а также на их основе сделал проект частичной реконструкции арки (Amy, 1933) и выполнил эту реконструкцию в натуре, – реконструкции первоначального вида Арки, к сожалению, не опубликовал.

⁶ К. Росси и А.-Ф. Модюи, проектируя арку Главного штаба в Петербурге, следовали именно этому разрезу, и в результате арка, выходящая на Большую Морскую улицу, приобрела коробовую форму вместо полуциркулярной.

considerations⁶. These two 18th century reconstructions steered the concept of the original appearance of the Triumphal Arch for a long time.

The book written by T. Wiegand (1932) based on the materials of expeditions to Palmyra in 1902–1907 contains well-thought-out and carefully implemented reconstructions of Palmyra's monuments, including the Funerary Temple and the Temple of Bel with its temenos. The Triumphal Arch proved to be the only major Palmyra's monument not discussed in the book at all. Even R. Amy (Amy, 1933) who conducted detailed field surveys and measurements of the Arch came up with a design of Arch's partial reconstruction based on the results of his work. He also reconstructed the original Arch on its site, but regretfully never published his version of the reconstructed original appearance.

A relatively modern idea of the Arch's appearance is best provided in the popular book by Ian Browning (1979)

⁶ When designing the Arch of the General Staff in Saint Petersburg architects C. Rossi and A.-F. Mauduit used precisely this cross-section so as a result the arch overlooking Bolshaya Morskaya Street was designed in basket-handle form instead of being semicircular.

Относительно современное обобщенное представление о внешнем облике Арки лучше всего выражено в популярной книге Яна Браунинга (Browning, 1979), где приведена авторская графическая реконструкция юго-восточного фасада Арки (рис. 3). Показаны все важнейшие черты памятника: три арочных проема, орнаментированные пилястры, раскрепованный антаблемент, фронтон над центральной аркой, аттик, эдикулы с маленькими колоннами, скульптурами и фронтонами. Изображены отрезки колонной улицы, примыкающие к юго-восточному фасаду. Здесь же приведен план, где утраченный пилон северо-восточного торца арки показан в конфигурации, которая была придумана специально, чтобы придать убедительности привычной реконструкции с двумя малыми арочными проемами. Примыкание колоннад, как с северо-западной, так и с юго-восточной стороны, показано на плане условно и не вполне соответствуют сохранившимся на своих местах базам колонн.

Стоит упомянуть план Арки, опубликованный в статье Селима Абдулхака (Abdulhak S., Abdulhak A., 1996), где впервые конфигурация северо-восточного торца арки следует археологическим данным. В частности, фундамент утраченного среднего пилона Арки показан в соответствии с его реальными очертаниями (рис. 4). Примыкание колоннады к юго-восточному

which features the author's graphical reconstruction of the southeast façade of the Arch (Fig. 3). It shows all of the key features of the monument: three archways, ornamented pilasters, segmental entablature, pediment over the central arch, attic, aediculas with small columns, sculptures, and pediments. It also shows colonnaded street stretches adjoining the southeast façade. The publication contains a plan where the lost pillar of the Arch's northeast end is shown in configuration that was specifically designed to lend credence to the conventional reconstruction with two small archways. The colonnades adjoining both from the northwest and southeast are shown conventionally shown, and do not fully match the column bases that survived in their place.

It is worth mentioning the plan of the arch published in the article by S. Abdulhak (Abdulhak S., Abdulhak A., 1996) where the configuration of the northeast end of the Arch was shown in conformity with the archeological data. In particular, the foundation of the lost middle pillar of the Arch's is shown in conformity with its real shape (Fig. 4). The adjoining of the colonnade to the southeast façade was traditionally shown in a simplified way, ignoring the larger diameter base deviating from the colonnade axis. The plan is enclosed with a line drawing of

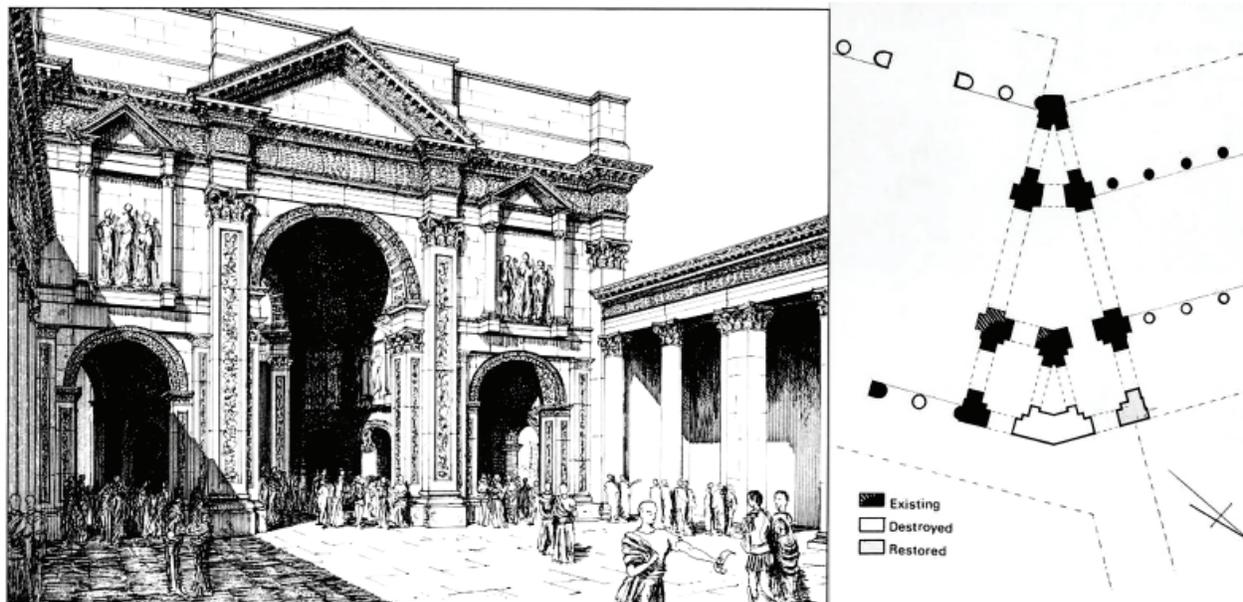


Рис. 3. План и общий вид Арки с юго-западной стороны в реконструкции Браунинга (Browning, 1979. P. 130, 188)
 Fig. 3. Plan and general view of the Arch from the southwest side in the Browning reconstruction (Browning, 1979. P. 130, 188)

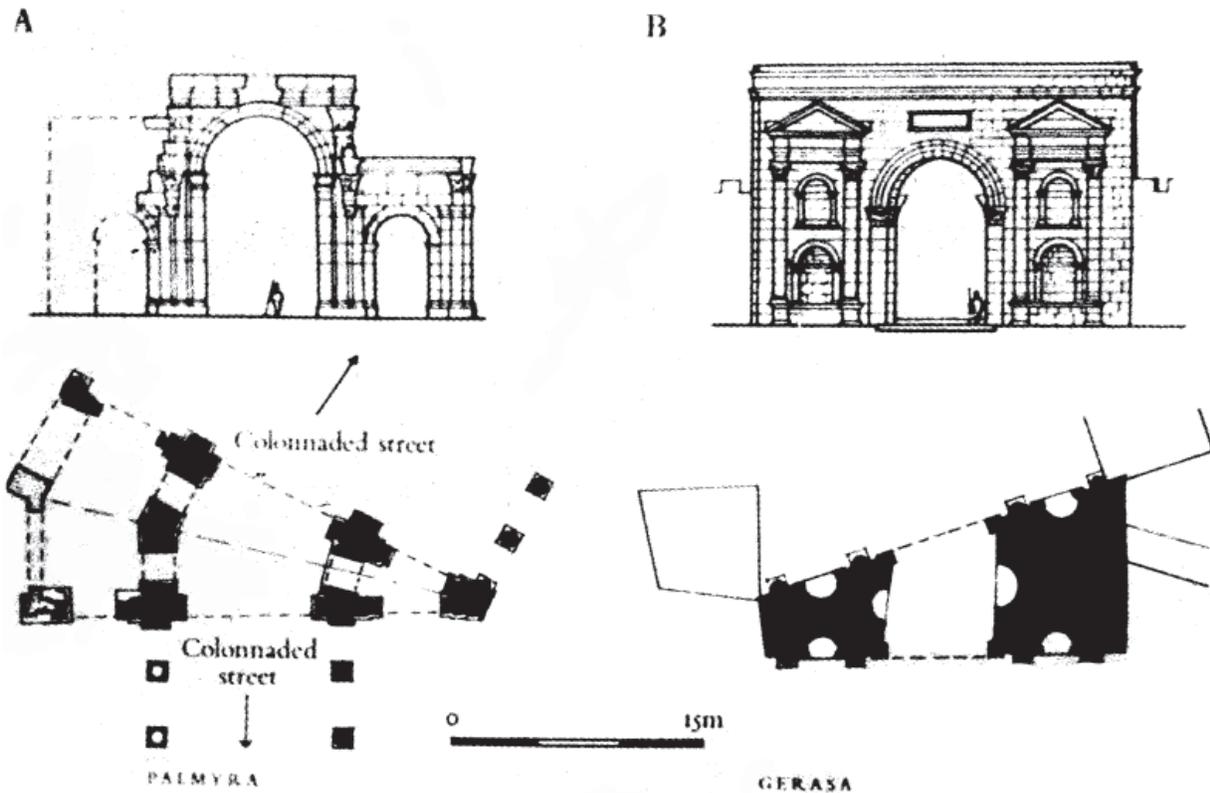


Рис. 4. План и фасад пальмирской Арки и Северных ворот Герасы (Abdulahak S., Abdulhak A., 1996)
 Fig. 4. Plan and facade of the Palmyra Arch and the North Gate of Gerasa (Abdulahak S., Abdulhak A., 1996)

фасаду традиционно дано упрощенно, игнорируя сдвинутую с оси колоннады базу большего диаметра. План сопровождается схематическим чертежом северо-западного фасада Арки, изображенным в его современном состоянии – без попыток реконструкции.

Первоначальный облик Триумфальной Арки в своих основных чертах с первого взгляда кажется ясным, в своем реконструированном виде она занимает место в ряду аналогичных памятников ближневосточных и североафриканских провинций: арки Адриана, южных и северных городских ворот Герасы, арки в Тире, арки в Тимгаде и др. (рис. 5), сохраняя своеобразные и уникальные черты. Многие аспекты имеющихся реконструкций, однако, не выдерживают сопоставления с реальными обмерными и археологическими данными. Избирательный характер графических изображений позволяет избегать показа трудных и неопределенных мест, мгновенно выявляемых при совмещении с точными обмерами сохранившихся частей памятника или при попытке построить трехмерную цифровую модель первоначального состояния.

the Arch's northwest façade shown in its current condition without attempts at reconstruction.

At first glance, the original appearance of the Triumphal Arch seems largely clear, with its reconstruction version fitting amongst peer monuments from Middle East and North Africa provinces such as Hadrian's Arch, the southern and northern city gates in Gerasa, arches in Tyre, arches in Timgad, *etc.* (Fig. 5), while preserving its characterful and unique features. However, many aspects of the reconstructions available today do not match the measuring and archeological data. The selective nature of graphical images allows to avoid demonstrating problematic and indeterminable aspects that are immediately identified when superimposed on the accurate measurements of the monument's surviving parts or when a 3D digital model of the original condition is built.

Here we will list the key doubtful and difficult aspects. First and foremost, the type and configuration have not been entirely determined for the walls and archways of the northeast end of the Arch. The type



Рис. 5. Арка-тетрапилон в Герасе, арка Адриана в Герасе, арка в Тимгаде, Северные ворота Герасы
 Fig. 5. Tetrapylon arch in Gerasa, Hadrian's arch in Gerasa, arch in Timgad, Northern gate of Gerasa

Перечислим основные сомнительные и трудные места. Прежде всего, совершенно не определен характер и конфигурация стен и проемов северо-восточного торца Арки. Не определен характер перекрытия и пролетов всей северо-восточной части Арки. Не определен точный характер перекрытия центрального арочного пролета, высота аттика, угол подъема треугольных фронтонов, характер и степень их креповки. Точно так же требует уточнения характер утраченных верхних частей северо-западного фасада там, где к нему примыкали перекрытые боковые проходы колонной улицы; облик двух эдикул над малыми арками юго-восточного фасада, в частности высота их колонн и точная конфигурация фронтонов. Неясными остаются зоны примыкания колоннад к юго-восточному фасаду, с учетом того, что базы первых от Арки отдельно стоящих колонн существенно больше по размеру, чем остальные и сдвинуты внутрь от оси колоннад. Попробуем предложить новый вариант реконструкции, основанный на композиционном анализе памятника, учете всей полноты новейших

of ceilings and spans of the Arch's northeast part as a whole has not been determined. There are no data on the exact type of ceiling of the central arch bay, height of the attic, elevation angle of the triangular pediment, the type and extent of their segmentation. There is also a need to update the type of lost upper portions of the northwest façade where covered side passages of the colonnaded street adjoined it. More details are required regarding the two aediculas over the smaller arches of the southeast façade, more specifically, the height of their columns and accurate configuration of pediments. There is lack of data regarding colonnades' joining to the southeast façade given that the bases of standalone columns nearest to the arch are significantly bigger in size than the others, and deviate to the inside in respect of the colonnade axis. We will try to propose a new option of reconstruction based on the formal analysis of the monument, taking into account the entire latest data of measurements and archeological excavations, and using a 3D digital model developed by us.

обмерных и археологических данных и выполненный путем построения трехмерной цифровой модели.

Говоря о композиции Триумфальной Арки, представляется уместным обозначить некоторые отличительные черты пальмирской архитектуры, развивавшейся в рамках архитектуры востока Римской империи, но обладающей ярко выраженным своеобразием. Пальмирская архитектурная школа характеризуется, в числе прочего, необычайной свободой обращения с ордерными формами. Начало этому было положено, судя по всему, при создании первого и самого крупного культового сооружения города – храма Бэла, который был построен в первой трети I в. мастерами, вероятнее всего, приглашенными из Дамаска. Здание, задуманное как классический позднеэллинистический периптер коринфского ордера, оказалось радикально трансформировано в соответствии с требованиями местного семитского культа (Seyrig *et al.*, 1975). Одним из самых существенных изменений стал перенос входа в храм на западную, боковую сторону целлы, что привело к размещению монументального портала прямо в структуре колоннады птерона. Для его встройки был применен прием, который можно было бы назвать коллажем, аппликацией или наложением одних ордерных форм на другие. Портал оказался врезан в колоннаду птерона таким образом, что одна из колонн была изъята, а по бокам портала появились утроенные полуколонны, каннелированные стволы которых несколько ниже капителей отсечены карнизом портала, под которым продолжается только одна из этих трех полуколонн, а две просто исчезают (рис. 6).

Такое коллажное пересечение и наложение ордерных форм оказалось востребованным для решения сложных композиционных узлов в колоннадах главной улицы и в других сооружениях Пальмиры. В композиции Триумфальной Арки этот прием применяется последовательно и многократно. Ее ордерная система построена, если не считать эдикул с миниатюрными колоннами, из трех регистров: малого, обрамляющего боковые арки северо-западного фасада; большого, состоящего из орнаментированных пилястр и несомого ими антаблемента Арки; и среднего, составляющего единое целое с ордером колоннад. Ордерные элементы разного характера и масштаба свободно пересекаются и накладываются друг на друга, часто со смещением и сбивкой осей. Таким образом, например, решено место присоединения антаблементов колоннад к северо-западному фасаду Арки. Архитрав, проложенный от ближайшей колонны, опирается на сильно выдвинутый коринфский пилястр, что было бы совершенно традиционным решением, если бы пилястр не обрывался чуть ниже капители, опираясь, в свою очередь, на кронштейн в виде головы льва. Получившаяся форма наложена на пилястр большого

With respect to the composition of the Triumphal Arch, it is deemed appropriate to specify some of the distinctive features of Palmyra architecture that evolved as part of architecture typical of the east of the Roman Empire but featuring strong distinctiveness. Palmyra's architectural school is distinguished, *inter alia*, for an uncommon freedom of using order forms. To all appearances, the foundation for this was provided when Temple of Bel, the first and the largest place of worship in town was built in Palmyra in the first third of the 1st century AD by masters most probably invited from Damascus. The building initially designed as the Classical, late Hellenistic peripter of the Corinthian order turned out to be radically transformed in conformity with the requirements of the local Semitic cult (Seyrig *et al.*, 1975). One of the most significant modifications consisted in moving the temple entrance to the western, lateral side of the cella, which resulted in placing the monumental portal directly into the structure of the pteron colonnade. To build in the entrance a technique was used that can be called the collaging, overlaying or superposition of certain order forms on the others. The portal was built into the pteron colonnade in such a way that one of the columns was removed, and the triple semi-columns installed on the portal sides, which were located a bit lower than the column capitals were cut off by the cornice of the portal under which only one of these three semi-columns is continued, with the two other columns simply disappearing (Fig. 6).

Such collage-type overlapping, and superimposition of order forms proved to be a sought-after solution for intricate composition nodes of the main street and other structures in Palmyra. This technique is used in the composition of the Triumphal Arch consistently and many times. The Arch's order system, save for aediculas with miniature columns, includes three registers: a smaller register framing the lateral arches of the northwest façade; a larger register consisting of ornamented pilasters and supported by them entablature crowing the Arch; and the middle register forming one whole with the colonnades' order. Order elements of different type and scale overlap and superimpose each other, with axes frequently displaced or disturbed. This solution was used, for instance, to adjoin colonnade entablatures to the northwest façade of the Arch. The architrave laid from the nearest column is supported by a strongly extended Corinthian pilaster, which could have provided an absolutely traditional solution if the pilaster would not have been cut off slightly below the column capital, being supported in its turn by a lion-head bracket. The resulting form was superimposed on the pilaster of the Arch's giant order deliberately displaced from its axis (Fig. 7). The entire entablature is thus mechanically attached



Рис. 6. Портал храма Бэла. Реконструкция первоначального облика и фото с природы
Fig. 6. Portal of the Temple of Bel. Reconstruction of the original appearance and photos from nature



Рис. 7. Консольные капители пилястр северо-западного фасада Арки. Фото с природы
Fig. 7. Console capitals of the pilasters of the northwestern facade of the Arch. Photo from nature

ордера Арки с намеренным сдвигом с его оси (рис. 7). Весь антаблемент оказывается механически приставлен прямо к резной поверхности пилястра, а карниз перерезает пилястр почти полностью под самой капителью. Этот же прием повторен по краям юго-восточного фасада, где точно таким же образом и с точно таким же смещением полуколонны ордера колоннады наложены на большие пилястры. По торцам Арки пилястры всех трех размеров последовательно наслаиваются друг на друга. Еще одним проявлением принципа коллажа и аппликации является то, что архивольт центральной арки на обоих фасадах перерезает нижнюю фасцию архитрава большого ордера. Очевидно, что возможность подобных сочетаний следует принимать во внимание при реконструкции утраченных частей памятника.

С градостроительной точки зрения Триумфальная Арка представляет собой, согласно прекрасному определению В. Макдональда (MacDonald, 1982), одно из важнейших сочленений городского каркаса Пальмиры. Современное состояние руин, возможность взгляда на колоннады извне и обзора Арки со всех сторон препятствуют осознанию важного обстоятельства: Арки как отдельно стоящего сооружения, по сути дела, никогда не существовало. Триумфальная Арка – неотъемлемая часть архитектуры колонной улицы, поэтому рассматривать ее можно только совместно с примыкающими частями крытых колоннад (рис. 8).

Назначение Арки принято описывать как маскирующее излом Виа Магна. Нам представляется, что Триумфальная Арка не маскирует, а наоборот, маркирует, обозначает и градостроительно оформляет меняющееся направление колонной улицы. Еще более важной является вторая градостроительная функция Арки, которую обычно не принимают во внимание. Виа Магна, главная колонная улица Пальмиры, на всем своем протяжении от Погребального храма до Триумфальной Арки сохраняет единую ширину, а после Арки, в направлении пропилеев храма Бэла, становится вдвое шире, ее характер резко меняется, приобретая более крупный и торжественный облик. Арка своей архитектурой виртуозно подчеркивает этот переход из одного масштаба в другой.

С северо-западной стороны проезжей открытой части Арка воспринимается однопролетной – виден только центральный арочный проем, верхняя часть обрамляющих его больших коринфских пилястров, антаблемент, фронтон и аттик, а боковые части закрыты смыкающимися в перспективном сокращении колоннадами (рис. 9). Малые арки видны только по отдельности, из боковых проходов, замыкая перспективу пространства крытых колоннад. В то же время с юго-восточной стороны, где улица резко расширяется

to the carved surface of the pilaster, with the cornice cutting the pilaster almost entirely under the column capital. The same technique was repeated along the edges of the southeast façade where the colonnade order semi-columns are superimposed on the large pilasters in exactly the same way and with almost the same displacement. The pilasters of all the three sizes are consistently superimposed on each other at the ends of the Arch. Another manifestation of the collaging and overlaying approach is the fact that the central arch architrave on both façades cuts the lower fascia of the giant order architrave. The possibility of such combinations should evidently be considered for reconstructing lost parts of the monument.

From the urban perspective, the Triumphal Arch, according to a splendid definition of W. MacDonald (1982), provides one of the most important arch and lintel systems of Palmira's urban armature. The current condition of the ruins and the opportunity to view the Arch from outside and from each side impede the realization of an important circumstance: essentially, the Arch never existed as a standalone structure. The Triumphal Arch is part and parcel of the colonnade street's architecture, that is why it can be only viewed jointly with the adjoining parts of covered colonnades (Fig. 8).

It has been traditionally alleged that the Arch serves to mask a break in Via Magna. We believe that the Triumphal Arch does not mask, but on the contrary, marks, defines and complements the changing direction of the colonnaded street. Even more important is the Arch's second urban planning function, which is not commonly taken into account. Being the main colonnaded street in Palmira, Via Magna is uniformly wide throughout its extension, from the Funerary Temple up to the Triumphal Arch, and after the Arch, toward the propylaea of the Temple of Bel, it is twice as wide, with its nature abruptly changing to provide it with a larger and solemn look. The Arch's architecture virtuosically underlines this transition from one scale to another.

From the northwestern side of the open carriageway, the Arch appears to be a single-bay structure – one can only see the central archway, upper part of the large Corinthian pilasters that frame it, entablature, pediment and attic, while the lateral parts are closed by colonnades occluding in a foreshorten way (Fig. 9). The smaller arches can only be seen separately, from side passages, and close the perspective of the space of covered colonnades. However, from southeast, where the street abruptly broadens in its solemn part, the colonnades are extended to reach the edges of the Arch's, and the entire classical-style pompous

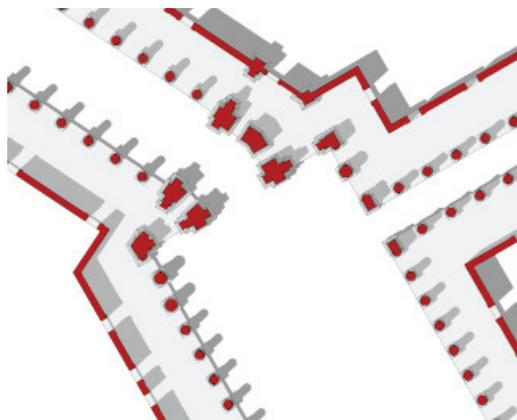


Рис. 8. План Арки и прилегающих участков колонных улиц
Fig. 8. Plan of the Arch and adjacent sections of the colonnaded streets

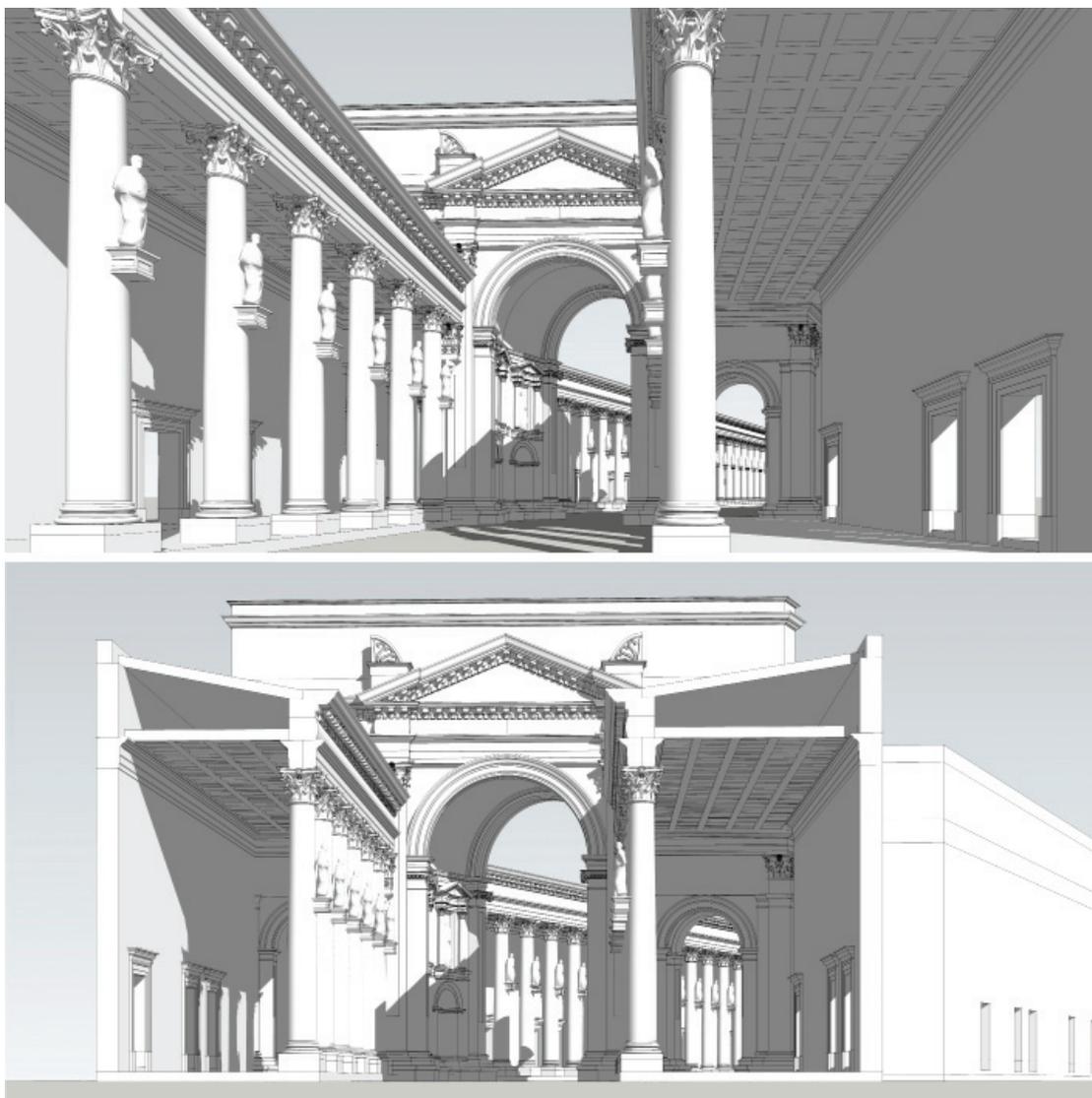


Рис. 9. Реконструкция вида на северо-западный фасад Триумфальной Арки. Снимки с рабочей трехмерной модели
Fig. 9. Reconstruction of the view of the northwestern facade of the Arc de Triomphe. Pictures from the 3D-model

в своей торжественной части, колоннады раздвигаются до краев Арки и вся парадная классическая композиция трехпролетной арки оказывается открыта для обозрения (рис. 10).

Это изменение масштаба и открытости мастерски подчеркивается использованием ордера. Если на север-западном фасаде арки мы воспринимаем малые пилястры, несущие архитравы над боковыми арками, видим более крупные капители-кронштейны и пилястры вместе с колоннами ордера колоннады, а выше них только верх двух пилястр и антаблемент большого ордера с фронтоном, то при переходе через торцы Арки пилястры большого ордера последовательно освобождаются от наложения элементов меньших ордеров. Весь парадный, юго-восточный фасад Арки артикулирован только большим ордерам. Огромный масштаб его орнаментированных пилястр подчеркивается вчетверо меньшими колонками эдикул, которые расположены над осями боковых арок. Еще одним звеном, связывающим всю композицию воедино, являются импосты центральных арок обоих фасадов, трактованные как архитравы, поддерживаемые ионическими пилястрами, близкими по высоте ордеру колоннад. В этом описании мы опирались только на те элементы архитектуры Арки, которые сохранились в достаточной степени⁷, чтобы их облик был ясен априори.

Переходя теперь к описанию предлагаемой реконструкции, начнем с северо-западной стороны. Нижние части фасада и архивольты всех трех арок хорошо сохранились, их первоначальный облик вполне определен, как и антаблемент большого ордера. Что касается фронтона и аттика, то новый тщательный обмер всех четырех сохранившихся угловых камней (рис. 11) позволил точно определить, какие из них относятся к северо-западному фасаду, а какие к юго-восточному, поскольку разная глубина их креповки соответствует разной конфигурации пилястр – те, что на открытом юго-восточном фасаде, сильнее выступают от плоскости стены. При обмере всех четырех камней установлено, что угол подъема фронтонов составляет 22,5 градусов⁸. Тем самым надежно определяется отметка верха фронтонов. Поскольку каких-либо остатков, которые можно было бы отнести к аттику, не сохранилось, его размер и конфигурация могут быть определены только условно, по аналогам. Минимально возможная высота аттика определяется положением вершины фронтона, а само наличие

composition of the three-bay arch is thus exposed for view (Fig. 10). This change in the scale and exposure is masterfully underlined through the use of orders. If in the northwest façade of the Arch we can see smaller pilasters carrying the architraves over the lateral arches as well as larger bracket capitals and pilasters, and above them only the tops of two pilasters and the giant order entablature with pediment, then at the point of transition through the ends of the Arch the giant order pilasters are gradually rid of the superimposition of smaller order elements. The whole of the gala southeast façade of the Arch is only articulated by the giant order. The huge scale of its ornamented pilasters is underlined by the four times smaller aedicula columns situated above lateral arch axes. Another link connecting the whole composition together is the imposts of the central arches at both façades that are interpreted as architraves supported by Ionic order pilasters that by their height are similar to the order of the colonnades. In this description we were based only on those architectural elements of the Arch, which were preserved to the extent⁷ necessary for their appearance to be clear a priori.

Moving now to the description of the proposed reconstruction, we will start with the northwestern side. The lower parts of the façade and archivolt of all the three arches have been well preserved, their original look is quite definite as well as the giant order entablature. As for the pediment and the attic, the latest scrupulous measurement of all the four surviving edge stones (Fig. 11), has allowed to accurately determine which of them are related to the northwest façade or the southeast façade because the differing depth of their column sides corresponds to the differing configuration of the pilasters, however those situated at the open southeast façade project from the wall surface to a greater extent. The measurement of all the four edge stones showed that the pediment elevation angle is 22.5 degrees⁸. Thus the elevation of pediment tops can be reliably determined. Given that no remnants that could be attributed to the attic have survived, the attic dimensions and configuration can only be determined conventionally, based on similar elements. The minimal possible height of the attic is determined by the position of pediment top, while the very need for the attic is due to the nature of the rear parts of edge pediment blocks which show that they were built into the masonry with horizontal seams. The same blocks allow to confidently state

⁷ Здесь и далее, говоря о сохранившихся частях Арки, мы имеем в виду состояние памятника до разрушения 2015 г.

⁸ Угол этот составляет 22,5 градусов, то есть четверть прямого угла, и получается простейшим построением.

⁷ Henceforward, when mentioning the preserved parts of the Arch we refer to the condition of the monument before its destruction in 2015.

⁸ The angle is 22.5 degrees i.e. one quarter of a right angle, and is quite easily built.



Рис. 10. Реконструкция вида на юго-восточный фасад Триумфальной Арки. Снимки с рабочей трехмерной модели
Fig. 10. Reconstruction of the view of the southeastern facade of the Arc de Triomphe. Pictures from the 3D model

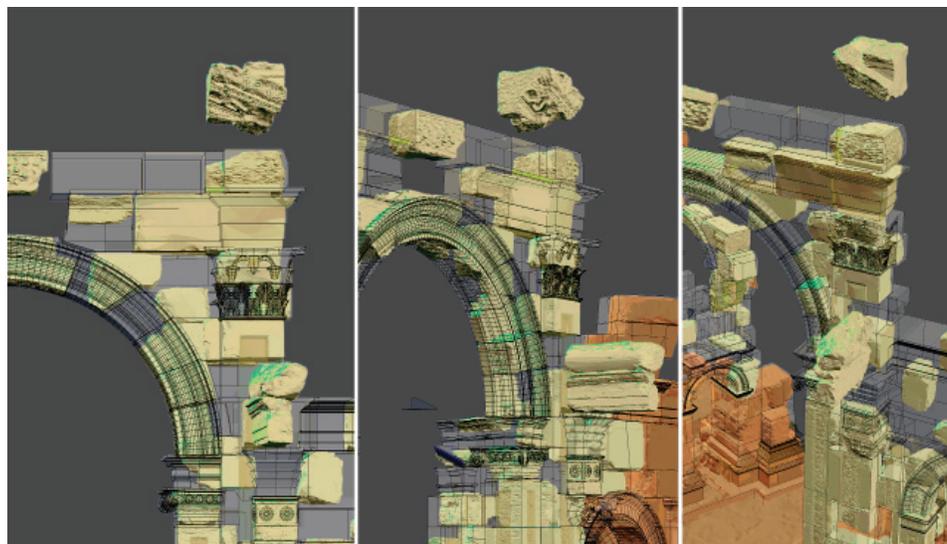


Рис. 11. Сканированный карнизный блок угла северо-западного фронтона, виртуально поднятый на свою оригинальную позицию. Снимки с рабочей трехмерной модели
Fig. 11. Scanned cornice block of the corner of the northwest pediment, virtually raised to its original position. Pictures from the 3D model

аттика следует из характера тыльных частей угловых фронтонных блоков, показывающих, что они были встроены в кладку с горизонтальными швами. По этим же блокам можно уверенно говорить о том, что наклонные части фронтона тоже были раскрепованы, и что на углах фронтона находились акротерии, поскольку все четыре блока содержат площадки под установку акротериев с выемками для металлических штифтов, на которых акротерии должны были держаться.

Реконструкция утраченных боковых частей северо-западного фасада возможна только в связке с определением устройства верхней части примыкающих колоннад. Сами колоннады и их антаблемент хорошо сохранились. Тыльная сплошная стена пешеходных проходов западной стороны, как и характер обхода западного торца Арки, достаточно надежно определяется в сохранившихся фундаментах и нижних рядах блоков. Устройство перекрытия боковых проходов может быть реконструировано следующим образом: кровля была скатной в сторону центральной дороги – об этом свидетельствует наличие желоба для стока воды в карнизных блоках антаблемента и выходящих из него отверстий для стока воды. Они частично разрушены, но вполне читаются, в одном месте целиком сохранился водомет в виде головы льва. Угол уклона кровли можно установить только предположительно. Уклон верхних плоскостей карнизных блоков колоннады составляет приблизительно 10 градусов, если принять его за основу, конек оказывается как раз под низом архитрава большого ордера арки. Судя по отсутствию на всем протяжении колонных улиц Пальмиры каких-либо остатков керамической черепицы, можно предположить, что покрытие кровли было устроено в виде стяжки и затирки глинисто-известковым раствором по дощатому настилу. Ниже, опираясь на верх архитрава, вероятно, находился кессонированный деревянный потолок, о чем свидетельствует сохраняющаяся на всем протяжении колонной улицы чистая обработка этой внутренней стороны архитрава, в то время как тыльные стороны блоков фриза и карниза, отступающие внутрь, имеют следы только первичной, грубой обработки и явно не были предназначены для обозрения. Наличие такого кессонированного потолка важно для определения внешнего облика стены выше отметки верха архитрава. Кессонированный потолок, опираясь на верхний выступ архитрава, закрывал то место, где в ином случае должен был бы находиться поворачивающий на плоскость стены фриз и карниз колоннады. Вся поверхность стены между верхом архитрава колоннады и низом архитрава большого ордера, видимо, была просто отесанной плоскостью, местом примыкания ската кровли, скрытым за кессонированным потолком. Отсутствие

that the inclined parts of the pediment were also segmental, with acroterions located at the pediment corners since all the four blocks are provided with pedestals to install acroterions with slots for metal pins for fastening the acroterions.

Reconstruction of the lost lateral parts of the north-west façade is only possible if the structure of adjoining colonnades is determined. The colonnades and their entablatures themselves are well preserved. The rear through wall of pedestrian passages at the western side as well as the nature of bypassing the western end of the Arch are reliably enough identified in the surviving foundations and lower rows of the blocks. The roof structure of side passage can be reconstructed as follows: the roof was inclined towards the central road as shown by the presence of a water drain notch in the cornice blocks of the entablature and water drain holes coming out from it. They are partially destroyed but are pretty easy to reconstruct, with a lion-head waterjet wholly preserved in one place. The roof inclination angle can only be assumed. The inclination of the upper surfaces of colonnade cornice blocks is estimated at 10 degrees so, according to this assumption, the gable is situated right under the bottom of the architrave of the giant order of the arch. As it follows from the absence of any remnants of ceramic roof tiles all along the colonnaded streets in Palmira, it can be assumed that a screed cover and float finish with calcareous clay solution over wooden flooring were used for roofing. Below, supported by the architrave top, a coffered wooden ceiling was probably located as testified by the clean finish of this inner side of the architrave preserved all along the colonnaded street, while the rear sides of the frieze and cornice blocks retreating to the inside have traces of only primary, rough finishing, and were clearly not intended for viewing. The existence of such coffered ceiling is important for determining the wall's external appearance above the architrave elevation mark. The coffered ceiling supported by the upper corbel of the architrave covered the place where otherwise the colonnade cornice and frieze spinning to the wall surface could have been placed. All the surface of the wall between the top of the colonnade architrave and the bottom of the giant order architrave was merely hewn plane, the place adjacent to the roof slope behind the coffered ceiling. The absence of any traces of architrave projecting above the colonnade order pilaster situated on the western edge of the façade is yet another confirmation of the fact that the rear side of the covered side passage bypassed the Arch from this side and did not adjoin it. It is also quite likely that the giant order corner pilasters did not have any capitals or were cut out in rough since it is highly likely that the roof slope line crossed them.

признаков выпуска архитрава над пилястром ордера колоннады, расположенном на западном краю фасада, дополнительно подтверждает, что тыльная стена крытого бокового прохода с этой стороны обходила Арку, не соединяясь с ней. Также вполне возможно, что у угловых пилястр большого ордера капители отсутствовали или были вытесаны вчерне, потому что с большой долей вероятности линия уклона кровли их пересекала. Противоположный край фасада, утраченный и частично воссозданный Ами, вероятно, был устроен так же, за исключением характера примыкания тыльной стены бокового прохода, к чему мы вернемся ниже.

Что касается юго-восточного фасада арки, выходящего в сторону пропилеев храма Бэла, его структура в целом достаточно надежно определяется по сохранившимся частям. Антаблемент, фронтоны и аттик реконструируются так же, как и на северо-западном фасаде. Уточнения требует устройство эдикул, расположенных над серединами малых арочных проемов. Подобные эдикулы или сирийские ниши, как их иногда называют, характерны для архитектуры Востока Римской империи и для архитектуры Пальмиры в особенности, где встречаются во множестве⁹. Эдикулы состоят из консольных выступов, на которых расположены отдельно стоящие небольшие коринфские колонны, обрамляющие нишу для статуи и поддерживающие раскрепованный антаблемент с фронтоном. Три таких эдикулы чуть меньшего размера и лучше сохранившиеся, находятся по сторонам центрального арочного пролета, над малыми поперечными арками. Общая структура эдикул юго-восточного фасада восстанавливается довольно уверенно, поскольку сохранилась одна из консолей, несшая коринфскую колонну, а также нижняя часть пилястра, образующего край ниши. Конфигурацию антаблемента и фронтона можно принять подобной соответствующим частям эдикул центрального пролета, одна из которых сохранилась на месте. Что касается уровня расположения фронтона эдикулы, определить его можно, предположив, что фронтон, по аналогии с архивольтами центральной арки, несколько врезался в нижнюю фасцию архитрава большого ордера, который проходил сверху. Выступающие нижние консоли своей шириной определяют ширину плинта базы и нижний диаметр колонн эдикул и тем самым их высоту. Высота эта наша неожиданное подтверждение, точно совпав с отметкой выреза в каменном блоке, устроенного для монтажа антаблемента эдикулы. Уже после этих отчасти умозрительных построений на территории лапидария Ами был обнаружен обломленный с обоих

⁹ Вне Пальмиры наиболее близки по характеру и положению в структуре композиции эдикулы над боковыми проемами арки Адриана в Герасе.

The opposite edge of the façade that had been lost and then partly reconstructed by Amy, probably had the same structure save for the nature of its adjoining to the rear wall of the side passage, which we will discuss later.

As for the Arch's southeast façade overlooking the propylaea of the Temple of Bel, its structure can be quite reliably determined using the preserved elements. The entablature, pediment and attic can be reconstructed similarly to the northwest facade. Updates are required for the structure of the aediculae placed above the middles of smaller archways. Such aediculae or Syrian niches as they are sometimes referred to, are typical of the architecture of the east of the Roman Empire as well as the architecture of Palmira, particularly, where they are found in quantities⁹. The aediculas consist of corbel tables accommodating small standalone Corinthian columns that frame the statue niche and support the pilaster sided entablature with a pediment. Three of such aediculas of slightly smaller size and better preserved are located on the sides of the central arch bay, over the smaller transverse arches. The general structure of southeast façade aediculas can be reconstructed quite confidently since one of the Corinthian column-supporting brackets as well as the lower part of the pilaster at the niche edge were preserved. The configuration of the entablature and pediment can be assumed as similar to the corresponding parts of the central bay aediculae, with one of them retained in its place. As for the level of the aedicula pediment, it can be determined, on the assumption that the pediment, similarly to the central arch archivolt, was slightly cut into the lower fascia of the giant order architrave that passed above it. The width of the projecting lower brackets determines the width of the plinth base and the lower diameter of aedicula columns, thus determining their height. The height was unexpectedly confirmed by the fact that it exactly matched the elevation mark of the height drop stone block in the provided for mounting the entablature aediculas. Following these somewhat tentative assumptions, a fluted column shaft that was broken from both ends was discovered within Amy's lapidary, with the shaft diameter exceeding the hypothetically reconstructed shaft by only one centimeter¹⁰.

The structure of colonnades adjoining the edges of the southeast façade requires a thorough discussion. The previous reconstructions never took into account the structure of the adjoining of main street colonnades

⁹ Outside of Palmyra, the most similar by their type and position in the composition structure are the aediculas over lateral archways of the Hadrian's Arch in Gerasa.

концов каннелированной ствол колонны, диаметр которого лишь на сантиметр превышает тот, который получился при гипотетической реконструкции¹⁰.

Тщательного рассмотрения требует устройство примыкания колоннад к краям юго-восточного фасада. В предыдущих реконструкциях ни разу не принимался во внимание характер присоединения колоннад главной улицы к краям юго-восточного фасада. Колоннады приходят к крайним пилястрам большого ордера, примыкая к ним полуколоннами, которые наложены на стволы пилястр со смещением. Смещение осей колоннад относительно пилястр большого ордера одинаковое на обоих фасадах, что исключает случайную неточность и показывает, что это сознательное использование упоминаемого выше принципа коллажа. Если оси колоннад в целом сдвинуты от оси пилястр наружу, то первые колонны по обеим сторонам юго-восточного фасада арки выступают внутрь из этого ряда и выровнены по осям пилястр большого ордера Арки. Их сохранившиеся базы H и L существенно больше по размеру и по нижнему диаметру колонн, чем все остальные базы этой колоннады. Точный натурный обмер показал, что профиль и размер баз, а следовательно, и нижний диаметр стволов этих колонн, идентичны соответствующим параметрам четырех колонн экседры, расположенной в семидесяти метрах к юго-востоку и встроенной в колоннаду западной стороны широкого отрезка Виа Магна, идущего к пропилеям храма Бэла. Более того, высота баз, стволов, капителей, архитрава и фриза экседры оказалась практически точно совпадающей с высотой соответствующих элементов большого ордера арки¹¹. Это означает, что две отдельно стоящие колонны в зоне примыкания колоннад к юго-восточному фасаду являлись частью большого ордера Арки, будучи одновременно идентичными колоннам экседры. Более того, расстояние между осями всех четырех колонн экседры практически в точности

to southeast façade edges. Colonnades go to the extreme pilasters of the giant order adjoining them by means of semi-columns superimposed on pilaster shafts with a deviation. The deviation of colonnade axes from the giant order pilaster is equal for both façades, which excludes the chance of accidental inaccuracy and shows that it is due to deliberate use of the collaging principle described above. If the colonnade axes as a whole deviate from the pilaster axis towards the outside, then the first columns on both sides of the southeast façade arch project to the inside from this row and are aligned along the axes of the giant order pilasters of the Arch. Their surviving H and L bases are considerably bigger by column size and lower diameter than all the other bases of this colonnade. An accurate field measurement showed that the base profile and size, and consequently the lower diameter of the shafts of these columns, are identical to the existing parameters of the four columns of the exedra located 70 m to the southeast and built into the colonnade of the western side of the wide part of Via Magna leading to the propylaea of the Temple of Bel. Moreover, the height of bases, shafts, capitals, architrave and frieze of the exedra proved to practically coincide with the height of the corresponding elements of the Arch's giant order¹¹, which means that two standalone columns at the junction of the colonnades and the southeast façade used to be part of the Arch's giant order being at the same time identical to the exedra columns. Even more than that, the distance between the axes of all the four exedra columns coincides with the distance between the pilaster axes at the southeast façade of the Triumphal Arch (Fig. 12). Hence it follows that both the Triumphal Arch and the exedra, as well as apparently the broadened part of Via Magna leading towards the propylaea of the Temple of Bel, were designed as a single-piece composition to the extent that it was most probably built over the same construction period as testified, in particular, by the nature of the ornaments of the Arch's and exedra friezes that are

¹⁰ Гипотетическая высота колонн эдикул составляет около 340 см, что означает нижний диаметр ствола не менее 34 см, а более вероятно около 37 см, поскольку для таких маленьких размеров колонн коринфского ордера более характерно соотношение нижнего диаметра к высоте не 1:10, а 1:9 или 1:8,5. Диаметр найденного в лапидарии каннелированного ствола 38,5 см.

¹¹ С целью сохранения исторической преемственности и недопущения путаницы в обозначениях было принято решение об использовании наименования пилонов, разработанное Р. Ами. Для удобства фиксации пилонов, расположенному между пилонами А и F, присвоено наименование А/F; пилонов, расположенному между пилонами С и G, было присвоено наименование С/G (см. статью Соловьевой и Соловьева в настоящем сборнике).

¹⁰ Hypothetically the height of aedicula columns is approx. 340 cm, which means that the lower diameter of the shaft is at least 34 cm, and more likely approx. 37 cm because it is more typical of Corinthian order columns of such a small size that the ratio between the lower diameter and the height is 1:9 or 1:8.5 rather than 1:10. The diameter of the fluted shaft found in the lapidary is 38.5 cm.

¹¹ To preserve historical continuity and avoid confusion in designations it was decided to use pillar names as assigned by R. Amy. For convenient documentation, the pillar located between pillars A and F was designated A/F; the pillar located between pillars C and G, was designated C/G (see the article by Soloveva, Solovyev in this issue).

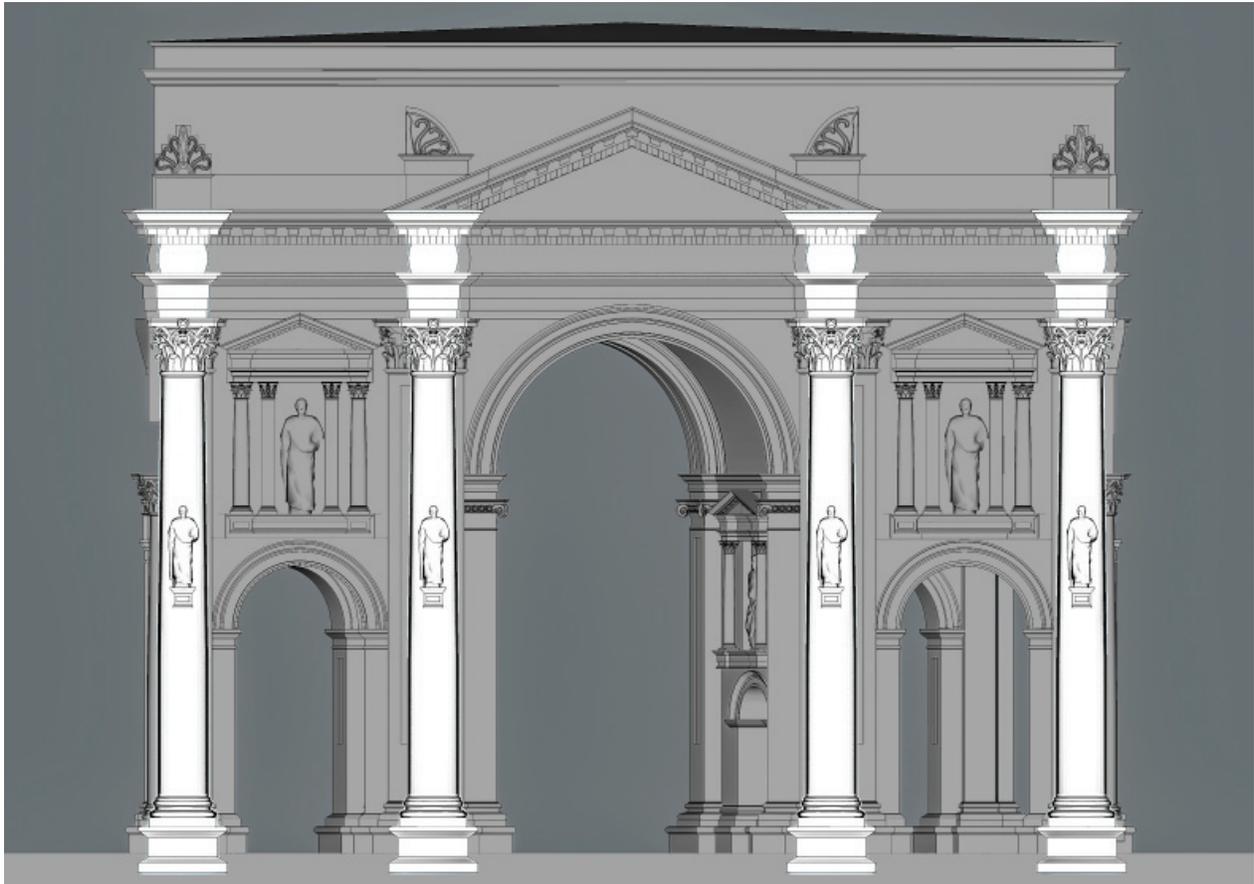


Рис. 12. Совмещенный вид колонн экседры и юго-восточного фасада Арки
 Fig. 12. Combined view of the columns of the exedra and the southeast facade of the Arch

повторяет расстояние между осями пилястр на юго-восточном фасаде Триумфальной Арки (рис. 12). Отсюда следует, что и Триумфальная Арка, и экседра, и, видимо, вся расширенная часть Виа Магна, идущая в сторону пропилеев храма Бэла, проектировалась как единая композиция и даже возводилась, скорее всего, в рамках одного строительного периода. В пользу последнего свидетельствует, в частности, идентичный, совпадающий не только в рисунке, но и в манере резьбы характер орнамента фризов ордера Арки и экседры.

В лапидарии Ами были найдены три фрагмента от двух коринфских капителей, полностью соответствующие по размерам, очертаниям и трактовке акантовых листьев как капителям колонн экседры, так и капителям пилястр большого ордера Арки и, очевидно, принадлежащие двум вышеупомянутым колоннам (рис 13). Перечисленные соображения позволяют предположить, что эти колонны составляли единую композицию с юго-восточным фасадом Арки и соединялись с ней отрезками антаблемента над капителями крайних пилястр большого ордера.

identical not only by the pattern but also by the carving manner. Three fragments of two Corinthian capitals were found in Amy's lapidary. By the size, shape and interpretation of acanthus leaves they fully conform both to the exedra column capitals and giant order pilaster capitals of the Arch, and evidently belong to the two columns mentioned above (Fig. 13). The above listed consideration makes it possible to suppose that the columns form an aggregated composition with the southeast façade of the Arch and were adjoined to it with stretches of the entablature above the capitals of the extreme pilasters of the giant order.

The colonnade entablature, in its turn, was also meant to adjoin the façade and to be supported by a semi-column projecting from the edge of the Arch with a giant order pilaster in the background. It follows that the entablature cut into the shaft of a higher column from two sides. Such solutions were not something untypical of Palmyra, taking into account the earlier mentioned manner to combine order forms through their collage-type, almost mechanical superimposition on each other. We can see such combinations, for instance, in the temenos of the Temple of Bel that



Рис. 13. Части двух круглых коринфских капителей, идентичных по размерам капителям колонн экседры и пилястр большого ордера Арки

Fig. 13. Parts of two round Corinthian capitals, identical in size to the capitals of the exedra columns and pilasters of the large Arch order

Антаблемент колоннады, в свою очередь, тоже должен был примыкать к фасаду и опираться на полуколонну, выступающую от края Арки на фоне пилястры большого ордера. Получается, что антаблемент врезался с двух сторон в ствол более высокой колонны. Такие решения для Пальмиры не являются чем-то необычным, в связи с уже упомянутой выше манерой сочетать ордерные формы путем их коллажного, почти механического наложения друг на друга. Подобные сочленения разновысоких колоннад мы видим, например, в теменосе храма Бэла, который, вероятно, был закончен незадолго до начала работ по проектированию и строительству широкой части Виа Магна и Триумфальной Арки. В тех частях, где пониженная колоннада трех сторон теменоса примыкает к более крупной колоннаде входной стороны, антаблемент меньшей колоннады своим торцом механически врезается в ствол более высокой колоны (рис. 14).

Подобные же узлы встречаются несколько раз на протяжении Виа Магна к северу от Триумфальной Арки. Для сочетания антаблемента более низкой колоннады и высокой колонны там применяется характерный только для Пальмиры прием, когда барабан высокой колонны на той отметке, где примыкает антаблемент, с одной стороны оставлен гладким, а остальная его поверхность обработана в виде сочетания элементов коринфской капители с выступающей консолью. Некоторое количество подобных блоков сохранилось *in situ*, еще несколько – на поверхности. Это композиционное решение разбирает Виганд, когда говорит о лагере Диоклетиана в западной части города (Wiegand, 1932. P. 92–94). Вероятно, в нашем случае на высоте, соответствующей капителям колонн колоннады, барабаны ствола больших колонн тоже имели подобный вид. Дополнительную информацию

was probably completed shortly before the start of design and construction works in the broadened part of Via Magna and at the Triumphal Arch. Where the lower colonnade of three temenos sides adjoins the larger colonnade of the entrance side, the smaller colonnade entablature cuts mechanically into the shaft of the higher column with its end (Fig. 14).

Similar node points are encountered several times along Via Magna to the north of the Triumphal Arch. To combine the entablature of a lower column and a higher column, a technique is used that is only typical of Palmyra, whereby the higher column drum at the elevation of the junction with the entablature was left smooth, with its other surface finished as a combination of elements of Corinthian end cap with a projecting bracket. A certain quantity of such blocks was preserved *in situ*, and several other blocks – on the surface. This composition solution is discussed by T. Wiegand when describing the Camp of Diocletian in the western part of the city (Wiegand, 1932. P. 92–94). In our case, probably at the height corresponding to the column capitals of the colonnade, the shaft drums of larger columns also looked similarly. Additional information regarding the adjoining of colonnades to the Arch is provided by the special features of the well preserved giant order pilaster at the westmost tip of the southeast façade. The lower of the two blocks of its capital has been preserved in its original location. Acanthi were cut only on a quarter of the width of the capital, and its other portion has a neatly hewn surface, which evidently testifies that there used to be a junction in that place.

The colonnade entablature top is located at the level of the neck of the pilaster capital. The horizontal gap between this top and the lower surface of the giant



Рис. 14. Композиция примыкания колоннады к краю юго-восточного фасада. Снимок с рабочей трехмерной модели. Сочленение разновысоких колоннад теменоса храма Бэла. Капитель-консоль с северной части Via Magna. Капитель-консоль на стволе колонны (Wiegand, 1932. P. 92–94)

Fig. 14. Composition of the colonnade adjoining to the edge of the southeastern facade. A snapshot from the 3D-model. Conjunction of different height colonnades of the temenos of the Temple of Bel. Console capital from the northern part of the Via Magna. Console capital on a column shaft (Wiegand, 1932. P. 92–94)

о присоединении колоннад к Арке дают особенности хорошо сохранившегося пилястра большого ордера в западной оконечности юго-восточного фасада. Нижний из двух блоков его капители находится на своем месте. Аканты высечены только на четверти ширины капители, остальная часть – чисто отесанная плоскость. Это очевидным образом свидетельствует, что в этом месте было примыкание.

Верх антаблемента колоннады приходился на уровень шейки капители пилястры. Горизонтальный промежуток между этим верхом и нижней плоскостью архитрава большого ордера, соединяющего пилястр и колонну, равен капители по высоте. Если мы предположим, что этот промежуток был закрыт каменной

order architrave connecting the pilaster and the column is equal to the capital by its height. Assuming that the gap used to be covered with a stone slab, this could fully describe the absence of carving and the existence of a flat deck on the pilaster capital. Exactly the same applies to the space between the impediment cornice of the Temple of Bel and the architrave lying above where the vertical infilling slab was preserved *in situ* (Fig. 15).

The colonnade adjacent to the southeast façade was not basically preserved because a modern road was laid there. But right after a large standalone column are two square Corinthian pillars, I and K, with opposite-direction semi-columns. A similar



Рис. 15. Вертикальная плита заполнения в пространстве между карнизом портала храма Бэла и вышележащим архитравом. Фото с натуры

Fig. 15. Vertical slab of filling in the space between the cornice of the portal of the temple of Bel and the overlying architrave. Photo from nature

плитой, это полностью объяснило бы отсутствие резьбы и плоскую площадку на капители пилястры. Точно так же заполнено пространство между карнизом портала храма Бэла и вышележащим архитравом, где вертикальная плита заполнения сохранилась *in situ* (рис. 15).

Колоннада, примыкающая к юго-восточному фасаду с его восточного края, практически не сохранилась, поскольку в этом месте проложена современная дорога. Но сразу же после большой отдельно стоящей колонны находятся два квадратных коринфских пилона I и K, с направленными во внешние стороны полуколоннами. Подобным образом в Пальмире оформляются участки колоннад Виа Магна в местах их пересечения с малыми поперечными улицами. И действительно, поперечную улицу можно проследить на северо-восток вплоть до находящихся в пятистах семидесяти метрах городских ворот. Эта улица, вероятно, существовала раньше, чем были предприняты работы по устройству расширенного сегмента Виа Магна от Триумфальной Арки к пропилеям храма Бэла. В пользу этого предположения свидетельствует то, что на юго-западной стороне, за тротуаром колонной улицы, прослеживается ее старое направление, которое

pattern is used in Palmyra to decorate sections of colonnades at Via Magna at their junctions with smaller transverse streets. Indeed, a transverse street can be traced towards the northeast up to the city gate located 570 m away. The street probably existed before works started to broaden a segment of Via Magna from the Triumphal Arch to the propylaea of the Temple of Bel. This assumption is confirmed by the fact that the original direction preserved between the shops adjacent to the end of the covered side passage can be traced on the southwestern side, beyond the footway of the colonnaded street. Where the street adjoins Via Magna at a sharp angle, there is a big opening in the rear wall of the colonnade but the column rhythm remains unchanged. On the opposite side, to the northeast of Via Magna the street is of a more solemn nature, featuring covered colonnades, fragments of which were discovered and restored at one of its sections. To be able to reach perpendicularly to the newly built stretch of Via Magna, it should have been necessary to make a bent fracture or, less likely, a smooth turning at the axis of the side street. Today the place of this bent fracture can only be roughly estimated as 15 to 20 m away from the pillars, on the opposite side of the modern road.

сохранено между лавками, примыкающими к торцу крытого бокового прохода. Там, где она под острым углом примыкает к Виа Магна, в тыльной стене колоннады проделан большой проем, но ритм колонн остается неизменным. На противоположной стороне, к северо-востоку от Виа Магна эта улица приобрела более торжественный характер, с устройством крытых колоннад, фрагменты которых выявлены и реставрированы на одном из ее участков. Для того, чтобы подойти перпендикулярно к вновь возводимому отрезку Виа Магна, у оси боковой улицы должен был быть сделан излом или, что менее вероятно, плавный поворот. Место этого излома сейчас можно определить лишь ориентировочно, в пятнадцати-двадцати метрах от пилонов, по другую сторону современной дороги. Расстояние между пилонами слишком мало для того, чтобы там была перекинута арка. В тех случаях, когда присоединение боковых улиц к главной улице происходило через арочный проем, как правило, эти пилоны были расставлены гораздо шире. Обращенные друг к другу поверхности пилонов гладко отесаны и не имеют следов примыкания импостов арки. Возможны две ситуации: или антаблемент колоннады в этом месте прерывался, или между этими квадратными пилонами был проложен антаблемент с большим пролетом, чем в нормальных интерколумниях колонной улицы. Мы склоняемся ко второму варианту, поскольку такой пролет архитравов – более четырех метров – в Пальмире встречается, например, в углах темноса храма Бэла (Wiegand, 1932. Tab. 94), а включение расширенных интерколумниев в структуру колоннад можно наблюдать в нескольких зонах колонных улиц Пальмиры.

Говоря об объемно-пространственном решении верхней части Триумфальной Арки в целом и своде центрального арочного пролета в частности, следует прежде всего учесть, что ни свойственные античной Пальмире архитектурные конструкции, ни ажурный рисунок плана Арки, ни сечения ее пилонов не предполагают массивного бутобетонного заполнения верхней части арок, как это было распространено в конструкции классических триумфальных арок Рима, Италии и юга Франции. Следует обратить внимание на остатки перекрытия западной малой арки, где сохранились на своих местах три каменные плиты, образующие начало свода над арочным пролетом. Использование подобных каменных плит для пальмирской архитектуры очень характерно, начиная с перекрытий птерона храма Бэла (Seyrig *et al.*, 1975. Tab. 117). Сохранившиеся примеры такого рода можно увидеть, например, в центральной части перекрытий Погребального храма. На внутренней стороне стены северо-западного фасада Арки, над большой аркой можно увидеть, что в камнях над архивольтом сделана выборка примерно высотой 0,20–0,30 м.

The distance between the pillars is too small to span an arch there. Where side streets adjoined the main street via the archway, these pillars were typically spaced much wider. Pillar surfaces facing each other were neatly hewn and have no traces of adjoining arch imposts. Two scenarios seem possible: either the colonnade entablature was interrupted in this place, or the entablature constructed between these square pillars had a bay that was bigger than those used for normal intercolumniations of the colonnaded street. We tend to favor the second option since similar architrave bays in excess of 4 m are encountered in Palmyra, for instance at the temenos corners of the Temple of Bel (Wiegand, 1932. Tab. 94), and the use of broadened intercolumniations for colonnade structures can be found in several areas of Palmyra's colonnaded streets. With respect to the volumetric-spatial solution used for the upper part of the Triumphal Arch as a whole, and at the vault of the central arch bay, in particular, it should be primarily taken into account that neither the architectural structures typical of Palmyra, nor the bar tracery of the plan of the Arch, nor the cross sections of its pillars suggest a need for massive rubble concrete filling of the upper parts of the Arch, while it was widely spread for designing classical triumphal arches in Rome, Italy, and southern France.

Attention should be paid to the remains of the ceilings of the smaller west arch where three stone slabs survived forming the beginning of the vault over the arch bay. The use of such stone slabs is quite characteristic of Palmyra architecture, starting from the pteron ceilings in the Temple of Bel (Seyrig *et al.*, 1975. Tab. 117). The retained examples of such kind can be found, for instance, in the part of the ceiling in the Funerary Temple. Over a big arch, on the inner side of a wall at the northwest façade of the Arch, it can be seen that a hollow approx. 20–30 cm high was made in the stones over the archivolt. It can be confidently supposed that the hollow was made so that the ends of stone slabs forming the vault of the large arch bay could reach there and be supported by the archivolt projection.

The plan of the northeast support of the central arch shows a symmetrical bent fracture at 155 degrees, which allows to reconstruct the vault as consisting of two rows of stone slabs, with their opposite ends supported by cuts over the archivolts of the central arches of the northwest and southeast façades, and their converging sides are supported by each other, thus forming, in the cross section, something like a false vault of the type encountered as early as in ancient Egypt (Bianchini, 2010. P. 208). It should be noted that such vault structure allows significant savings

Можно уверенно предположить, что эта выборка была сделана, чтобы туда приходили и опирались на вынос архивольта торцы каменных плит, которые и составляли свод большого арочного пролета.

Северо-восточная опора центральной арки в плане имеет симметричный излом под углом 155 градусов. Это позволяет реконструировать свод как состоящий из двух рядов каменных плит, противоположные концы которого опираются на выемки над архивольтами центральных арок северо-западного и юго-восточного фасадов, а их стороны, сходящиеся вместе, опираются друг на друга, образуя в поперечном разрезе нечто вроде ложного свода того типа, какой встречался еще в Древнем Египте (Bianchini, 2010. P. 208). Важно отметить, что такая конструкция свода позволяет сильно сэкономить на устройстве кружал, поскольку плиты при укладке от пят к вершине свода начинают работать, как только они попарно установлены на место, и не требуют тяжелых кружал. Стремление архитекторов Арки сэкономить на кружалах хорошо заметно по тому, как специфически разрезаны клинчатые камни сохранившейся большой арки северо-западного фасада. Линии их швов не сходятся в геометрическом центре окружности арки, а более горизонтальны, точки их схождения расположены выше. Такого рода рисунок швов применяется для того, чтобы как можно больше камней арки опиралось друг на друга, и их можно было бы уложить на место без использования тяжелых кружал (Baranski, 2019. P. 4). Построение трехмерной модели описанной гипотетической конструкции свода Арки позволило продемонстрировать его геометрическую и конструктивную достоверность (рис. 16).

Приступить к реконструкции северо-восточного торца арки оказалось возможным только после проведенных археологических исследований (рис. 17), которые окончательно определили положение центрального пилона северо-восточного торца C/G¹² и общий ассиметричный характер этого торца. От центрального пилона C/G сохранился фундаментный блок с чисто отесанной верхней поверхностью, на которой сохранилась разметка плана лежащей выше части. Пользуясь случаем, нужно отметить, что наверху всех фундаментных камней Арки была нанесена разметка, в соответствии с которой верхние части и возводились. Следы этой разметки хорошо видны на сохранившихся пилонах. Центральный пилон северо-восточного торца арки C/G был

¹² То, что при одинаковой высоте ширина пилястры (124 см) несколько меньше нижнего диаметра круглой колонны (130 см) – распространенный в античности прием, частично компенсирующий утонение колонны и упрощавший тем самым устройство антаблемента.

when installing centerings since when laid from vault imposts to the top, the slabs start working as soon as they are installed in pairs laid in place, and they do not require heavy scaffoldings and centerings. The architects' striving to save on the centerings is easy to identify from the specific way in which the voussoirs are cut in the surviving large arch of the northwest façade. The lines of their seams do not converge in the geometric centre of the arch circle but are more horizontal, with their converging points located above. This kind of seam pattern is used to ensure that as many arch stones as possible support each other and can be laid in place without using heavy centerings (Baranski, 2019. P. 4). The creation of a 3D model of the described hypothetical design of the arch vault helped demonstrate its geometric and constructive credibility (Fig. 16).

The reconstruction of the northeast arch end only became feasible after completing archeological surveys (Fig. 17) which determined the final position of the central pillar of northeast end C/G¹² and the general asymmetrical structure of its end. From central pillar C/G, a foundation block survived, with a neatly cut upper surface which preserved the plan marking of the part lying above. It is worth mentioning here that marking was made on all of the arch foundation stones to erect the upper parts in accordance with it. Traces of the marking can be well seen on the preserved pillars. The central pillar of the northeast end of arch C/G was installed inversely in respect of pillar G, and between the central pillar and pillar C, a wall was erected, with its foundation preserved to this day. The cross sections of these pillars are not meant to support the vaulted ceiling.

On the side of pillar C facing pillar C/G, the small and middle order pilasters are superimposed on each other, and there are no traces of a wall or archway. Yet the sides of pillars G and C/G that face each other are very much alike, and are located only at a slightly shorter distance from each other than those placed near the pillar to complete the place where the side street passes through the colonnade in Via Magna. We assume that the archway between pillars G and C/G also had an architrave ceiling. In our opinion, the wall connecting pillars C and C/G could be provided with a rectangular portal similar to those formed by room entrances that were located behind a blind external wall of the side passage and has the same function. If on

¹² The fact that though the pilaster and column heights are the same the pilaster width (124 cm) is slightly less than the lower diameter of the round column (130 cm) is due to a technique that was widely spread in the ancient world to partially make up for the thinning of the column and thus to simplify the entablature structure.

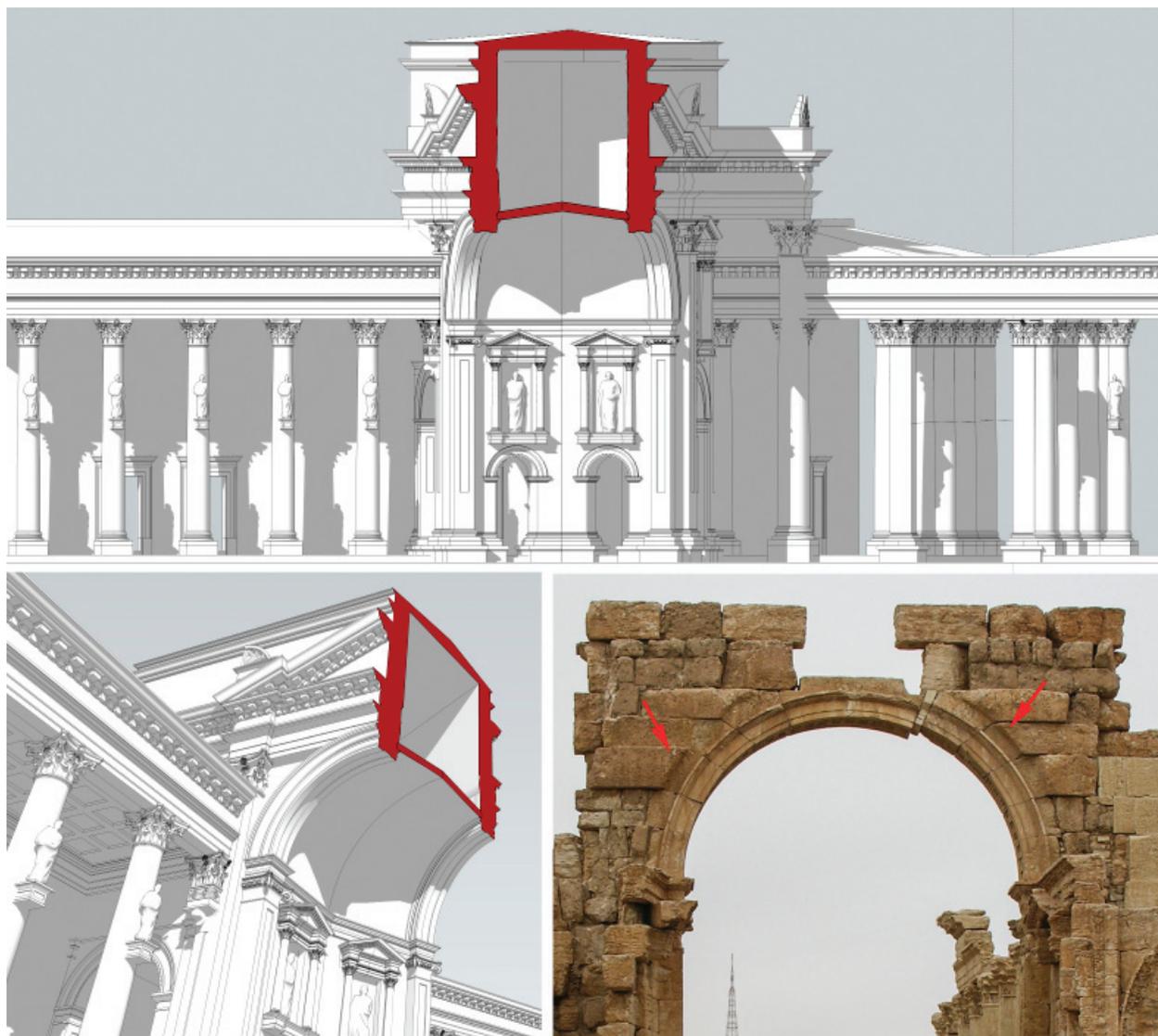


Рис. 16. Разрез посередине центрального пролета Арки. Снимки с рабочей трехмерной модели. Обратная сторона центральной арки северо-западного фасада, выше архивольта – выемки для плит свода арочного пролета. Фото с природы

Fig. 16. Section along the middle of the central span of the Arch. Pictures from the 3D model. Reverse side of the central arch of the northwestern façade, above the archivolt of the recess for the slabs of the arch span. Photo from nature

устроен зеркально относительно пилона G, а между центральным пилоном и пилоном С была возведена стена, фундамент которой сохранился. Сечения этих пилонов не предполагают опирания сводчатого перекрытия.

На стороне пилона С, обращенной в сторону пилона С/G, располагаются наложенные друг на друга пилястры малого и среднего ордера, и нет никаких следов стены или арочного проема. В то же время обращенные друг к другу стороны пилонов G и С/G очень похожи и находятся только на чуть меньшем

the southwest side of the Arch the covered portion of the colonnade bypassed its end, then from the opposite side the space itself of the northeast part of the Arch served as a continuation of the covered side passage of the colonnade (Fig. 18). From our viewpoint, this hypothesis is in line with the interpretation of the Triumphal Arch as an integral element for laying the colonnaded street, and well explains why the plan of its northeast portion loses symmetry.

Another difficult issue is the installation of a ceiling for the space over archways. No traces of a presumed

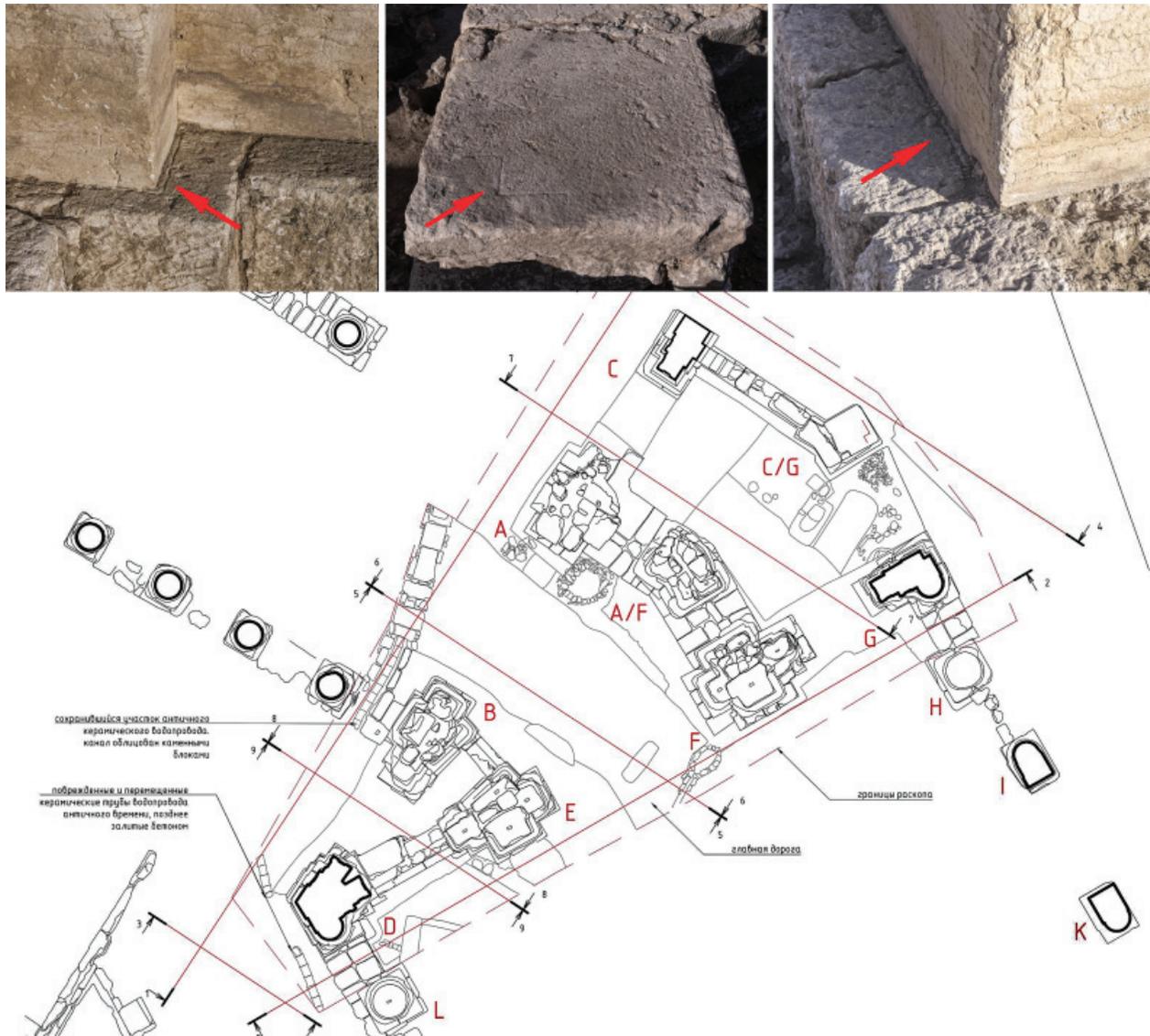


Рис. 17. План актуального состояния Арки с индексацией пилонов. Сохранившаяся разметка на верхних плоскостях фундаментных блоков пилонов D, C/G и F

Fig. 17. Plan of the current state of the Arch with indexing of pylons. Preserved markings on the upper planes of the foundation blocks of pylons D, C/G and F

расстоянии друг от друга, чем два расположенные неподалеку пилона, оформляющие место выхода боковой улицы сквозь колоннаду Виа Магна. Предполагаем, что проем между пилонами G и C/G так же имел архитравное перекрытие. В стене, соединявшей пилоны C и C/G, по нашему мнению, мог быть устроен прямоугольный портал, аналогичный тем, которые образовывали входы в помещения, располагавшиеся за глухой внешней стеной бокового прохода, и имевший ту же функцию. Если на юго-западной стороне Арки крытая часть колоннады обходила ее торец, то с противоположной стороны само пространство северо-восточной части Арки служило продолжением

vault can be seen there. The bays appear too big for the flat ceiling made of stone slabs. If we stick to the assumption that this portion of the Arch forms part of the covered footpath of the colonnaded street, then a wooden coffer ceiling could be installed similarly to the ceilings of covered side footpaths of the colonnade, and at the elevation. Taking into account the nature of the plan and the lack of massiveness of the pillars it appears possible that the Arch ceiling by the attic was also made by analogy to the lateral parts of colonnades using a coat of calcareous clay over wooden flooring. If perceived like this, the voluminous-spatial composition of the Arch helps understand why

крытого бокового прохода колоннады (рис 18). Такая гипотеза, на наш взгляд, согласуется с трактовкой Триумфальной Арки как неотъемлемого элемента устройства колонной улицы и хорошо объясняет, почему ее план в северо-восточной части теряет симметричный характер.

Сложным вопросом является устройство перекрытия пространства над арочными проходами. Никаких признаков возможного свода здесь не наблюдается. Для плоского потолка из каменных плит пролеты представляются слишком большими. Если придерживаться предположения, что эта часть Арки представляет собой часть крытого тротуара колонной улицы, возможно устройство деревянного кессонированного потолка по аналогии с потолками крытых боковых тротуаров колоннады и на той же отметке. Принимая во внимание легкость конструкций и небольшие сечения опор, представляется вероятным,

the destruction of the monument was more intensive from the northeast side, as well as the absence of any significant quantity of ruined parts and blocks in addition to those related to the two façade walls.

Certainly, the degree of reliability of various aspects of the proposed reconstruction of the Triumphal Arch differs greatly. The look of both façades, pediments and aedicula, the presence of the attic, and colonnade ceilings can be easily determined based on the artifacts. The same is true about the structure of central bay vault, and the presence of high standalone columns near the southeast façade. The structure of the Arch's roof, the height of the attic, the nature of acroterion, the intersection node of the high columns and colonnade entablature, the general voluminous-spatial solution used for the northeast part of the Arch are less reliable because they are to a great extent based on analogies and indirect proofs. There are difficult

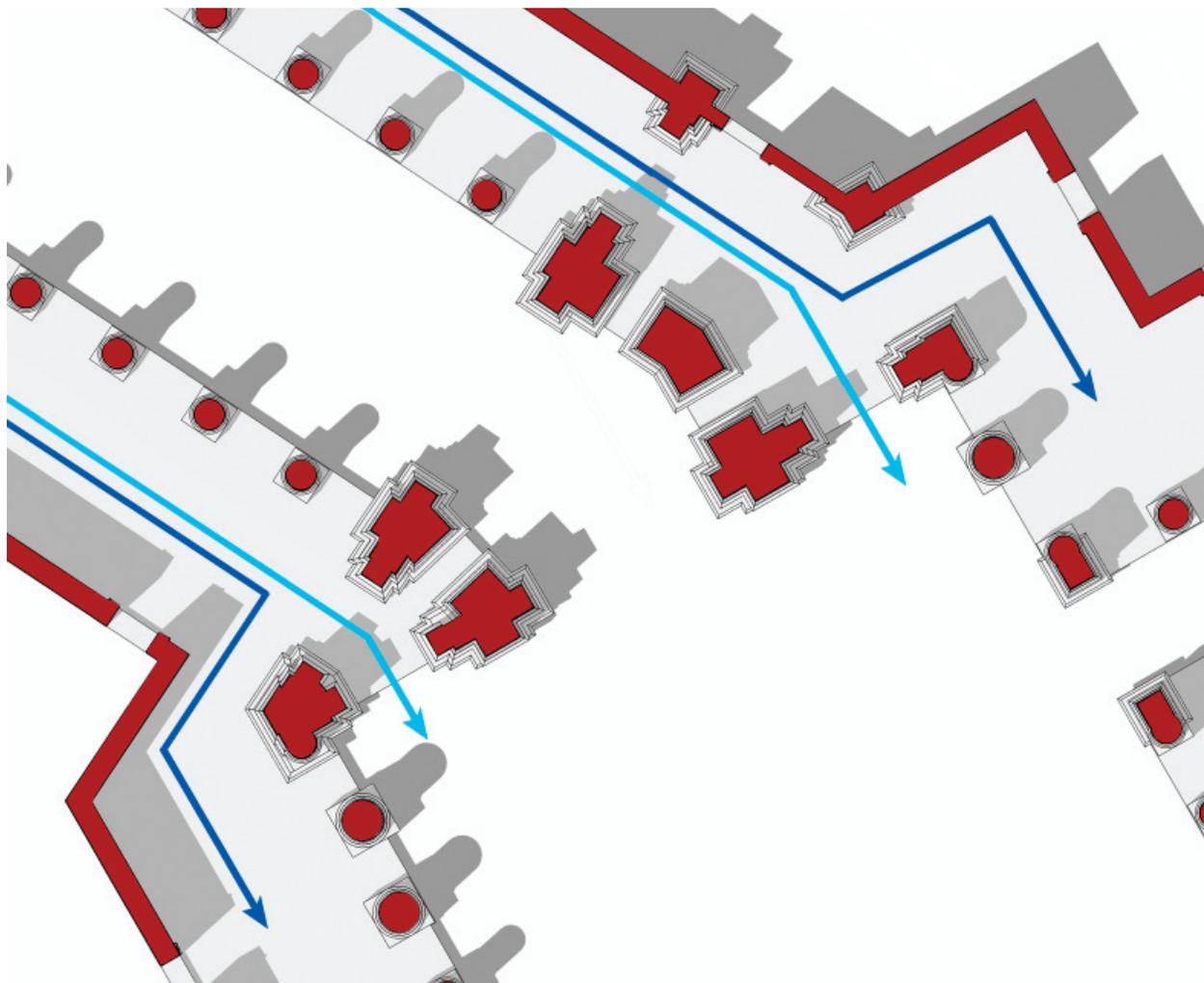


Рис. 18. Схема движения пешеходов в крытых боковых проходах колоннад
 Fig. 18. Scheme of pedestrian traffic in the covered side passages of the colonnades

что перекрытие Арки в зоне аттика также было выполнено по аналогии с боковыми частями колоннад – по деревянному настилу с глинисто-известковой стяжкой. Объемно-пространственная композиция Арки, понятая таким образом, помогает понять, почему разрушение памятника было более интенсивным с северо-восточной стороны, а также объясняет отсутствие сколько-нибудь значительного количества рухнувших частей и блоков, помимо относящихся к двум фасадным стенам.

Степень достоверности различных аспектов предложенной реконструкции Триумфальной Арки, конечно, сильно различается. Облик обоих фасадов, фронтоны, эдикулы, наличие аттика и потолков колоннад определяются уверенно, с опорой на материальные свидетельства. То же относится к устройству свода центрального пролета, наличию высоких отдельно стоящих колонн возле юго-восточного фасада. Устройство кровли Арки, высота аттика, характер акротериев, узел пересечения высоких колонн с антаблементом колоннад, все объемно-пространственное решение северо-восточной части Арки менее достоверны, поскольку в большой степени опираются на аналогии и косвенные свидетельства. Есть трудные места, которые пока не находят удовлетворительного разрешения даже на уровне гипотезы, например вставка в виде половины капители пилястры малого ордера Арки, врезанная в полуколонну пилон I.

Самым трудным вопросом остается наличие еще одной базы для большой колонны, которая лежит по оси колоннады, подходящей с юго-восточной стороны к западному торцу Арки. Единственное, что пока представляется возможным предположить, что этот утолщенный ствол колонны здесь помещен для того, чтобы уравновесить пилон I, стоящий симметрично с противоположной стороны Виа Магна.

Дальнейшее уточнение предложенной гипотетической реконструкции первоначального облика Триумфальной Арки Пальмиры возможно путем построения более точной цифровой модели, включения большего числа фрагментов из лапидария и территории вокруг Арки, а также при появлении новых археологических свидетельств в зоне новой дороги.

places that have not been satisfactorily resolved so far even at the level of hypothesis such as, for instance, the insert in the form of a half of the capital of the smaller order arch pilaster, cut into the half of the column of pillar I.

The most difficult problem is still related to the existence of one more base for a large column located along the colonnade axis and reaching the western end of the Arch from the southeast. The only possible assumption so far is that this thickened shaft of a column was placed here to balance pillar I standing symmetrically from the opposite side of Via Magna.

Further updating of the proposed hypothetical reconstruction of the original appearance of the Triumphal Arch is possible through building a more accurate digital model, using a bigger number of fragments from the lapidary and the area around the Arch, as well as in the event that new archeological proofs are discovered in the area of the new road.

Источники и литература
Bibliography

- Abdulhak S., Abdulhak A., 1996. Palmyre dans l'architecture et l'urbanisme des premiers siècles de notre ère // Palmyra and the Silk Road (Les annales archéologiques arabes syriennes. Vol. XLII).
- Amy R., 1933. Premières restaurations de l'Arc monumental de Palmyre // Syria. Archéologie, art et histoire année. Paris. Vol. 14, № 4.
- Baranski M., 2019. Arch Construction in Palmyra (Syria) // IOP Conference Series: Materials science and engineering, 471.
- Bianchini M., 2010. Le tecniche edilizie nel mondo antico. Roma.
- Browning I., 1979. Palmyra. London.
- Cassas L.-F., 1799–1800. Voyage pittoresque de la Syrie, de la Phœnicie, de la Palestine, et de la Basse Egypte. Paris.
- MacDonald W., 1982. The Architecture of the Roman Empire. New Haven and London. Vol. II. An Urban Appraisal.
- Seyrig H., Amy R., Will E., 1975. Le temple de Bel a Palmyre. Paris.
- Wiegand T., 1932. Palmyra – Ergebnisse der Expeditionen von 1902 und 1917. Berlin.
- Wood R., 1753. The Ruins of Palmyra, otherwise Tadmor, in the Desert. London.

Природные и искусственные материалы конструкций Триумфальной Арки в Пальмире

Natural and Artificial Materials Used in the Triumphal Arch Structures in Palmyra

A. M. Харитонов¹, Е. Г. Панова², Н. Н. Шангина³, Д. В. Редькин⁴, Д. С. Сизов⁵
A. M. Kharitonov¹, E. G. Panova², N. N. Shangina³, D. V. Redkin⁴, D. S. Sizov⁵

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-155-174

Введение

Триумфальная Арка Пальмиры, датируемая III в., – объект всемирного наследия, серьезно пострадавший в ходе военных действий в 2015 г. (рис. 1). Сохранилось примерно 40 % конструкций Арки, 44 % были обрушены, но могут быть использованы при реставрации, и около 16 % конструкций разрушены полностью (Белаш, 2016; Итоги, 2022). Арка формировала перспективу главной улицы Старого города, соединяя ее с храмом Бэла, и являлась одним из самых примечательных памятников Пальмиры. Помимо очевидной исторической ценности, Арка имеет символическое значение для Сирийской Арабской Республики, что не оставляет сомнений относительно необходимости ее восстановления (Gates, 2011; Соловьева и др., 2019; Голобородский, 2022; Возрождение, 2022). Важнейшим этапом разработки проекта реставрации, совместно реализуемым в настоящее время российскими и сирийскими специалистами, является проведение комплексных научных исследований объекта, одним из основных элементов которых являются материаловедческие изыскания. За время своего существования Арка неоднократно реставрировалась (Михаловский, Дзевановский, 1968), например в 30-х гг. прошлого столетия французским архитектором Робером Ами (рис. 2), но достоверных данных о системе материалов,

Introduction

The Palmyra's Triumphal Arch that dates from the the 3rd century, is a world heritage site that was seriously damaged during the hostilities in 2015 (Fig. 1). Approximately 40 % of the structures of the Arch survived, 44 % of the structures collapsed but could be used in the process of restoration, while about 16 % of the structures was completely destroyed (Белаш, 2016; Итоги, 2022). The arch used to dominate the perspective of the main street of the Old City connecting it with the temple of Bel, and was one of Palmyra's most remarkable monuments. Apart from the obvious historical value for the Syrian Arab Republic the Arch has huge symbolic significance, which leaves no doubt that its recovery is an absolute necessity (Gates, 2011; Соловьева и др., 2019; Голобородский, 2022; Возрождение, 2022). The most important stage in the development of the restoration project, which is currently being jointly implemented by Russian and Syrian specialists, is a comprehensive study of the site, with scientific investigation of the materials discovered being one of the main elements of the study. During its existence, the Arch has been restored on more than one occasion (Михаловский, Дзевановский, 1968); for example, in the 1930s it was restored by the French architect Robert Amy (Fig. 2), but reliable data on the materials' pattern used in its

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: peepdv@mail.ru.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: e.panova@spbu.ru.

³ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: nina.shangina@gmail.com.

⁴ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: redkin@yandex.ru.

⁵ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: sizov@agiogk.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: peepdv@mail.ru.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: e.panova@spbu.ru.

³ 8 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: nina.shangina@gmail.com.

⁴ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: redkin@yandex.ru.

⁵ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: sizov@agiogk.ru.



Рис. 1. Триумфальная Арка до (слева) и после (справа) разрушения в 2015 г.
Fig. 1. Triumphal Arch before (left) and after (right) destruction in 2015



Рис. 2. Робер Ами с коллегами во время реставрации Триумфальной Арки в 1930-х гг. (Archaeological missions, 2022)
Fig. 2. Robert Ami with colleagues during the restoration of the Triumphal Arch in the 1930s. (Archaeological missions, 2022)

использованных при ее строительстве, обнаружить не удалось. Представленные в настоящей статье результаты исследований восполняют недостающие сведения о разновидностях и состоянии материалов, составляющих конструкции Триумфальной Арки в настоящий момент.

Методы исследования

В период с декабря 2021 по ноябрь 2022 г. производились натурные обследования и отбор образцов строительных материалов как непосредственно на Арке, так и на различных объектах Старого города и окрестностях г. Тадмор. Отобранные образцы исследовались в лабораторных условиях с применением следующих методов: 1) фотодокументация образцов природных каменных материалов с фиксацией выветренной корки и свежей породы с использованием бинокуляра-стереомикроскопа Leica M205 C; 2) стратиграфический анализ слоев материалов; 3) петрографический анализ подготовленных шлифов природных каменных материалов с использованием бинокуляра-стереомикроскопа Leica DM 2500P в параллельных и скрещенных николях для изучения минерального состава образцов материалов, их структурных и микротекстурных особенностей; 4) сканирующая электронная микроскопия (Quanta 200 3D) с функцией электронно-зондового микроанализа для изучения вещественного состава, микротекстур и микроструктур материалов; 5) рентгенофазовый анализ образцов с использованием порошкового дифрактометра D2 PHASER Bruker; 6) оптико-эмиссионный анализ металлов и сплавов с использованием портативного спектрометра PMI-MASTER, мод. UVR. Особое внимание на данном этапе уделялось установлению вещественного состава материалов, их текущего состояния с точки зрения воздействия процессов эрозии, а также определение оригинальных (первичных) слоев.

Результаты и обсуждения

Основные конструкции Триумфальной Арки составляют блоки из мраморизованного известняка (рис. 3). В бутовых кладках изредка встречаются камни из мела (рис. 4). Цвет мраморизованного известняка на свежем сколе от светло бежевого до светло желтого. Порода плотная, достаточно прочная, но характеризующаяся существенной естественной неоднородностью (слоистостью), выражающейся в присутствии большого количества стилолитовых швов, расположенных в породе на расстоянии 5–10 см друг от друга. Бутовые камни из мела характеризуются значительно более рыхлой структурой и, соответственно, имеют большую степень деструкции как вследствие выветривания, так и механического воздействия. Сравнительный анализ образцов мраморизованного известняка, составляющего античные

construction is unavailable. The study results presented in this article fill in the information gaps regarding the variety and condition of the materials that make up the Triumphal Arch structures at present.

Study methods

Between December 2021 and November 2022, field surveys and sampling of building materials were carried out directly at the Arch site, at various locations in the Tadmor Old City, and in the surrounding countryside. The selected samples were studied under laboratory conditions using the following methods: 1) photodocumentation of natural stone material samples with fixation of a weathered crust and fresh rock under a binocular stereomicroscope Leica M205 C; 2) stratigraphic analysis of the materials' layers; 3) petrographic analysis of natural stone material thin sections under a binocular stereomicroscope Leica DM 2500P in parallel and crossed Nicols (dark-field microscopy) – to study the mineral composition of material samples, their structural and microtextural features; 4) scanning electron microscopy (Quanta 200 3D) with the function of electron probe microanalysis to examine composition, microtextures and microstructures of the materials; 5) X-ray phase analysis of samples with the use of a D2 PHASER Bruker powder diffractometer; 6) optical emission analysis of metals and alloys using a portable spectrometer PMI-MASTER, UVR mod. Particular attention at this stage was paid to the evaluation of the material composition of the samples, their current state in terms of the impact of erosion processes, as well as to the determination of the original (primary) layers.

Results and discussion

The main structures of the Triumphal Arch are blocks of marmorized limestone (Fig. 3). Chalk stones are also occasionally found in the quarry stone masonry (Fig. 4). A fresh shear of the marmorized limestone presents the spectrum of colors from light beige to light yellow. The rock is dense, fairly strong, but presents significant natural heterogeneity (lamination), which is demonstrated by a large number of stylolite sutures located in the rock at a distance of 5–10 cm from each other. Chalk quarry stones have a substantially less consolidated structure and, accordingly, exhibit a greater degree of degradation due to both weathering and mechanical impact. Comparative analysis of marmorized limestone samples constituting ancient blocks, as well as blocks included in the construction during the restoration by R. Amy, did not reveal significant differences in material composition and structural parameters. In both cases a stone of a relatively light beige shade of dense, fine-grained (pelitomorphic) structure, with no distinguishable inclusions of residual organic matter, was used (Fig. 5).



Рис. 3. Характерные блоки из известняка
Fig. 3. Characteristic limestone blocks



*Рис. 4. Образец мела, использованного при
строительстве Арки*
*Fig. 4. A sample of the chalk used in the construction
of the Arch*



Рис. 5. Блоки из природного камня:
а) блоки античного периода; б) блоки, использованные при реставрации в 30-х гг. XX в.

Fig. 5. Blocks made of natural stone:
a) blocks of the ancient period; b) blocks used in the restoration in the 1930s.

блоки, а также блоков, включенных в конструкцию во время реставрации Р. Ами, не позволил обнаружить существенных отличий по вещественному составу и структурным параметрам. В обоих случаях применялся камень относительно светлого бежевого оттенка с плотной мелкозернистой (пелитоморфной) структурой, без различимых включений органических остатков (рис. 5).

Для уточнения минерального состава аутентичной горной породы и материала, использованного в ходе реставрации Р. Ами, выполнялся рентгенофазовый анализ проб, подготовленных из отобранных образцов камня. В ходе исследований в составе подавляющего числа проб как аутентичной породы, так и камня, использованного при реставрации, было выявлено содержание только карбоната кальция (CaCO_3 , ~100 %); в редких случаях наблюдалось незначительное содержание диоксида кремния (SiO_2 , ~1 %). Таким образом, по минеральному составу мраморизованный известняк античных блоков и блоков времен реставрации Р. Ами очень близки, что указывает на использование природного камня из одного пласта.

Помимо образцов природного камня из конструкций Арки, были отобраны образцы камня из обнаруженных в непосредственной близости от г. Тадмор карьеров (рис. 6). Результаты анализа этих образцов позволяют выявить существенное сходство между мраморизованным известняком, использованным в разное время для возведения и реставрации Арки, а также с материалом, добываемым в настоящее время.

Петрографические исследования шлифов показали, что исторический камень, реставрационный камень Ами и камень из действующего карьера схожи по структуре породы (рис. 7). Они представлены

To specify the mineral composition of the authentic rock and the material used in the course of R. Amy's restoration, X-ray phase analysis of samples prepared from selected stone samples was performed. In the course of the study only calcium carbonate (CaCO_3 , ~100 %) was discovered in the vast majority of samples of both authentic rock and the stone used for the restoration; in rare cases an insignificant content of silicon dioxide (SiO_2 , ~1 %) was observed. Thus, the marmorized limestone of ancient blocks and blocks used during restoration by R. Amy are to a great extent identical in terms of their mineral composition, which indicates that natural stone from the same strata was used.

In addition to the natural stone samples taken from the structures of the Arch, stone samples were taken also from the quarries discovered in the immediate vicinity of the city of Tadmor (Fig. 6). The results of the analysis of these samples make it possible to reveal a significant similarity between the marmorized limestone used at different times for the construction and restoration of the Arch, as well as its similarity with the material mined at the present time.

Petrographic studies of the thin sections showed that the historical stone, the Amy's restoration stone, and the stone from the quarry in operation are similar regarding their rock structure (Fig. 7). They are formed by a fine-grained mass composed of calcite containing fragments of fossils and recrystallization zones of calcite-dolomite composition. The rock from the quarry has a more pronounced fine-grained structure, fewer fossil fragments and recrystallization zones. It should be noted that the historical stone and the restoration stone used by R. Amy are more heterogeneous and are most susceptible to degradation.



Рис. 6. Карьеры в окрестностях г. Тадмор: а) действующий карьер; б) неразбатываемый в настоящее время карьер
Fig. 6. Quarries in the vicinity of the city of Tadmor: a) an active quarry; b) currently unused quarry

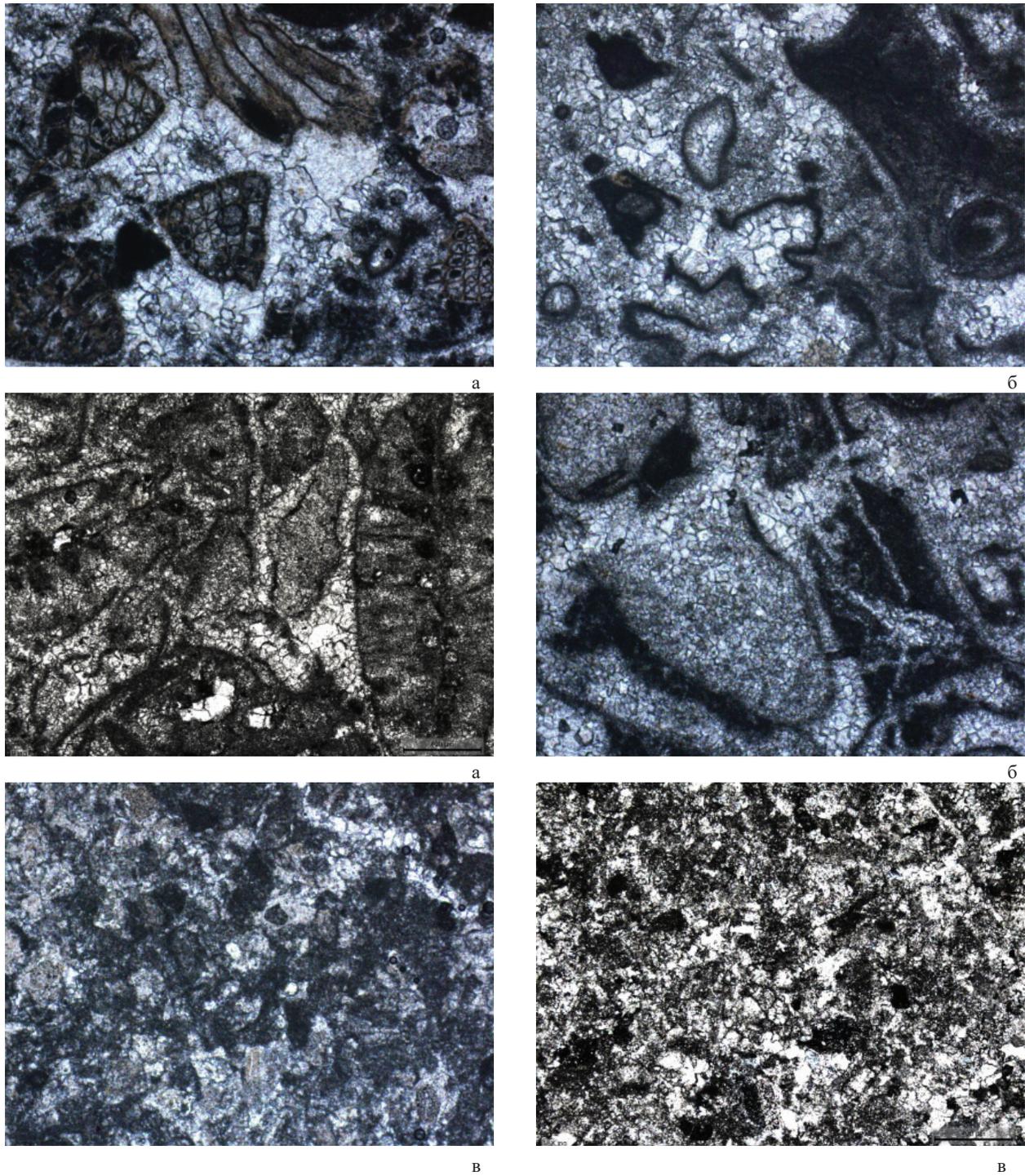


Рис. 7. Фотографии шлифов. Увеличение $\times 60$. Никולי скрещены: а) исторический камень; б) камень времен реставрации Р. Ами; в) камень с действующего современного карьера
Fig. 7. Photographs of sections. Magnification $\times 60$. Nikoli crossed: a) historical stone; b) a stone from the time of restoration by R. Ami; c) a stone from a modern quarry

мелкозернистой массой кальцитового состава с обломками фоссилий и зонами перекристаллизации кальцит-доломитового состава. Порода из карьера имеет более мелкозернистую структуру, меньше обломков фоссилий и зон перекристаллизации. Следует отметить, что исторический камень и реставрационный камень, использованный Р. Ами, являются более неоднородными и в наибольшей степени подвержены разрушению. Известняк из действующего карьера имеет наиболее плотную структуру и наименьшее количество органических остатков. Это свидетельствует о возможности достаточно активного воздействия на материал деструктивных факторов окружающей среды.

Для детального изучения микроструктуры особенности химического состава породы и включений использовались сканирующая электронная микроскопия и микрорентгеноспектральный анализ (рис. 8). Результаты анализа химического состава приведены в таблице 1. В точечных и площадных спектрах кроме CaCO_3 присутствует магний, железо, сера и хлор. На отдельных участках породы наблюдаются зоны перекристаллизации и укрупнения с образованием правильных кристаллов (рис. 9). Такие участки известняка будут выветриваться и разрушаться быстрее плотной породы. Кристаллы представлены кальцитом. Сравнение состава мелких и крупных кристаллов показало, что мелкие зерна кальцита содержат примесь магния (до 2 %) и железа (до 2 %).

В ходе обследования Арки были обнаружены многочисленные элементы, выполненные из искусственных каменных материалов – растворов и бетонов на основе минеральных вяжущих. Наиболее массово

Limestone from the quarry in operation has the densest structure and the least amount of organic residues. This indicates that sufficiently intensive impact of destructive environmental factors on the material has been quite possible.

To provide a detailed study of the rock and inclusions chemical composition microstructure scanning electron microscopy and X-ray microanalysis were used (Fig. 8). The results of the analysis of the chemical composition are shown in Table 1. Apart from CaCO_3 the samples contain magnesium, iron, sulfur, and chlorine. Some areas of the rock exhibit zones of recrystallization and coarsening with the formation of regular crystals are observed (Fig. 9). Such areas in limestone will weather and collapse faster than more dense rock. The crystals are represented by calcite and a comparison of the composition of small and large crystals showed that small calcite grains contain an admixture of magnesium (up to 2 %) and iron (up to 2 %).

During the survey of the Arch numerous elements were found to be made of artificial stone materials: for example, mortars and concretes based on mineral binders. This type of material is most commonly found at the base of the pylons. Along with that, a number of blocks from the time of R. Amy's restoration consist of a metal-reinforced concrete "core" fronted with marmorized limestone. "Spikes" used to fix the blocks in special joints of the "male-female" type were also made of concrete (Fig. 10). When the Arch was blown up, most of the concrete "spikes" were destroyed; their fragments can be observed everywhere in the "female"

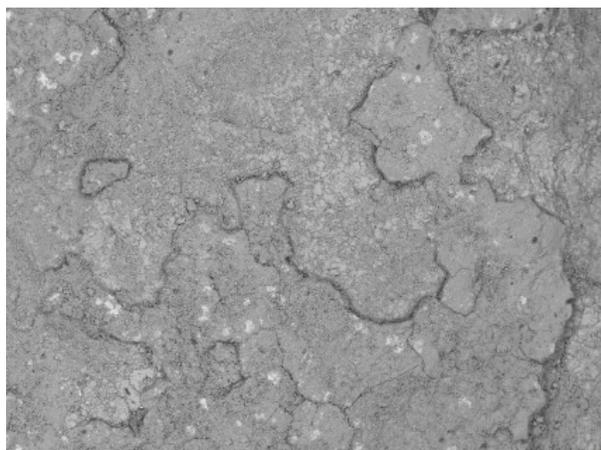


Рис. 8. Изображение структуры мраморизованного известняка, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа
Fig. 8. Image of the structure of marbled limestone obtained using a scanning electron microscope

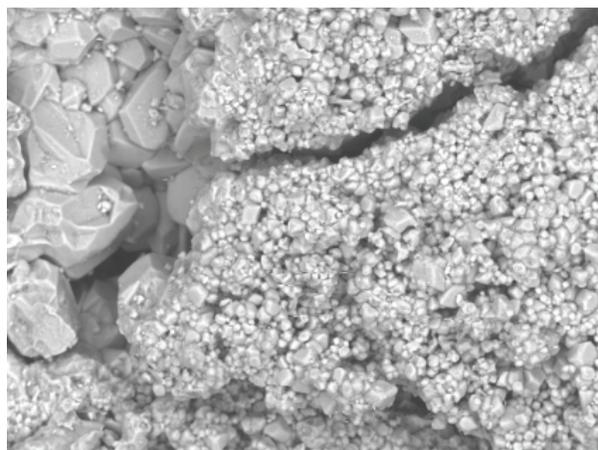


Рис. 9. Крупнокристаллические зоны мраморизованного известняка
Fig. 9. Coarse-crystalline zones of marbled limestone

Таблица 1. Средний химический состав мраморизованного известняка (%)
 Table 1. Average chemical composition of marmorized limestone (%)

Элемент / Element	Содержание / Content (n = 15)
C	16.79
Ca	23.83
Mg	0.80
Al	2.08
Si	12.61
S	1.14
Cl	1.19
K	1.18
Fe	3.13
O	37.21



Рис. 10. Блоки, изготовленные с применением растворов и бетонов: а) блоки с бетонным «сердечником»;
 б) соединения «паз-шип»

Fig. 10. Blocks made using mortars and concretes: a) blocks with a concrete “core”; b) tongue-and-groove connections

данный тип материалов присутствует в основаниях пилонов. Помимо этого, ряд блоков времен реставрации Р. Ами состоит из армированного металлом бетонного «сердечника», облицованного мраморизованным известняком. Из бетонов также были выполнены «шпильки», использованные при фиксации блоков в специальных соединениях типа «паз-шип» (рис. 10). При подрыве Арки большая часть бетонных «шпилек» была разрушена; их фрагменты повсеместно наблюдаются в пазах блоков. Помимо перечисленных выше случаев, искусственный камень представлен

grooves of the blocks. In addition to the cases of its application named above, artificial stone was used as mounting solutions that can be seen on the contact surfaces of adjacent blocks. This allows asserting that during the restoration work carried out in the 1930s a significant part of the structures was recreated: natural and artificial stone materials were widely used to compensate for major losses.

The technology for strengthening the Arch’s pylons bases, as well as for the absolute majority of the other

в виде монтажных растворов, присутствующих на поверхностях соприкосновения смежных блоков. Это позволяет утверждать, что в ходе реставрационных работ, выполненных в 30-х гг. прошлого столетия, значительная часть конструкций была воссоздана: широко применялся природный и искусственный каменный материал для восполнения крупных утрат.

Технология укрепления баз пилонов Арки, а также подавляющего количества прочих объектов Старого города, подразумевала использование не менее двух разных составов: собственно, бетона с относительно крупным заполнителем из природного камня и декоративную обмазку коричнево-бежевого цвета, содержащую неорганические пигменты. Обмазка придавала бетону поверхность, соответствующую патинированному от времени мраморированному известняку (рис. 11). В зависимости от объема бетонирования наносилось от двух до трех слоев материалов: бетон с относительно крупным заполнителем из природного камня, мелкозернистый бетон с заполнителем из песка, декоративная обмазка. В случае восполнения крупных дефектов последовательно применялись крупно- и мелкозернистые бетоны. При ремонте относительно мелких дефектов использовался только мелкозернистый бетон. Декоративная обмазка являлась финишным слоем во всех случаях. Следует отметить высокую прочность сцепления искусственных каменных материалов с основанием – природным камнем, что делает невозможным разделение материалов без дополнительного травмирования исторической части конструкции.

Для изготовления крупнозернистых бетонов использовалось цементно-известковое вяжущее с добавкой глиняного теста. Примерное соотношение

sites in the Old City, implies the use of at least two different compositions: in fact, concrete with a relatively large natural stone aggregate and a decorative brown-beige coating containing inorganic pigments were used. The coating gave the concrete surface a look of marmorized limestone patinated by the effect of time (Fig. 11). Depending on the volume of concreting, two to three layers of materials were applied: concrete with relatively coarse natural stone aggregate, fine-grained concrete with sand aggregate and a decorative coating. Coarse and fine-grained concretes were successively used when it was necessary to compensate profound defects. Only fine-grained concrete was used when the areas under restoration were affected by relatively small defects. A decorative coating served as the finishing layer in all cases. It should be emphasized that the adhesion between the artificial stone materials and the base (natural stone) was very strong, which makes it impossible to separate materials without additional damage to the historical part of the structure.

To produce the coarse-grained concrete a cement-lime binder with the addition of clay dough was used. An approximate ratio of cement:lime:aggregate is 1:0.3–0.5:7.0–7.2. Carbonate rock sand and quartz-feldspar sand were added as fine aggregates. The fine aggregate grains are of 0.315–1.250 mm, and the diameter of the biggest grains is 2.5 mm. Crushed marmorized limestone with a fraction size of 5–20 mm was used as a coarse aggregate. The covering repair layer is made of light gray fine-grained concrete with cement-lime binder used as the base, in this case a cement:lime:aggregate ratio is approximately 1:0.3–0.5:3.8–4.0. The aggregate was composed of carbonate rock sand and quartz-feldspar sand. The basic aggregate fraction size is 0.315–0.630 mm, with the biggest diameter being



Рис. 11. Бетонный блок с пигментированной декоративной обмазкой
Fig. 11. Concrete block with pigmented decorative coating

цемент:известь:заполнитель составляет 1:0,3–0,5:7,0–7,2. В качестве мелкого заполнителя использовался песок из карбонатных пород и кварцево-полевошпатовый песок. Основная фракция мелкого заполнителя 0,315–1,250 мм, диаметр наибольшей крупности соответствует 2,5 мм. В качестве крупного заполнителя применен дробленый мраморизованный известняк фракции 5–20 мм. Накрывочный ремонтный слой представлен мелкозернистым бетоном светло серого цвета на основе цементно-известкового вяжущего с соотношением цемент:известь:заполнитель примерно 1:0,3–0,5:3,8–4,0. В качестве заполнителя использовался песок из карбонатных пород и кварцево-полевошпатовый песок. Основная фракция заполнителя 0,315–0,630 мм, диаметр наибольшей крупности 0,8 мм. Верхний декоративный слой представлен строительным раствором коричнево-бежевого цвета на основе известково-гипсового вяжущего с примерным соотношением известь:гипс:заполнитель – 1:0,2–0,4:3,7–3,9. В качестве заполнителя использован песок из карбонатных пород с небольшим количеством (до 15 % от объема заполнителя) кварцево-полевошпатового песка. Основная фракция заполнителя 0,315–0,500 мм диаметр наибольшей крупности 0,63 мм.

Образцы «монтажных растворов», использованных для кладки блоков, представляют собой строительные растворы светло серого цвета на цементно-известковом вяжущем с соотношением цемент:известь:заполнитель около 1:0,3–0,4:3,9–4,1). Состав данных растворов близок к составу материалов, примененных для бетонирования небольших утрат конструкций. В качестве заполнителя использованы дробленые карбонатные и силикатные породы. Основная фракция заполнителя 0,315–1,250 мм, максимальный размер зерен 3,0 мм.

Подтверждением вышесказанного являются результаты рентгенофазового анализа: минеральный состав данных растворов представлен, в основном, карбонатом кальция (CaCO_3 , ~22 %), кремнеземом (SiO_2 , ~41 %), энстатитом ($\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, ~8 %), полевыми шпатами (санидином $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, ~3 % и альбитом $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, ~10 %), а также порландитом ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, ~3 %). В составе раствора также выявлено содержание клинкерных минералов алита и белита (C_3S и C_2S , ~10 %).

При обследовании Арки также был установлен факт применения металлических изделий, выполняющих роль «шипов» в соединениях блоков типа «паз-шип», либо арматуры в блоках времен реставрации Р. Ами. Металлических изделия, использованные для соединения блоков способом «паз-шип», закреплялись в блоках путем заливки зазора между природным камнем и «шипом» расплавленным свинцом (рис. 12). Для определения вещественного

0.8 mm. The upper decorative layer is formed by a brown-beige mortar based on a lime-gypsum binder with an approximate ratio of lime:gypsum:aggregate of 1:0.2–0.4:3.7–3.9. Here carbonate rock sand was also used as aggregate filled up with a small amount (up to 15 % of the aggregate volume) of quartz-feldspar sand. The main aggregate fraction is 0.315–0.500 mm, with the diameter of the biggest grain being 0.63 mm.

Samples of “mason’s mortars” used for bonding blocks are light gray color mortars containing a cement-lime binder with a cement:lime:aggregate ratio of about 1:0.3–0.4:3.9–4.1. The composition of these mixtures is similar to the composition of materials used for concreting small structural losses. Crushed carbonate and silicate rocks were used as the aggregate. The main aggregate fraction is 0.315–1.250 mm; the maximum grain size is 3.0 mm.

The above is confirmed by the results of X-ray phase analysis: the mineral composition of these mixtures is formed mainly by calcium carbonate (CaCO_3 , ~22 %), silica (SiO_2 , ~41 %), enstatite ($\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, ~8 %), feldspars (sanidine $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, ~3 % and albite $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, ~10 %), as well as portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, ~3 %). The composition of the mixtures also revealed some content of clinker minerals such as alite and belite (C_3S and C_2S , ~10 %).

The examination of the Arch showed that in the process of restoration R. Amy used metal parts that act as “pins” in the “male-female” joints of the blocks, or as reinforcement in the blocks. The metal parts used to connect the blocks by “male-female” joints were fixed in the blocks by filling the gap between the natural stone and the “male pin” with molten lead (Fig. 12). To determine the material composition of the metal “male pins” used for fastening the blocks together, an optical emission analysis was performed. Regarding the chemical composition, the samples of metallic elements are significantly heterogeneous. Some samples can be correlated with modern low-carbon Ct0 and Ct3 steel grades. Other elements are made of ferrous metal, its composition being similar to L1 cast iron grade. One of the samples of the metal “male pin” in terms of chemical composition is technical iron, and the time of its origin presumably goes back to a fairly early historical period. It is important to note that cast iron elements demonstrate a significantly lower degree of corrosion damage compared to the steel and iron parts.

The field survey of the Arch structure’s condition demonstrated the presence of defects in natural and artificial stone formed under the influence of abiotic environmental factors, in particular mechanical



Рис. 12. Металлический «шип», зафиксированный свинцом

Fig. 12. Metal “thorn” fixed with lead

состава металлических «шипов», предназначенных для скрепления блоков, был выполнен оптико-эмиссионный анализ. По химическому составу образцы металлических элементов существенно разнородны. Часть образцов можно соотнести с современными низкоуглеродистыми сталями марок Ст0 и СтЗ. Другие элементы выполнены из черного металла, близкого по составу к литейному чугуну марки Л1. Один из образцов металлического «шипа» по химическому составу представляет собой техническое железо, время происхождения которого, предположительно, относится к достаточно раннему периоду. Важно отметить, что элементы из чугуна характеризуются значительно меньшей степенью поражения коррозией по сравнению с деталями из стали и железа.

В части натурного обследования состояния конструкций Арки можно отметить наличие дефектов природного и искусственного камня, образовавшихся под воздействием абиотических факторов среды, в особенности механического выветривания (эрозии) – наиболее распространенного типа разрушения в условиях полупустынного климата. В наибольшей степени затронуты выветриванием нижние части пилонов, сложенные из природного камня. Вероятно, широкое применение искусственных каменных материалов при реставрации данной части Арки было обусловлено высокой степенью эрозии блоков из природного камня.

В результате механических воздействий, в том числе и взрыва в 2015 г., часть блоков из природного камня разрушается по зонам естественной неоднородности – стилолитовым швам. Размер открытых трещин может составлять от долей миллиметра до нескольких миллиметров; часть блоков полностью разделена на отдельные фрагменты. Также отмечено наличие



Рис. 13. Поврежденный при взрыве блок с резным декором

Fig. 13. Explosion-damaged block with carved decor

weathering (erosion), which is the most common type of destruction in the semi-desert climate. The lower parts of the pylons made of natural stone are most affected by weathering. Probably, the decision in favor of broad use of artificial stone materials for this part of the Arch restoration resulted from observation of the natural stone blocks intensive erosion.

As a result of mechanical impacts, including the blowing up in 2015, some blocks of natural stone were destroyed along the zones of natural heterogeneity – stylonite joints. The size of open cracks can range from fractions of a millimeter to several millimeters; some of the blocks are completely broken into separate fragments. Multiple losses of stone matter in blocks are also recorded. The amount of matter loss can range from a few cubic centimeters to several cubic decimeters. Unfortunately, there are also significant losses in the sections of marmorized limestone blocks decorated with carved decor. In a number of cases, the stone relief sections were very significantly damaged (Fig. 13). Parts of the artificial stone structures were also significantly destroyed. Locally, longitudinal cracks are observed only in the decorative lime-gypsum coating layer, but predominantly cracks propagate starting from the base, which is made of coarse-grained concrete. Since concrete, with higher strength than the natural stone, was widely used in the late restorations of the Arch, cracks with an opening of 1 cm or more can be seen at the interface between dissimilar materials.

A number of blocks, which were located in the zones of simultaneous soakage and concentration of soil suspension, exhibit atmospheric and soil fouling mounted up during many decades is observed. Also,



Рис. 14. Механическое выветривание породы
Fig. 14. Mechanical weathering of rock

множества утрат камня блоков. Объем утрат материала может составлять от нескольких кубических сантиметров до нескольких кубических дециметров. К сожалению, значительные утраты имеются и на участках блоков из мраморизованного известняка с резным декором. В ряде случаев пластика камня пострадала весьма существенно (рис. 13). Существенно повреждены и участки конструкций из искусственного камня. Локально трещины наблюдаются только по декоративно известково-гипсовой обмазке, но преимущественно трещины распространяются от основания – крупнозернистого бетона. Ввиду широкого применения при поздних реставрациях Арки бетонов, отличающихся от природного камня более высокой прочностью, в местах сопряжения разнородных материалов имеются трещины с раскрытием 1 см и более.

На ряде блоков, которые располагались в зонах одновременного замкания и концентрации почвенной взвеси, наблюдаются многолетние застарелые атмосферно-почвенные загрязнения. Также в ходе обследования Арки были отмечены разнообразные формы заселения блоков Арки биотой различной природы. Присутствуют биопленки на поверхности природного и искусственного камня, имеются

during the survey of the Arch, various forms of colonization of the Arch blocks by natural biota were observed. There are biofilms on the natural and artificial stone surfaces, lichen colonies are found, while higher plants growth also acts as a factor causing the structure's biodegradation. A number of the pylon base sections have traces of extrinsic colors applied on marmorized limestone with paints and varnishes based on modern synthetic film formers.

Mechanical, chemical and biological types of weathering process are also observed. Usually the weathering process begins with the mechanical destruction of the rock. The resulting rock heterogeneities create favorable areas and zones for microorganisms' colonization. Under the impact of natural factors (temperature gradient, humidity) and the vital activity of organisms the chemical destruction of the rock and formation of new minerals occur. Mechanical weathering is the most common type of rock destruction in the semi-desert climate (Fig. 14). The lower parts of the columns are most affected by the weathering. Intensive weathering occurs under the action of wind and sand, which results in an abrasive effect. The lower part of the columns experiences seasonal and daily temperature fluctuations. In some cases, mechanical

колонии лишайников, а также произрастают высшие растения, которые относятся к факторам биодеструкции сооружения. Ряд участков баз пилонов имеет следы инородных окрасок, выполненных по мраморизованному известняку лакокрасочными материалами на основе современных синтетических пленкообразователей.

Выветривание представлено механическим, химическим и биологическим типами. Обычно процесс выветривания начинается с механического разрушения породы. Возникающие неоднородности породы создают благоприятные участки и зоны для заселения микроорганизмов. Под действием природных факторов (перепад температур, влажность) и жизнедеятельности организмов происходит химическое разрушение породы и образование новых минералов. Механическое выветривание – наиболее распространенный тип разрушения породы в условиях полупустынного климата (рис. 14). В наибольшей степени затронуты выветриванием нижние части колонн. Интенсивное выветривание происходит под действием ветра и песка, которые оказывают абразивное действие. Нижняя часть колонн испытывает сезонные и дневные перепады температур. В некоторых случаях механическое выветривание приводит к образованию форм похожих на рюмку. В результате механического выветривания нижние части колонн разрушены в наибольшей степени и при предыдущих реставрациях подвергались замене целиком (рис. 15). Механическое выветривание обусловлено наличием в породе стилолитовых швов, по которым начинается разрушение. Далее появляются небольшие вертикальные трещины (рис. 16). В результате порода распадается на мелкие обломки. Выветриванием затронуты верхние фрагменты архитектурных построек (рис. 17). В целом порода подвержена механическому выветриванию. Если каменные блоки мраморизованного известняка установлены согласно горизонтальной слоистости породы, то выветривание происходит относительно медленно. Установка блоков камня вертикально слоистости породы, как в колоннах, приводит к более быстрому разрушению этой породы. В ряде случаев механическое выветривание имеет антропогенный характер. В результате попадания снарядов в камень образуются округлые углубления с радиальными трещинами вокруг них (рис. 18).

Химическое выветривание развивается по ослабленным зонам породы – стилолитовым швам. В результате образуются гидроокислы железа ($\text{FeOOH} \times n\text{H}_2\text{O}$), которые имеют красно-коричневый цвет (рис. 19; 20). Они придают всей породе розово-коричневый оттенок.

weathering led to the formation of goblet-like shapes. As a result of mechanical weathering, the lower parts of the columns were to a great extent destroyed, so during previous restorations they were completely replaced to new ones (Fig. 15). Mechanical weathering results from the presence of stylolite seams in the rock, along which destruction begins. Further on, small vertical cracks appears (Fig. 16). As a result, the rocks break up into small fragments. Weathering affected the upper fragments of the architectural structures (Fig. 17). In general, the rock is subject to mechanical weathering. When the marmorized limestone blocks are installed in concordance with the horizontal rock lamination the weathering occurs relatively slowly. In case when stone blocks are installed vertically to the rock lamination lines (consider, for example, the columns) the destruction of such rock develops faster. In some cases, mechanical weathering is of anthropogenic nature. As a result of shell hitting rounded depressions with radial cracks around them have been formed in the stone (Fig. 18).

Chemical weathering develops along the weakened zones of the rock – stylolite seams. As a result, iron hydroxides ($\text{FeOOH} \times n\text{H}_2\text{O}$) of red-brown color are formed (Fig. 19; 20). They give the whole rock a pink-brown tint.

Biological weathering is represented by biofilms, lichens and higher plants. Biofilms are widespread on the surfaces of the monument (Fig. 21) and have been formed in shady places, on the north side and in the recesses of the ornament (Fig. 22). Lichens form separate secretions and rounded colonies in the cracks. On vertical surfaces their thickness is up to 1 cm. On flat surfaces colonies reach a thickness of 10 cm. On visual inspection black, gray and red lichens can be distinguished (Fig. 23; 24). Scanning electron microscopy revealed structural details of biofilms and lichen colonies (Fig. 25–29). Analysis of the chemical assay results allows the conclusion that the content of carbon and oxygen in the biofilm is rather high. In addition, it contains dust particles, as evidenced by such chemical elements as Ca, S, Si, Al. Chemical analysis showed that the biofilm mainly consists of carbon and oxygen. Calcium, silicon, aluminum and magnesium are present in the matter as impurities. The results of comparative chemical analysis of the rock containing biofilm and the rock containing none are shown in Tables 2 and 3. In both cases volatile components and phosphorus are profoundly accumulated in the biofilm, while the proportion of calcium decreases. The biofilm absorbs such microimpurities as silicon, aluminum, iron, manganese, and titanium, which accumulate there in the form of dust particles.



Рис. 15. Реставрационная замена нижних частей колонн

Fig. 15. Restoration replacement of the lower parts of the columns



Рис. 17. Выветривание верхних частей архитектурных построек

Fig. 17. Weathering of the upper parts of architectural structures



Рис. 16. Развитие вертикальных трещин, соединяющих горизонтальные стилолитовые швы
Fig. 16. Vertical cracks extension connecting horizontal stylolite seams

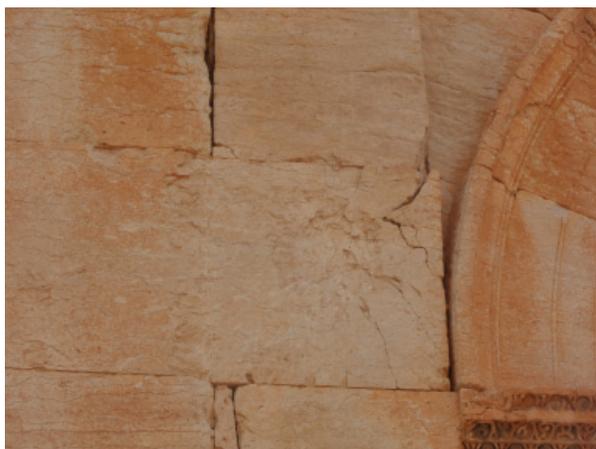


Рис. 18. Следы попадания снаряда (в центре)
Fig. 18. Traces of a shell hit (in the center)



Рис. 19. Красно-коричневый оттенок породы
Fig. 19. Red-brown shade of the rock

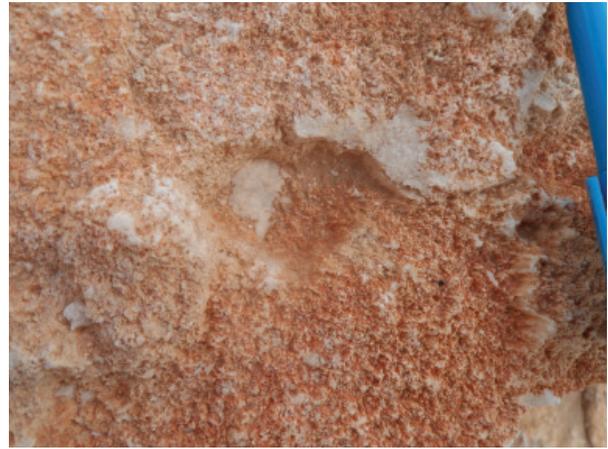


Рис. 20. Гидроокислы железа на поверхности стилолитового шва
Fig. 20. Iron hydroxides on the surface of a stylolite seam

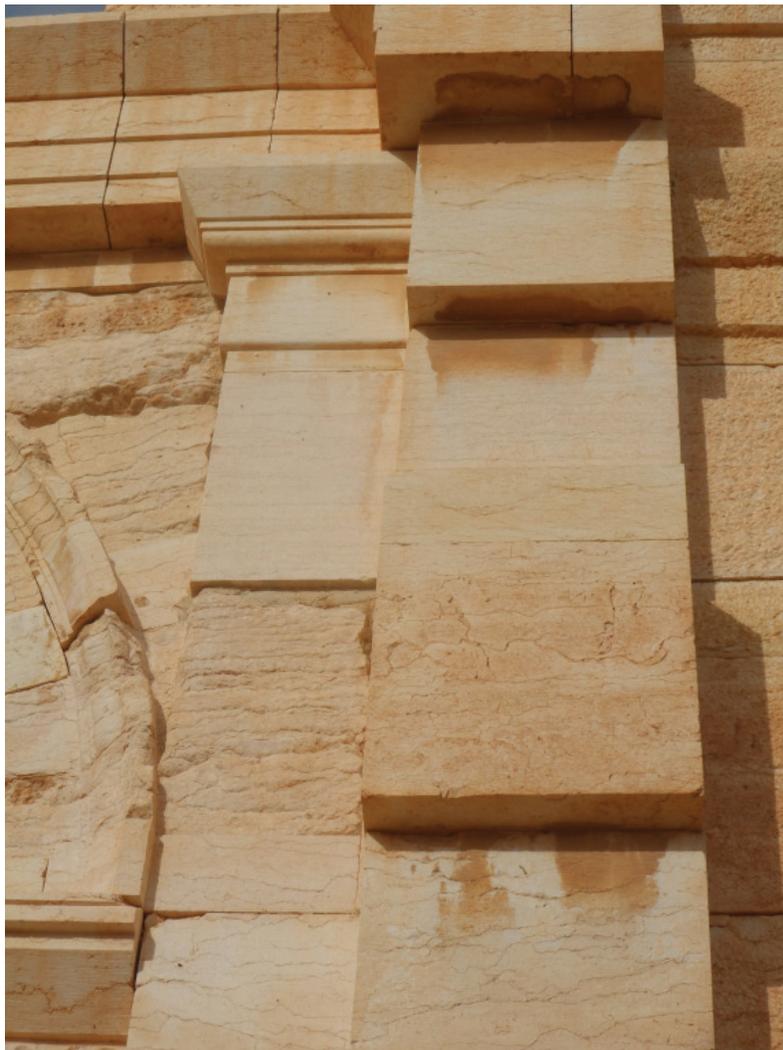


Рис. 21. Биопленки под уступами пилястр (участок, отреставрированный Р. Ами)
Fig. 21. Biofilms under pilaster ledges (area restored by R. Ami)



Рис. 22. Биопленки с гидроксидами железа
Fig. 22. Biofilms with iron hydroxides



Рис. 23. Лишайники на вертикальной плоскости камня
Fig. 23. Lichens on the vertical plane of the stone

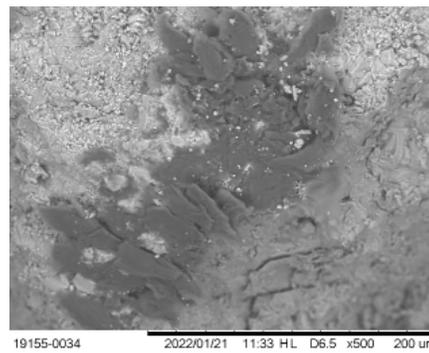


Рис. 25. Биопленка (темноокрашенная поверхность) на известняке
Fig. 25. Biofilm (dark colored surface) on limestone



Рис. 24. Лишайники на плоской поверхности камня
Fig. 24. Lichens on a flat stone surface

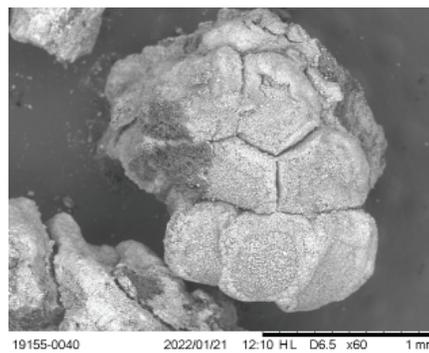


Рис. 26. Колония лишайника на поверхности известняка
Fig. 26. Lichen colony on limestone surface

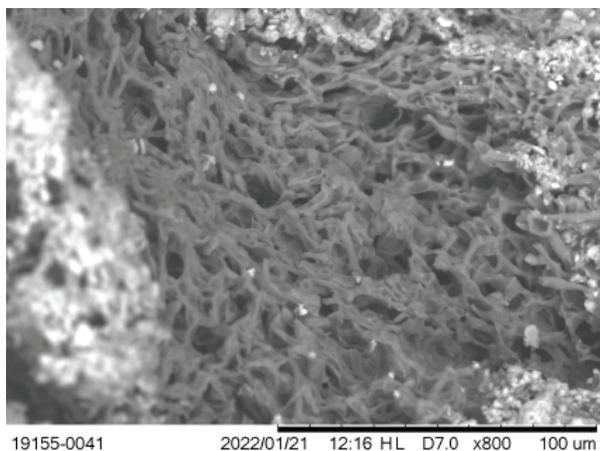


Рис. 27. Гифы грибов на поверхности камня
Fig. 27. Hyphae of mushrooms on the surface of a stone

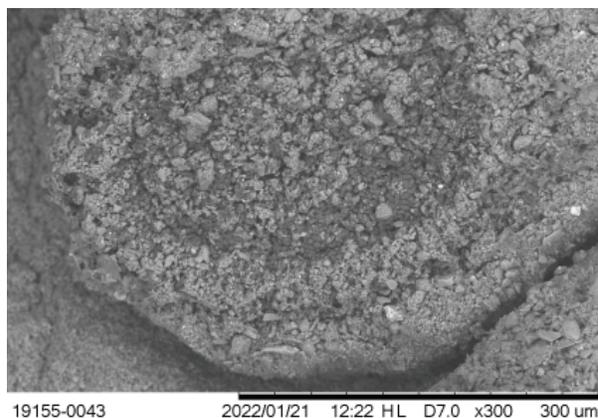


Рис. 28. Характер заселения микроорганизмов на неоднородностях поверхности (темные пятна)
Fig. 28. The nature of the colonization of microorganisms on surface inhomogeneities (dark spots)

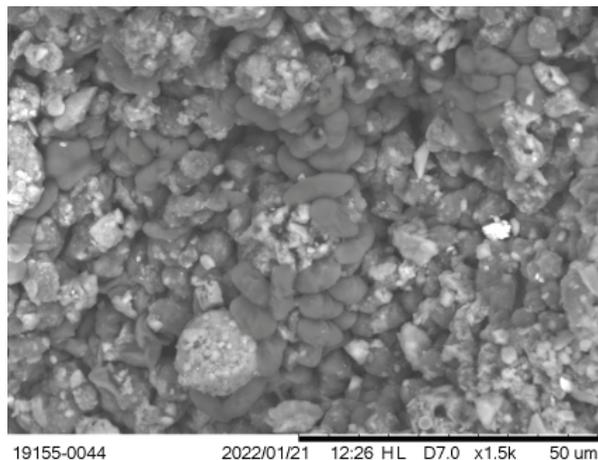


Рис. 29. Характер заселения микроорганизмов на неоднородностях поверхности. Споры грибов
Fig. 29. The nature of the colonization of microorganisms on surface inhomogeneities. mushroom spores

Биологическое выветривание представлено био- пленками, лишайниками и высшими растениями. Био- пленки широко распространены на поверхностях памятника (рис. 21). Они образуются в тенистых местах, с северной стороны и в углублениях орнамента (рис. 22). Лишайники образуют отдельные выделения в трещинах, а также колонии округлой формы. На вертикальных поверхностях их размер до 1 см. На плоских поверхностях колонии достигают размера 10 см. Визуально можно выделить черные, серые и красные лишайники (рис. 23; 24). Электронная сканирующая микроскопия позволила выявить детали строения био- пленок и колоний лишайников (рис. 25–29). Анализ результатов химического анализа позволяет сделать вывод о высоком содержании

Conclusion

The paper considers the results of comprehensive materials science based study of the Triumphal Arch in Palmyra. The results acquired make it possible to establish the presence of a wide variety of materials used at the site. The original materials include natural stone: marmorized limestone and, probably, part of the metal elements made of technical iron. During the restoration of the Arch in the 1930s, artificial stone materials based on air-setting and hydraulic binders, decorative coatings with pigments, as well as iron-carbon alloys were widely used. Artificial and natural stone materials have been combined into unified structures, and many of them now are in satisfactory condition. Considering that it's not possible to separate

углерода и кислорода в составе био пленки. Кроме того, в ней присутствуют пылевые частицы, о чем свидетельствуют такие химические элементы как Ca, S, Si, Al. Био пленка, исходя из данных химического анализа, преимущественно состоит из углерода и кислорода. В виде примеси присутствуют кальций, кремний, алюминий и магний. Результаты сравнительного химического анализ состава породы с био пленкой и без нее приведены в таблицах 2 и 3. В обоих случаях в био пленке накапливаются летучие компоненты, фосфор, уменьшается доля кальция. В виде микропримесей био пленка сорбирует

compositions used for repair jobs from natural stone in non-traumatic way, it seems appropriate to preserve such elements during restoration. The main structural defects, apart from the blowing up impact, result from erosion occurred under the effects of natural abiotic environmental factors and biodamage. It is required to develop special measures that could increase the service life of structural materials in the desert conditions. A significant similarity has been established between the marmorized limestone, used at different times for the construction and restoration of the Arch, with the natural stone currently mined in the vicinity of

Таблица 2. Средние содержания химических элементов в историческом известняке и историческом известняке с био пленкой, %

Table 2. Average contents of chemical elements in historical limestone and historical limestone with biofilm, %

Вид материала / Chemical elements	Si	P	Ca	Fe	Летучие вещества, сумма / Volatile substances, amount
Исторический известняк / Historical limestone	0,28	0,10	39,00	0,03	59,59
Исторический известняк с био пленкой / Historical limestone with biofilm	0,29	0,15	37,33	0,039	62,49

Таблица 3. Содержания химических элементов в известняке Ами и в известняке Ами с био пленкой, %

Table 3. The content of chemical elements in the limestone of Ami and in the limestone of Ami with biofilm, %

Материал / Chemical elements	Al	Si	P	S	Ca	Ti	Mn	Fe	Летучие вещества, сумма / Volatile substances, amount
Основная порода / Limestone	2,5	0,63	0,17	0,02	38,41	0,03	0,01	0,15	58,41
Корка на поверхности образца / Biofilm	2,65	0,37	0,28	0,07	33,94	0,14	0,027	0,86	61,65

кремний, алюминий, железо, марганец, титан, которые накапливаются в виде пылевых частиц.

Выводы

В работе рассмотрены результаты комплексных материаловедческих исследований Триумфальной Арки Пальмиры, позволившие установить наличие большого многообразия использованных на объекте материалов. К оригинальным материалам можно отнести природный камень – мраморизованный известняк и, вероятно, часть металлических элементов, выполненных из технического железа. При реставрации Арки в 30-х гг. прошлого века активно применялись искусственные каменные материалы на воздушных и гидравлических вяжущих веществах, декоративные обмазки с пигментами, а также железоуглеродистые сплавы. Искусственные и природные каменные материалы были объединены в единые конструкции, и многие из них сейчас находятся в удовлетворительном состоянии. Учитывая невозможность безтравматического отделения ремонтных составов от природного камня, представляется целесообразным сохранение таких элементов при реставрации. Основные дефекты конструкций, помимо воздействия взрыва, обусловлены эрозией под действием естественных абиотических факторов среды и биопоражениями. Требуется разработка специальных мероприятий, способных увеличить эксплуатационный ресурс материалов конструкций в условиях пустыни. Установлено существенное сходство мраморизованного известняка, использованного в разное время для возведения и реставрации Арки, с природным камнем, добываемым в настоящее время в окрестностях г. Тадмор, что позволяет признать его пригодным для использования в предстоящих реставрационных работах.

the city of Tadmor, which makes it possible to consider it as suitable material to be used for the upcoming restoration project.

Источники и литература
Bibliography

- Белаш Т.А., 2016. Анализ повреждений памятников архитектуры Сирии, полученных в результате землетрясений и военных действий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. М. № 5.
- Возрождение Триумфальной Арки Пальмиры, 2022. ВОО «Русское географическое общество»: <https://www.rgo.ru/en/article/revival-palmyras-triumphal-arch> (дата обращения: 02.11.2022).
- Голобородский М.В., 2022. К вопросу о реставрации триумфальной арки в Пальмире // Строительство и архитектура. М. Т. 10, № 2.
- Соловьева Н.Ф., Соловьев С.Л., Блохин Е.К., Казаков Э.Э., 2019. Пальмира во времени и пространстве // Прошлое человечества в трудах петербургских археологов на рубеже тысячелетий (К 100-летию создания российской академической археологии). СПб.
- Итоги первого этапа работ по реставрации Триумфальной Арки Пальмиры, 2022. Институт истории материальной культуры РАН : <https://www.archeo.ru/struktura-1/otdel-ohrannoi-arheologii/novosti/itogi-pervogo-etapa-rabot-po-restavracii-triumfalnoi-arki-palmyry> (дата обращения: 02.11.2022).
- Михаловский К., Дзевановский А., 1968. Пальмира. Варшава.
- Archaeological missions: National Archeology Museum, 2022. Ministry of Culture: <https://archeologie.culture.gouv.fr/palmyre/en/archaeological-missions> (дата обращения: 02.11.2022).
- Gates Ch., 2011. Ancient Cities: The Archaeology of Urban Life in the Ancient Near East and Egypt, Greece and Rome. London.

К вопросу об идеологическом и проектном подходе к реставрации Триумфальной Арки Пальмиры методом анастилоза

On the Issue of the Ideological and Design Approach to the Restoration of the Triumphal Arch of Palmyra by the Method of Anastylis

Н.И. Явейн¹, Г.В. Иванов², И.В. Сабанцев³, О.А. Блинов⁴, Д.П. Кресов⁵
N.I. Yavein¹, G.V. Ivanov², I.V. Sabantsev³, O.A. Blinov⁴, D.P. Kresov⁵

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-175-186

Триумфальная Арка Пальмиры, возведенная в III в. и внесенная в 1980 г. в перечень объектов Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО, – самое известное сооружение легендарной Пальмиры, памятник материальной культуры высочайшей ценности. Судьба Триумфальной Арки в XXI в. трагична. Осенью 2015 г. в ходе вооруженного конфликта в Сирии Арка подверглась чудовищному акту вандализма: в числе других античных памятников древней Пальмиры была взорвана боевиками запрещенной в РФ группировки «Исламское государство». В результате взрыва рухнул свод Арки, полностью обвалился центральный пролет, от боковых пролетов сохранились лишь крайние пилоны (в том числе реставрированные в начале 1930-х гг.). Серьезно пострадали внутренние пилоны, на которые опирался свод; составлявшие своды резные каменные блоки были сильно повреждены, зачастую расколоты на куски. Натурные обследования памятника позволили оценить масштаб разрушений: устояло лишь 40 % конструкций Арки, 44 % составлявших ее блоков разбросало по площадке (всего на месте взрыва было обнаружено 168 каменных фрагментов), 16 % блоков превратились в щебень, то есть фактически оказались утрачены безвозвратно (см. статью Н.Ф. Соловьевой и С.Л. Соловьева в настоящем выпуске) (рис. 1).

Palmyra's Triumphal Arch erected in the 3rd century and entered into the UNESCO World Cultural Heritage List in 1980, is the most famous structure of the legendary Palmyra, a monument of material culture of the highest value. The fate of the Triumphal Arch in the 21st century is tragic. In the autumn of 2015, during the armed conflict in Syria, the Arch suffered a monstrous act of vandalism: among other ancient monuments of ancient Palmyra, it was blown up by militants of the Islamic State group banned in Russia. As a result of the blast the vault of the Arch collapsed, the central span crashed completely, with only the outer pylons (including those restored in the early 1930s) of the side spans surviving. Heavy damage was caused to the inner pylons supporting the vault; the carved stone blocks making up the vaults were badly damaged and often split into pieces. The on-site inspection of the monument allowed to estimate the scope of the destruction: only 40 % of the Arch structures survived, 44 % of its blocks were scattered round the site (a total of 168 stone fragments were found at the site of the blast), 16 % of the blocks turned into rubble, that is in fact they were irrevocably lost (see the article by N.F. Soloveva and S.L. Solovyev in this issue) (Fig. 1).

As part of the post-traumatic response, the rubble around the Arch was sifted through; the collapsed

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: nyaveyn@gmail.com.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: grisiva@mail.ru.

³ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: truerestorer@yandex.ru.

⁴ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: blink1984@mail.ru.

⁵ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: kresov@mail.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: nyaveyn@gmail.com.

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: grisiva@mail.ru.

³ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: truerestorer@yandex.ru.

⁴ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: blink1984@mail.ru.

⁵ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: kresov@mail.ru.

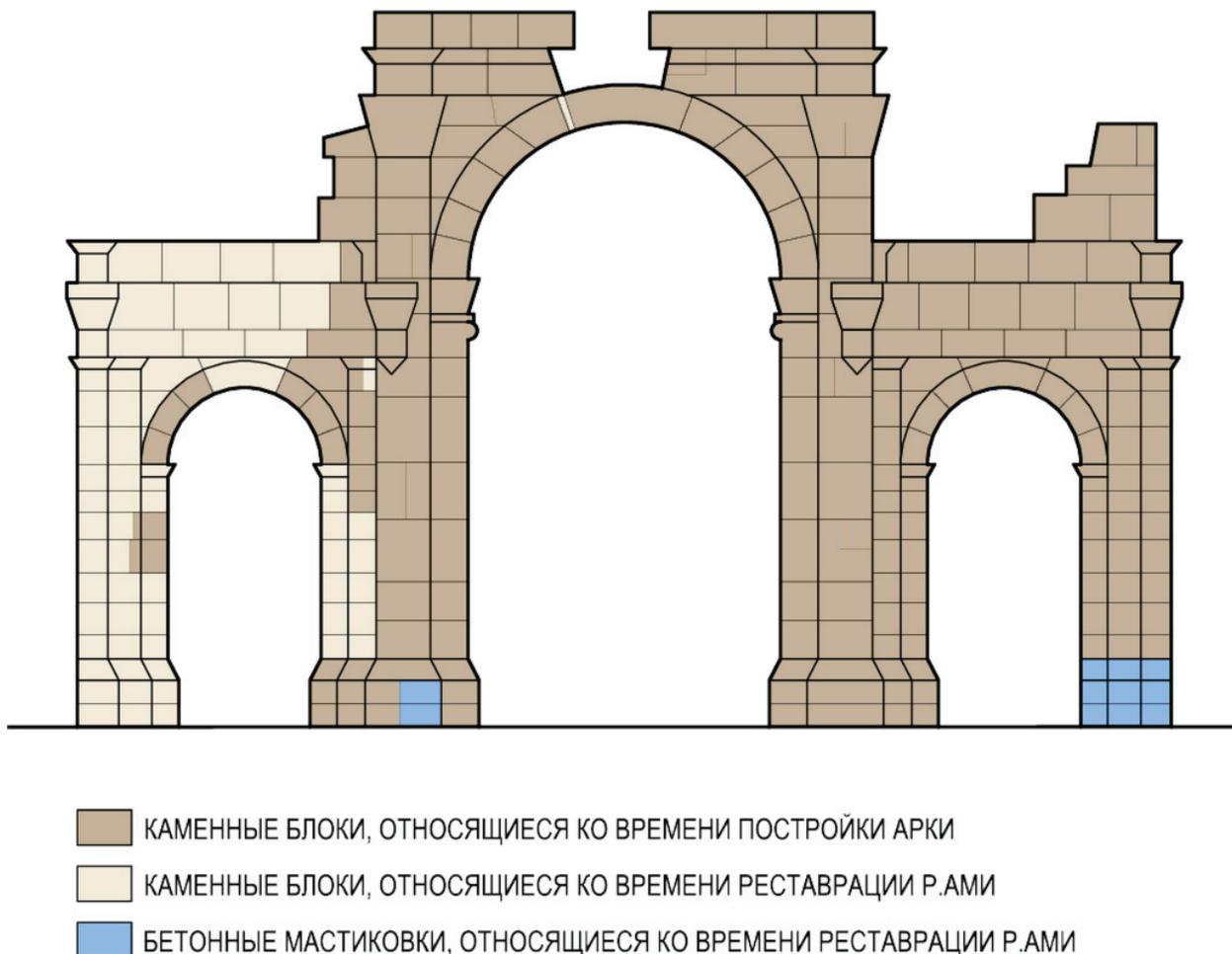


Рис. 1. Графическая реконструкция Триумфальной Арки до взрыва, выполненная с помощью методов фотограмметрии (изображение носит условный характер)

Fig. 1. Graphic reconstruction of the Arc de Triomphe before the explosion, made using photogrammetry methods (the image is hypothetical)

В рамках посттравматического реагирования завалы вокруг Арки были разобраны, рухнувшие элементы промаркированы и перемещены в лапидарий (см. статью Н.Ф. Соловьевой и С.Л. Соловьева в настоящем выпуске). Оценка степени разрушений с инвентаризацией сохранившихся фрагментов конструкции укрепила экспертов во мнении о возможности реставрации Арки методом анастилоза, который заключается в установке на свое изначальное место сохранившихся подлинных блоков и элементов сооружения с применением аутентичных технологий строительства. Анастилоз был впервые использован при восстановлении Афинского акрополя архитектором Николаосом Баланосом (греч. Νικόλαος Μπαλάνος), придумавшим и сам метод, и термин. Впоследствии анастилоз был признан оптимально подходящим для реставрации античных построек, сложенных из крупных квадров камня (Thuswaldner, 2007; Petzet, 2016;

elements were labeled and moved to the lapidary (see the article by N. F. Soloveva and S. L. Solovyev in this issue). An assessment of the degree of destruction with an inventory of the surviving fragments of the structure confirmed the experts' opinion about the possibility of restoring the Arch using the anastylosis method, which involves placing the surviving authentic blocks and elements of the structure in their original place using authentic construction techniques. Anastylosis, first used by Nikolaos Balanos (Greek: Νικόλαος Μπαλάνος), the inventor of the method and the term, during the restoration of the Athenian acropolis, was later found to be the optimal method for the restoration of ancient structures made of large quadras of stone (Thuswaldner, 2007; Petzet, 2016; Stubbs, 2016), and thus for Palmyra's Triumphal Arch. Moreover, it is this method that allows the restoration to be carried out along a fine line between conservation of the ruins

Stubbs, 2016), а значит и для Триумфальной Арки Пальмиры. Более того, именно этот метод позволяет провести реставрацию по тонкой грани между консервацией руин и восстановлением утраченного внешнего облика памятника, обеспечив объемно-пространственную завершенность и конструктивную устойчивость сооружения, но при этом не привнося в него добавлений, не являющихся безусловно необходимыми для поддержания целостности объекта в зрительском восприятии.

Если прежде установка на свое изначальное место подлинных блоков и деталей памятника наминала, образно говоря, «сборку паззла» и производилась эмпирическим путем, не исключавшим проб и ошибок, то сегодня арсенал реставраторов пополнили новые технологии. С появлением метода цифрового анастилоза многократно возросли возможности идентификации обломков и более точной подгонки дополняющих каменных блоков. Алгоритм действий теперь выглядит следующим образом: создается компьютерная трехмерная модель памятника, все детали-оригиналы оцифровываются и встраиваются в виртуальный макет. Только после этого разрабатывается проект реставрации и начинается физическая сборка памятника.

Перемещенные в лапидарий фрагменты Арки были отсканированы, чтобы выстроить трехмерные модели камней, сопоставить их с архивными фотографиями, учесть степень повреждений. Поэлементное высокоточное лазерное сканирование позволило создать «библиотеку» цифровых образов каменных деталей Арки: камней, оставшихся после взрыва на своих местах; разбросанных взрывом, но уцелевших камней; поврежденных камней, нуждающихся в протезировании; камней, подготовленных в начале 1930-х гг. Робером Ами, но не использованных им при реставрации; наконец, камней, вновь изготавливаемых по критериям соответствия изначальному облику Арки. С помощью фотограмметрии были получены графические реконструкции Арки на разные периоды. На базе 3D-модели текущего состояния Арки был воссоздан ее вид до взрыва (рис. 1), что позволило с высокой степенью точности определить изначальное положение перемещенных фрагментов в структуре Арки (рис. 2).

Полностью разделяя мнение Н.Ф. Соловьевой (Соловьева и др., 2019) о том, что «создание цифровых копий разрушаемых памятников – это способ по-новому взглянуть на эти памятники и заново осмыслить взаимоотношения человечества с ключевыми объектами всемирного наследия...<...>... Прекрасный способ объединить просвещенную аудиторию перед лицом войны с исторической памятью,

and restoration of the lost exterior appearance of the monument, ensuring the spatial completeness and structural stability of the structure, but without introducing additions that are not absolutely necessary to maintain the integrity of the site in the viewer's perception.

While previously the installation of the original blocks and details of the monument into the original places resembled, figuratively speaking, “doing a puzzle” and was made by empirical way, which did not exclude trial and error, today the restorers' arsenal was supplemented with new technologies. With the advent of the digital anastylosis method, the possibilities of identifying fragments and fitting the complementary stone blocks more precisely have increased manifold. The algorithm is as follows: a three-dimensional computer model of the monument is created, all original details are digitized and built into the virtual model. Only after that, the restoration project is developed and the physical assembly of the monument starts.

The fragments of the Arch moved to the lapidary were scanned in order to build three-dimensional models of the stones, compare them with archival photographs, and take account of the damage degree. A library of digital images of the Arch's stone details was created by element-by-element high-precision laser scanning: stones that remained in place after the blast; stones that were scattered by the blast but survived, damaged stones in need of prosthetics, stones prepared in the early 1930ies by Robert Amy but not used during the restoration, and finally stones newly manufactured to meet the criteria of conformity to the original appearance of the Arch. Using photogrammetry, graphic reconstructions of the Arch for different periods were obtained. Based on a 3D model of the current state of the Arch, its view before the blast had been reconstructed (Fig. 1), which allowed determining the initial position of the displaced fragments in the Arch structure with a high degree of accuracy (Fig. 2).

Fully sharing the opinion of N.F. Soloveva (Соловьева и др., 2019) that “the creation of digital copies of destroyed monuments is a way to take a fresh look at these monuments and rethink the relationship of the humanity with the key World Heritage sites...<...>... An excellent way to unite an enlightened audience in the face of the war on historical memory declared by militants”, let us note the importance of the practical application of the latest digital technologies to improve the quality of restoration and choose its best option. Within the framework of the desktop pre-design studies, the result of the restoration of the Arch will be modeled

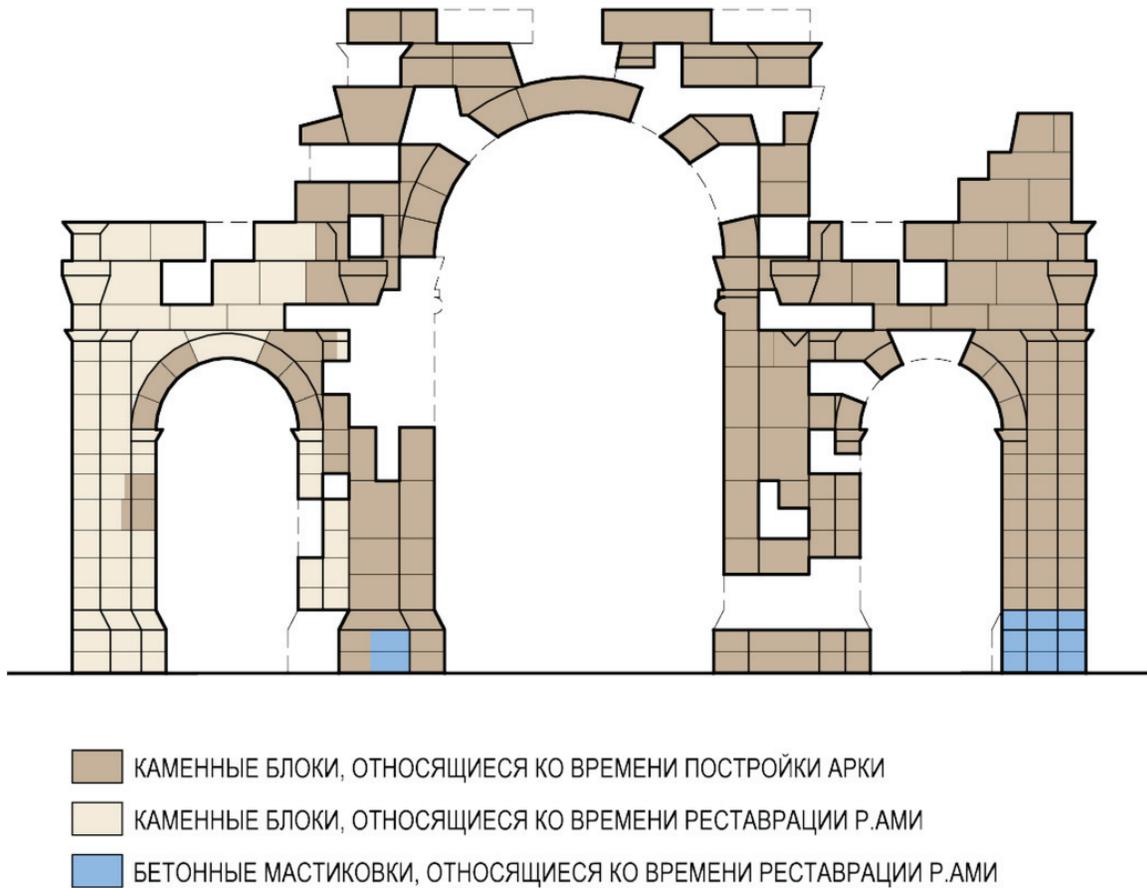


Рис. 2. Виртуальная модель Арки, в которой обрушенные блоки расположены на своих местах (изображение носит условный характер)

Fig. 2. Virtual model of the Arch, in which the collapsed blocks are located in their places (the image is hypothetical)

объявленной боевиками», позволим себе отметить значение практического применения новейших цифровых технологий в целях повышения качества реставрации и выбора ее оптимального варианта. В рамках камеральных предпроектных исследований методом «дигитального анастилоза» будет смоделирован результат восстановления Арки в нескольких вариантах (рис. 3): 1) полное восстановление внешнего облика, приобретенного Аркой к моменту разрушения; 2) восстановление Арки с корректировкой реставрационных решений Робера Ами (замена бетонных мастиковок на каменные вставки, исправление геометрии пилонов, отказ от восстановления камней, появившихся при реставрации начала 1930-х гг.); 3) восстановление Арки с большим приближением к первоначальному облику (докомпоновка Арки с использованием аутентичных камней, а также изготовленных в 1930-е гг., но не установленных в проектное положение в связи с прекращением финансирования реставрационных работ). Разработка нескольких моделей различных

by the “digital anastylosis” method in several variants (Fig. 3): 1) full restoration of the exterior appearance acquired by the Arch by the time of its destruction; 2) restoration of the Arch with adjustments to the restoration solutions of Robert Amy (replacement of concrete mastic fillers with stone inserts, correction of the geometry of the pylons, refusal to restore the stones that appeared during the restoration in the early 1930s); 3) restoration of the Arch with greater approximation to the original appearance (completion of the Arch using authentic stones as well as those made in the 1930s but not installed in the design position due to the cessation of funding for the restoration work). The development of several models of the various states of the site will allow visualization of the final result, as well as advance calculation of the exact number and characteristics of the new parts needed for each stage of the restoration work. Leaving the choice of the final decision to the international expert examination, let us dwell on some invariant principles of restoration reflected in the design concept.

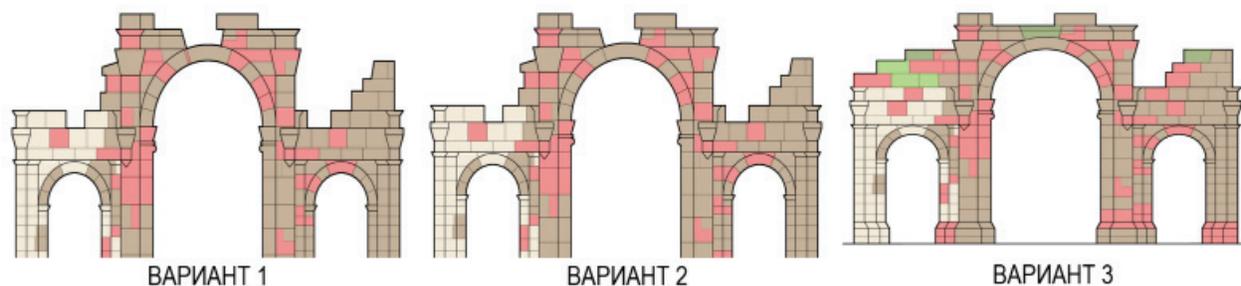


Рис. 3. Принципиальные схемы проектных предложений по трем вариантам реставрации Триумфальной Арки (изображение носит условный характер)
Fig. 3. Schematic diagrams of project proposals for three options for the restoration of the Arc de Triomphe (the image is hypothetical)

состояний объекта позволит визуализировать финальный результат, а также заранее рассчитать точное количество и характеристики новых деталей, необходимых для каждого этапа восстановительных работ. Оставляя выбор окончательного решения на усмотрение международной экспертизы, остановимся на некоторых инвариантных принципах реставрации, нашедших свое отражение в проектной концепции.

Приоритет подлинности: максимальное использование сохранившегося исторического материала, минимизация реставрационного вмешательства

Проектом предполагается стопроцентное использование всех сохранившихся материалов: как мало пострадавших исторических элементов, так и элементов, утративших свою геометрическую форму. Для достижения исторических габаритов и геометрии отдельных элементов допускается докомпоновка подлинного камня новым камнем, специально обработанным по форме конкретного элемента. В случае усиления кладки (когда новый элемент соприкасается с сохранившимся и/или когда старый блок сильно разрушен) допускается

Priority of authenticity: maximum use of the preserved historical material, minimization of restoration intervention

The project assumes one hundred percent use of all preserved materials: both slightly damaged historical elements and elements that have lost their geometric shape. To achieve the historical dimensions and geometry of individual elements, it is allowed to supplement the original stone with new stone specially processed according to the shape of a particular element. In the case of masonry reinforcement (where the new element is in contact with the preserved one and/or where the old block is heavily destroyed), it is allowed to supplement the extrusion area with new stone only in the hidden parts on the inside to provide the necessary structural cohesion (Fig. 4). The surface is only allowed to be supplemented where it is necessary to ensure the stability of the structure when it has lost its load-bearing capacity, and/or where the overall shape cannot be read without the supplements. Supplements of compound configurations may be made of several components, glued together without a seam to create the effect of a single array (Fig. 5). Preserving of the monument original appearance requires careful

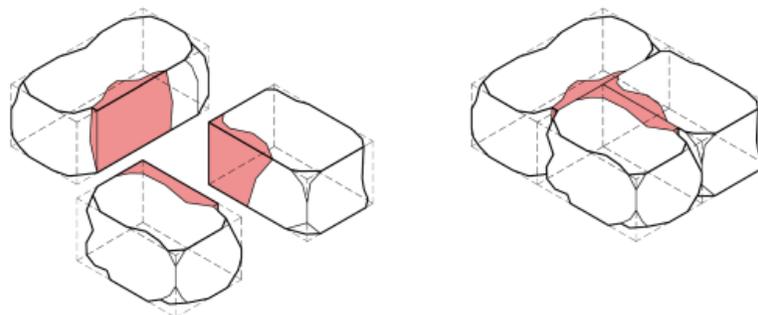


Рис. 4. Докомпоновка внутренних поверхностей каменных блоков для обеспечения конструктивной связности
Fig. 4. Supplementing internal surfaces of stone blocks to ensure constructive connectivity

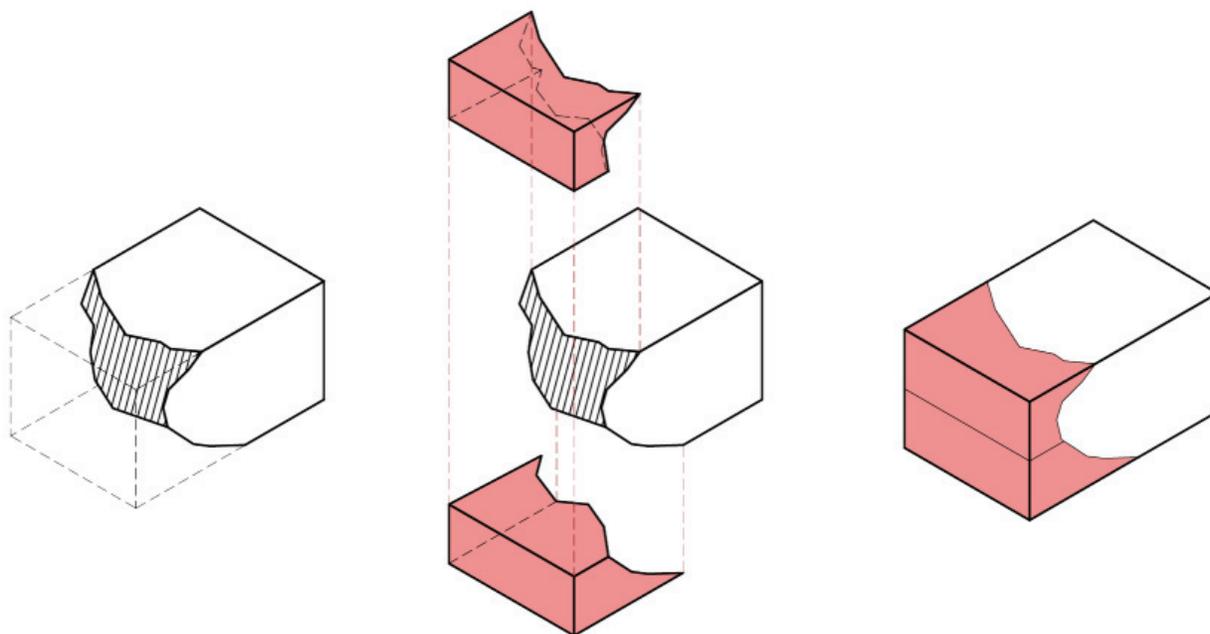


Рис. 5. Докомпоновка сложной конфигурации из нескольких бесшовно склеенных составных частей
 Fig. 5. Supplementing a complex configuration from several seamlessly glued components

докомпоновка зоны экструзии новым камнем только в скрытых частях с внутренней стороны для обеспечения необходимой конструктивной связности (рис. 4). Докомпоновка лицевой поверхности допускается исключительно там, где это необходимо для обеспечения устойчивости конструкции при потере ею несущей способности, и/или там, где без докомпоновок не читается общая форма. Докомпоновки сложной конфигурации могут быть выполнены из нескольких составных частей, склеенных между собой без шва для создания эффекта единого массива (рис. 5). Сохранение подлинного облика памятника требует бережного отношения к проявлениям естественного старения («патине времени»), поэтому незначительные утраты лицевой поверхности блоков, как правило, не восстанавливаются.

Обратимость технологических решений

Принцип обратимости – главный в реставрации. Все действия, которые производит реставратор, в том числе укрепление конструкции и восполнение утрат, должны носить обратимый характер, чтобы гарантировать потенциальную возможность новой реставрации в будущем при появлении более совершенных технологий. Не менее важную роль играет фактор обратимости, если уже в ходе производства работ обнаруживаются ранее не известные обстоятельства, требующие уточнения и корректировки ранее принятых проектных решений.

attitude to the manifestations of natural aging (“patina of time”), so minor losses of the face surface of the blocks are generally not restored.

Reversibility of technology solutions

The principle of reversibility is central to restoration. All the actions performed by the restorer, including strengthening the structure and filling in the losses, must be reversible to guarantee the potential possibility of a new restoration in the future when better technologies become available. Equally important is the reversibility factor if, in the course of the work, previously unknown circumstances are discovered that require clarification and correction of the previously made design decisions.

Reversibility considerations also account for the strict regulation of the use of modern bonding materials, mortars and fixing systems. For example, gluing is often necessary to bind structural elements together, but it is known that the gluing of historical stone fragments with supplements is poorly reversible. Given this fact, in our project gluing (as well as the use of modern bonding materials, mortars and fixing systems) is allowed only in the following cases: 1) supplementing (“prosthetics”) of solid historical stone blocks to “treat” large areas of rock weathering; 2) bonding together large fragments of mechanically destroyed blocks; 3) seamless gluing together of components of supplements of a complex configuration.

Соображениями обратимости обусловлена строгая регламентация применения современных связующих материалов, растворов и крепежных систем. Так, например, склейка часто бывает необходима для скрепления между собой элементов конструкции, но при этом известно, что склейка исторических фрагментов камней с докомпоновками слабо обратима. Принимая во внимание этот факт, в нашем проекте склейка (а также применение современных связующих материалов, растворов и крепежных систем) допускается только в следующих случаях: 1) докомпоновка («протезирование») цельных исторических каменных блоков для «лечения» значительных зон выветривания породы; 2) связывание воедино крупных фрагментов механически разрушенных блоков; 3) бесшовное склеивание между собой составных частей докомпоновок сложной конфигурации.

По предварительным расчетам при реставрации Триумфальной Арки возникнет необходимость крепления элементов между собой. В качестве аналога рассматривается металлическая анкеровка со свинцом. Очевидно, что эта технология будет переосмыслена в композитных материалах, которые одновременно являются достаточно жесткими, чтобы обеспечить пространственную устойчивость, и достаточно мягкими, чтобы не разрушать подлинный камень и обеспечить достаточную вязкость материала, необходимую для строительства в данных географических условиях. При соединении между собой старых камней зона крепления рассверливается и стыкуется (рис. 6). Монтаж производится насухо (впритирку). Схемы

According to preliminary calculations, the restoration of the Triumphal Arch will require anchoring of the elements to each other. Metal anchoring with lead is considered as an analogue. This technology is certain to be reconsidered in composite materials that are both rigid enough to provide spatial stability and soft enough not to destroy the original stone and to provide sufficient toughness of materials required for construction in the given geographical conditions. When the old stones are joined together, the anchoring area is drilled out and butted together (Fig. 6). The installation is carried out dry (very tightly). The schemes of the joint units are subject to calculation for the mobility of the unit, seismic loads, and the arch thrust.

Aspects of the reversibility principle as applied to the restoration by R. Amy

The principle of reversibility is projected into the restoration work carried out in the early 1930ies by French specialists under the direction of Robert Amy. The restoration work was primarily aimed at reinforcing the deteriorating structures. When the work was completed in 1931, the Arch acquired the appearance that has become known throughout the world.

We are not inclined to regard some of R. Amy's restoration solutions as erroneous: for the most part, they were due to the lack of appropriate technical means and a limited budget. At the same time the restorer tried to cause as little damage to the monument as possible.

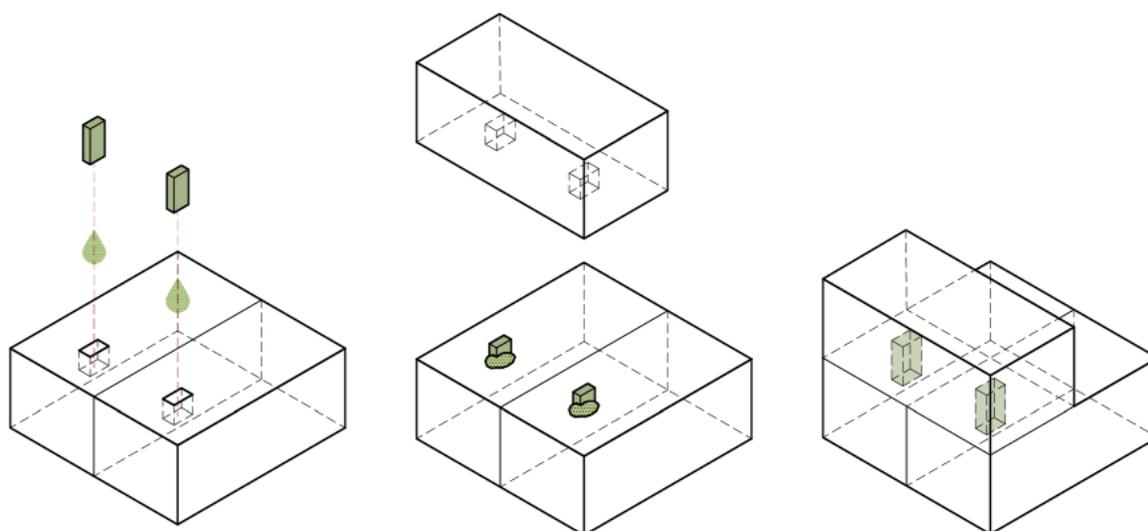


Рис. 6. Схема поэлементной сборки Арки с применением аутентичного принципа анкеровки
Fig. 6. Scheme of the element-by-element assembly of the Arch using the authentic anchoring principle

стыкочных узлов подлежат расчету на подвижность узла, сейсмические нагрузки, распор арки.

Аспекты принципа обратимости применительно к реставрации Р. Ами

Следование принципу обратимости находит свою проекцию в отношении к реставрационным мероприятиям, выполненным в начале 1930-х гг. силами французских специалистов под руководством Робера Ами. Реставрационные работы были направлены, прежде всего, на укрепление разрушающихся конструкций. По завершении работ в 1931 г. Арка приобрела тот вид, который и стал известен всему миру.

Мы не склонны считать некоторые реставрационные решения Р. Ами ошибочными – в большинстве своем они были обусловлены отсутствием надлежащих технических средств и ограниченным бюджетом. При этом реставратор стремился минимизировать наносимый памятнику урон. Вот как он сам описывает ситуацию с замковым камнем в центральной части Арки: «Я предпочел вернуть замок на его старое место и сделать только один разрез, наложив грани элементов одну на другую. Очевидно, что в идеале нужно было вернуть в вертикальное положение весь пилон А, чтобы получить идеальный подвес. В Пальмире у меня не было средств, необходимых для такого сложного предприятия» (Amy, 1933. P. 396–411). Волею судеб в ходе нынешней реставрации нам предоставляется случай откорректировать ряд реставрационных решений, реализованных в 1930-х гг. В числе этих корректировок: 1) предварительное решение о ликвидации выполненных Р. Ами цементных зачеканок и бетонных домастиковок лицевых поверхностей

This is how he himself described the situation with the keystone in the central part of the Arch: “I preferred to return the keystone to its former position and make only one cut, superimposing the facets of the elements one on another. Obviously, ideally the entire pylon A was to be returned to its vertical position in order to obtain a perfect suspension. In Palmyra I did not have the means necessary for such a difficult enterprise” (Amy, 1933. P. 396–411). In the course of the present restoration, we have the opportunity to correct a number of restoration solutions made in the 1930s. These corrections include: 1) the preliminary decision to remove R. Amy’s cement caulking and concrete mastic fillers of the face surfaces, followed by the compensation of the losses with “native” stone; 2) the refusal to restore the stone blocks introduced by Amy, which were not there historically, such as the narrow insert in the central part of the Arch (Fig. 7). This insert was made due to the deviation of pylon A from the vertical. At present, pylon A is almost completely destroyed and can be restored in line with the vertical plane. This solution will allow abandoning R. Amy’s forced addition. One of the ethical imperatives of scientific restoration is formulated as follows: “Do not unnecessarily remove traces of previous restorations”. Following this principle, we are preserving a certain “Amy’s layer”, in particular the pylons restored by him (Fig. 8). We are also considering the possibility of preserving one section of the concrete mastic filling as a reminder of the previous stage of the Arch restoration and as material evidence of the restoration techniques and technologies of the first third of the 20th century.

In the course of the work, after the repair of the concrete mortar made by R. Amy in the places of weathering of stone blocks, as well as according to

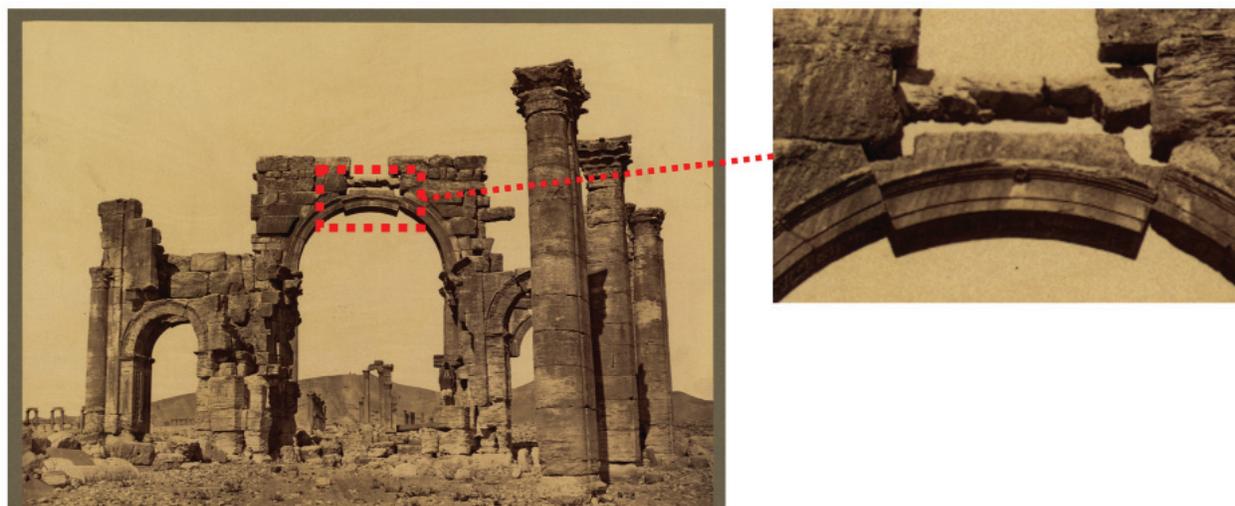


Рис. 7. Введенная Р. Ами узкая вставка в центральной части Арки не подлежит восстановлению
 Fig. 7. The narrow insertion introduced by R. Amy in the central part of the Arch cannot be restored



Рис. 8. Сохранение пилона, восстановленного при реставрации Р. Ами
Fig. 8. Preservation of the pylon restored by R. Ami

с последующей докомпоновкой утрат «родным» камнем; 2) отказ от восстановления введенных Ами каменных блоков, которых не было исторически, например, узкой вставки в центральной части Арки (рис. 7). Эта вставка была выполнена в связи с отклонением пилона А от вертикали. В настоящее время пилон А почти полностью разрушен и может быть восстановлен с соблюдением вертикальной плоскости. Данное решение позволит отказаться от вынужденного дополнения Р. Ами. Один из этических императивов научной реставрации сформулирован так: «Не устранять без необходимости следы предыдущих реставраций». Следуя этому принципу, мы сохраняем некий «слой Ами», в частности восстановленные им пилоны (рис. 8). Также рассматривается возможность сохранения одного участка бетонной мастиковки в память о предшествующем этапе восстановления Арки и в качестве материального свидетельства реставрационных приемов и технологий первой трети XX в.

В процессе производства работ, после проведения вычинки бетонного раствора, выполненного Р. Ами

the results of laser scanning of opened earlier concrete-coated surfaces of the blocks, the following variants are possible: 1) after the repair everything remains as it is; 2) the possibility of supplementing with new stone with gluing, with account of the aforesaid about the reversibility of technological solutions; 3) the use of variants 1 and 2 as applied to one element. One of the pylons with concreting by Amy (in the lower part) is preserved as a memory of the preceding period of restoration.

The restoration work under Amy's direction was not brought to its logical conclusion and ended due to the cessation of funding. Some of the historical stones were not mounted. A number of the fallen historical stones were not installed in their designed position due to lack of time. In addition, a number of new stones were made and are still preserved in R. Amy's lapidary. The use of all of these stones, both authentic and those made by Amy (Fig. 9), creates opportunities for the restoration of the original appearance of the Arch with greater credibility than was possible during the restoration of the 1930s.



Рис. 9. Исторические и изготовленные в 1930-х гг. камни из лапидария Р. Ами
 Fig. 9. Stone blocks – historical and made in the 1930s. from R. Ami lapidary

в местах выветривания каменных блоков, а также по результатам лазерного сканирования раскрытых ранее обетонированных поверхностей блоков возможны варианты: 1) после вычинки все остается как есть; 2) рассматривается возможность докомпоновки новым камнем со склейкой, с учетом всего сказанного выше об обратимости технологических решений; 3) использование вариантов 1 и 2 применительно к одному элементу. Один из пилонов с бетонированием Ами (в нижней части) сохраняется как память о предшествующем периоде реставрации.

Реставрационные работы под руководством Ами не были доведены до логического завершения и закончились в связи с прекращением финансирования. Часть исторических камней не была смонтирована. Ряд упавших исторических камней не успели установить в проектное положение. Кроме того, был изготовлен ряд новых камней, которые сохранились до сих пор в лапидарии Р. Ами. Использование всех этих камней – как аутентичных, так и изготовленных Ами (рис. 9) – создает предпосылки для восстановления первоначального облика Арки с большей достоверностью, чем это удалось сделать при реставрации 1930-х гг.

Отличимость привносимых дополнений

Все строения в Пальмире, включая Триумфальную Арку, сложены из мраморизованного известняка. Этот камень и сейчас добывается в карьере в окрестностях Пальмиры. Проектом предполагается использование этого местного натурального камня для «протезирования» деструктурированных исто-

Distinguishability of the introduced additions

All the structures in Palmyra, including the Triumphal Arch, are made of marmorized limestone. This stone is still mined in a quarry in the outskirts of Palmyra. The project envisages the use of this local natural stone to “prostheteze” the cracked historical blocks and to replace elements that have been completely lost. Under the influence of atmospheric phenomena, marmorized limestone darkens, its original milky color turns into a pinkish-brown tone, and the surface texture acquires a characteristic flakiness over time. This means that the insertions of “fresh” stone will differ from the historical stone in color and texture for decades, and therefore, no special signage of new inclusions will be required.

The principle of the visual distinction between the old and the new removes the issue of the expediency of reproducing the carved decor which once decorated the vaults and the side columns of the Arch (Fig. 10) from the agenda: copying the historical finish of the surfaces is completely excluded. If one block consists of a new and an old part, the following options for the design solution in terms of the décor are considered: 1) the new elements are taken to their original position before the primary treatment of the surfaces (without decoration); 2) an intermediate stage of surface treatment as an artistic technique is selected. Each of the above options is fundamentally suitable and applicable depending on the situation. Option 1 is applicable when few historical elements have been preserved; option 2 is applicable when many historical fragments have been preserved.

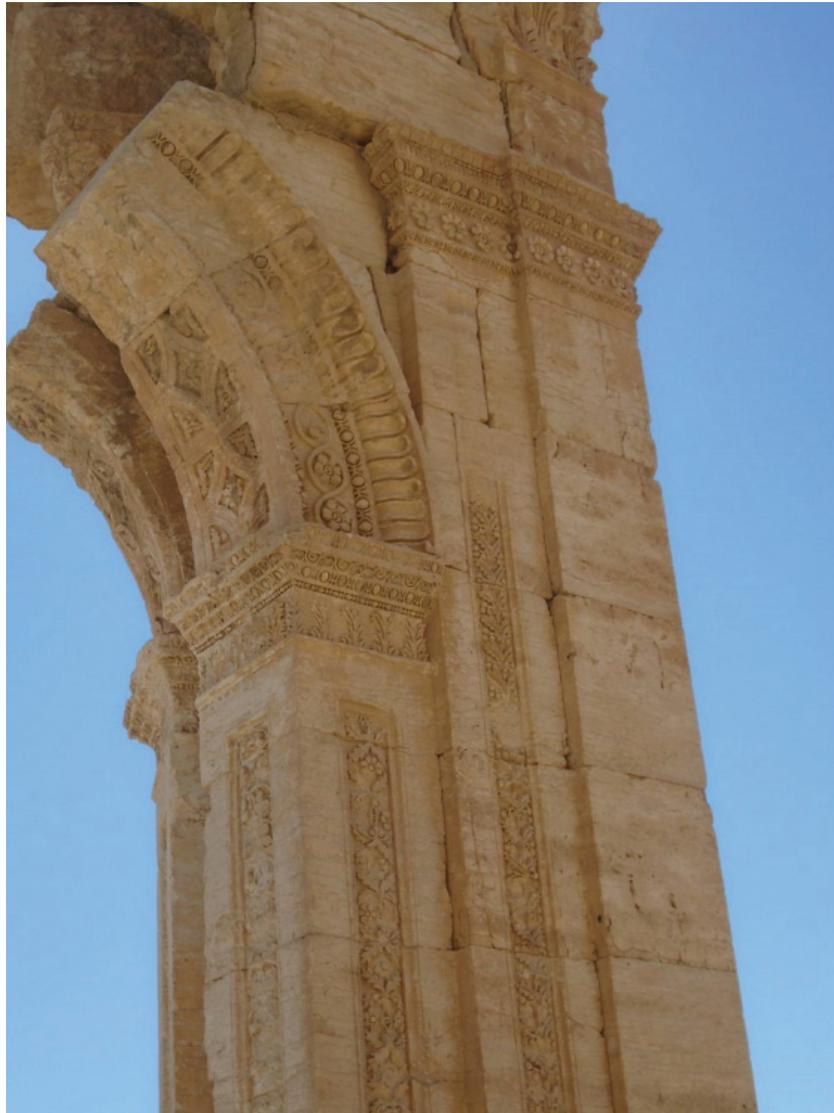


Рис. 10. Каменные своды и боковые колонны Триумфальной Арки были украшены резьбой по камню в виде растительных и геометрических орнаментов

Fig. 10. The stone vaults and side columns of the Arc de Triomphe were decorated with stone carvings in the form of floral and geometric ornaments.

рических блоков и возмещения полностью утраченных элементов. Под воздействием атмосферных явлений мраморизованный известняк темнеет, его изначальный молочный цвет переходит в розовато-бурую тональность, а фактура поверхности со временем приобретает характерную чешуйчатость. Сказанное означает, что вставки «свежего» камня будут десятилетиями отличаться от исторического по цвету и фактуре, следовательно, никакой специальной сигнации новых включений не потребуется.

Принцип визуального различия старого и нового снимает с повестки дня вопрос о целесообразности воспроизведения резного декора, некогда украшавшего

Conclusion

Cultural heritage sites as well as the individual techniques of their restoration, have an infinite variety preventing any dogmatic approach. The restoration of the war-damaged monuments in the 20th century was carried out in a wide range from complete meticulous recreation (Peterhof Palace, restoration in 1944–1964) to fragmentary restoration (New Museum in Berlin, restoration in 1997–2009) and even the conservation of the war ruins (Gedächtniskirche in West Berlin, conservation in 1957–1961). It seems to us that the combination of the principles of scientific archaeological restoration and the anastylosis method in the restoration project of the Triumphal Arch

своды и боковые колонны Арки (рис. 10): копирование исторической финишной обработки поверхностей полностью исключается. Если один блок состоит из новой и старой части, рассматриваются следующие варианты проектного решения в части декора: 1) новые элементы выводятся в первоначальное положение до первичной обработки поверхностей (без декора); 2) выбирается промежуточный этап обработки поверхностей как художественный прием. Каждый из вышеописанных вариантов принципиально пригоден и применяется в зависимости от ситуации. Вариант 1 применим, когда сохранилось мало исторических элементов; вариант 2 – когда сохранилось много исторических фрагментов.

Заключение

Объекты культурного наследия, как и индивидуальные приемы их реставрации, обладают бесконечным многообразием, не допускающим догматического подхода. Восстановление разрушенных войной памятников в XX в. осуществлялось в широком спектре от целостного воссоздания в мельчайших деталях (Петергофский дворец, реставрация 1944–1964 гг.) до фрагментарной реставрации (Новый музей в Берлине, реставрация 1997–2009 гг.) и даже консервации военных руин (Гедехтнискирхе в Западном Берлине, консервация 1957–1961 гг.). Нам представляется, что сочетание принципов научной археологической реставрации и метода анастилоза в проекте реставрации Триумфальной Арки Пальмиры позволит вписать новую главу в историю посттравматической «реабилитации» памятников истории и культуры мирового значения.

in Palmyra will allow us to create a new chapter in the history of the post-traumatic “rehabilitation” of monuments of history and culture of world significance.

Источники и литература Bibliography

- Соловьева Н. Ф., Соловьев С. Л., Блохин Е. К., Казаков Э. Э., 2019. Пальмира во времени и пространстве. Прошлое человечества в трудах петербургских археологов на рубеже тысячелетий (К 100-летию создания российской академической археологии). СПб.
- Amy R., 1933. Premières restaurations de l'Arc monumental de Palmyre // Syria. Archéologie, art et histoire année. Paris. Vol. 14, № 4.
- Petzet M., 2016. Anastylosis or reconstruction – the conservation concept for the remains of the Buddhas of Bamiyan // International Council on Monuments and Sites (March 27, 2016).
- Stubbs J. H., Thomson R. G., 2016. Architectural Conservation in Asia: National Experiences and Practice. London.
- Thuswaldner B., Flöry S., Kalasek R., Hofer M., Qi-Xing Huang, Thür H., 2007. Digital Anastylosis of the Octagon in Ephesos // ACM Journal on Computers and Cultural Heritage. Vol. V.

Символизм Арки Пальмиры и особенности реставрационных работ с памятниками-символами

Symbolism of the Palmyra Arch and the Features of Restoration Work with Symbolic Monuments

А. В. Михайлов¹, В. Э. Трушковский²
A. V. Mikhailov¹, V. E. Trushkovsky²

Символ – это не просто образ – это множественность смыслов.
Ролан Барт (Roland Barthes)

DOI: 10.31600/978-5-907298-39-2-2022-187-194

Востребованность восстановления (воссоздания) памятников архитектуры, как правило, возникает либо в период идеологических изменений (например, изменение или реабилитация политической и культурной системы ценностей), что приводит к переосмыслению ценности памятников архитектуры, либо в период послевоенного воссоздания, как это было и продолжается по настоящее время в различных странах после разрушений Второй мировой войны 1939–1945 гг. Потребность сохранить культурное наследие нации, уцелевшее подлинное, восполнить утраты и вернуть памятникам их облик и значение в историко-архитектурной среде – ансамбле, панораме улицы, в структуре города – вот основные предпосылки восстановления памятников.

Исследования исторического опыта воссоздания памятников мировой архитектурной практики выявили огромное количество таких объектов. Многие из них воссоздавались неоднократно, становясь при этом сегодня объектами всемирного наследия ЮНЕСКО. Важно отметить, что как раньше, так и сейчас предпосылками к воссозданию служили желание и потребность народов сохранить свою историю, значимость и важность исторического объекта, разрушенного в результате войн и природных катаклизмов, иных воздействий. Чаще всего восстанавливались памятники, имевшие символическое значение.

Символика – совокупность символов, используемых той или иной группой лиц, организацией, общественным или политическим образованием,

The demand for the restoration (recreation) of architectural monuments generally arises either during a period of ideological changes (for example, a change or rehabilitation of the political and cultural system of values) resulting in a rethinking of the value of architectural monuments, or in the period of post-war reconstruction, as it was and continues to be to the present in various countries after the devastation of World War II of 1939–1945. The need to preserve the cultural heritage of the nation, the surviving original, to make up for the losses and return their appearance and significance to the monuments in the historical and architectural environment – the ensemble, the panorama of the street, in the structure of the city – are the main prerequisites for the restoration of monuments.

Studies of the historical experience of recreating monuments of the world architectural practice have revealed a huge number of such sites. Many of them have been recreated more than once, while becoming UNESCO World Heritage Sites today. It is important to note that both before and now, the prerequisites for reconstruction were the desire and need of peoples to preserve their history, the significance and importance of a historical site destroyed as a result of wars and natural disasters, and other exposures. Most often, monuments that had a symbolic meaning were restored.

Symbolism is a set of symbols used by a particular group of people, organization, public or political entity, state, and so on. It reflects a certain system of values and priorities of both an individual and large or small

¹ Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: mikhaylovalex@yandex.ru.

² Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18. Институт истории материальной культуры РАН, Центр спасательной археологии. E-mail: vtrushkovskiy@internet.ru.

¹ 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: mikhaylovalex@yandex.ru..

² 18 Dvortsovaya Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia. Institute for the History of Material Culture, RAS, Rescue Archeology Center. E-mail: vtrushkovskiy@internet.ru.

государством и так далее. Она отображает некую систему ценностей и приоритетов как отдельного человека, так и больших или малых сообществ, профессиональных, социальных, политических объединений. Однако точного определения понятия символа не существует. Само понятие может трактоваться как результат мыслительной деятельности, спровоцированной событиями жизни, природными явлениями, эмоциональной реакцией на них и миропониманием каждого индивидуума. Чаще всего это обнаружение незримой связи между явлениями как материальной, так и духовной деятельности человека, и, соответственно, культуры.

Свои официальные символы есть у многих городов и населенных пунктов. Как правило, это герб, флаг и гимн города. Но кроме этих официально утвержденных смысловых знаков есть еще объекты, которые воспринимаются как символы, и обращению к ним даже придается некая законность. Это в большинстве своем объекты архитектуры, причем единственные, не повторенные ни в одном из городов мира, те, по которым можно безошибочно определить, что это за город или местность, и это основная задача символа (рис. 1). Качества, которые обеспечивают ее решение, – узнаваемость и, соответственно, максимальная неизменность.

Если анализировать символизм объектов всемирного культурного наследия, то необходимо, прежде всего, обращаться к основному понятию, определяющему принцип внесения данных объектов в список наивысших культурных ценностей для всего мира. Это понятие выдающейся универсальной ценности, которое не только определяет характеристики ценности, но и обуславливает все дальнейшие действия в отношении

communities, professional, social, political associations. However, there is no exact definition of the concept of a symbol. It can be interpreted as the result of mental activity provoked by life events, natural phenomena, emotional response to them and the worldview of each individual. This is most often the discovery of an invisible link between the phenomena of both material and spiritual human activity, and culture, respectively.

Many cities and towns have their official symbols. As a rule, this is the coat of arms, flag and anthem of the city. But besides these officially approved semantic signs, there are still objects perceived as symbols, and some kind of legality is even attached to the reference to them. For the most part, these are architectural objects, and the only ones that are not repeated in any of the cities in the world, those by which one can unmistakably determine what kind of city or locality it is, and this is the main task of the symbol (Fig. 1). The qualities that provide its solution are recognition and, accordingly, maximum unalterability.

If we analyze the symbolism of world cultural heritage sites, it is primarily necessary to refer to the basic concept that determines the principle of including these sites in the list of the highest cultural values for the whole world. This is the concept of Outstanding Universal Value which determines both the characteristics of the value and all further actions in relation to the heritage site. Is the presence of an outstanding universal value a prerequisite for a monument-symbol? Both yes and no. Not all monuments-symbols are World Heritage Sites, with most World Heritage Sites being symbols of their peoples. Rather, some combination of material (urban



Рис. 1. Общая схема восприятия памятника как символа
 Fig. 1. General scheme of perception of the monument as a symbol

объекта наследия. Является ли наличие выдающейся универсальной ценности обязательным условием памятника-символа? И да, и нет. Не все памятники-символы являются объектами всемирного наследия, при этом большинство объектов всемирного наследия является символами своих народов. Важно скорее некое сочетание материальных (градостроительных, архитектурных или технологических) и нематериальных атрибутов (функция, эпизодическое использование, исторические события, литературно-художественные образы, мифы) (рис. 2). При этом нематериальные атрибуты имеют в данном контексте первостепенное значение.

Какие еще свойства можно выделить в памятниках-символах? Это уникальность, узнаваемость, ассоциативность, информативность, идентичность. По каждому из этих понятий можно представить отдельное исследование, но это не предмет настоящей статьи. Мы, безусловно, знаем множество архитектурных объектов в мире, которые обладают этими характеристиками. Работая даже с достаточно обобщенными, не детально атрибутированными характеристиками выдающейся универсальной ценности объекта всемирного наследия «Археологические памятники Пальмиры», мы можем выделить ряд важных его нематериальных составляющих (рис. 3): 1) объект является свидетельством уникальных эстетических достижений (критерий 1); 2) величие Пальмиры способствовало последующему возрождению классических архитектурных стилей и городского дизайна в Западной Европе (критерий 2); 3) резная скульптурная обработка Триумфальной Арки, через которую можно попасть из храма Бела в Погребальный храм, является выдающимся примером пальмирского

planning, architectural or technological) and non-material attributes (function, episodic use, historical events, literary and artistic images, myths) is more important (Fig. 2). At the same time, intangible attributes are of paramount importance in this context.

What other qualities can be identified in the monuments-symbols? These are uniqueness, recognizability, associativity, informativeness, identity. A separate study can be presented on each of these concepts, but this is not the subject of this article. We certainly know many architectural sites in the world that have these characteristics. Working even with fairly generalized, not detailed characteristics of the outstanding universal value of the World Heritage site “Palmyra’s Archaeological Monuments”, we can identify a number of its important intangible components (Fig. 3): 1) the site is an evidence of a unique aesthetic achievement (criterion 1); 2) the splendor of Palmyra contributed to the subsequent revival of classical architectural styles and urban design in Western Europe (criterion 2); 3) the carved sculptural treatment of the Triumphal Arch of Triumph, through which one can get from the Temple of Bel to the Funerary Temple, is an outstanding example of Palmyrene art (criterion 4). A special mention should be made of the deep symbolism of the openings in the walls between the rooms: arches, portals. The ancient mysticism of the transition from one space to another has always excited the minds of people (Fig. 4).

The analysis of the attributes of the outstanding universal value and other aspects allows drawing the following conclusions about the symbolism of the Triumphal Arch of Palmyra: 1) the Arch of Palmyra is a unique architectural structure of the complex

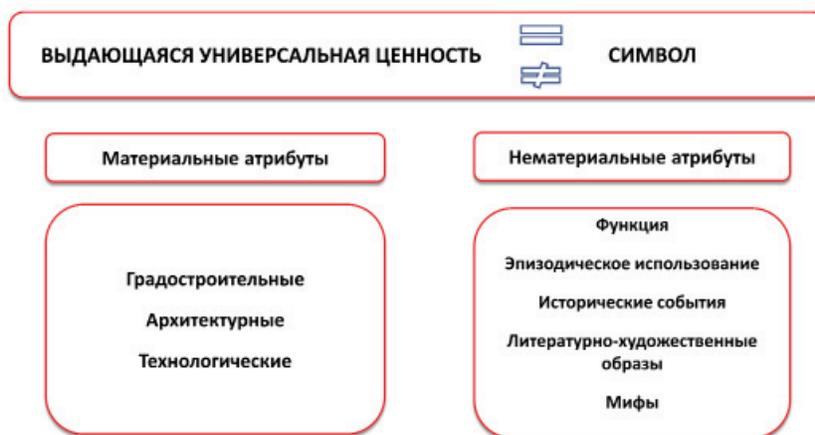


Рис. 2. Соотношение выдающейся универсальной ценности и памятника-символа
 Fig. 2. The ratio of the outstanding universal value and the monument-symbol

искусства (критерий 4). Отдельно необходимо отметить глубинный символизм проемов в стенах между помещениями – арок, порталов. Древний мистицизм перехода из одного пространства в другое всегда будоражил умы людей (рис. 4).

of archaeological monuments of Palmyra, reflecting the level of development of architectural thinking and building technologies; 2) in addition to the Great Temple of Bel and the Valley of the Tombs, the Arch of Palmyra is the most recognizable and attractive

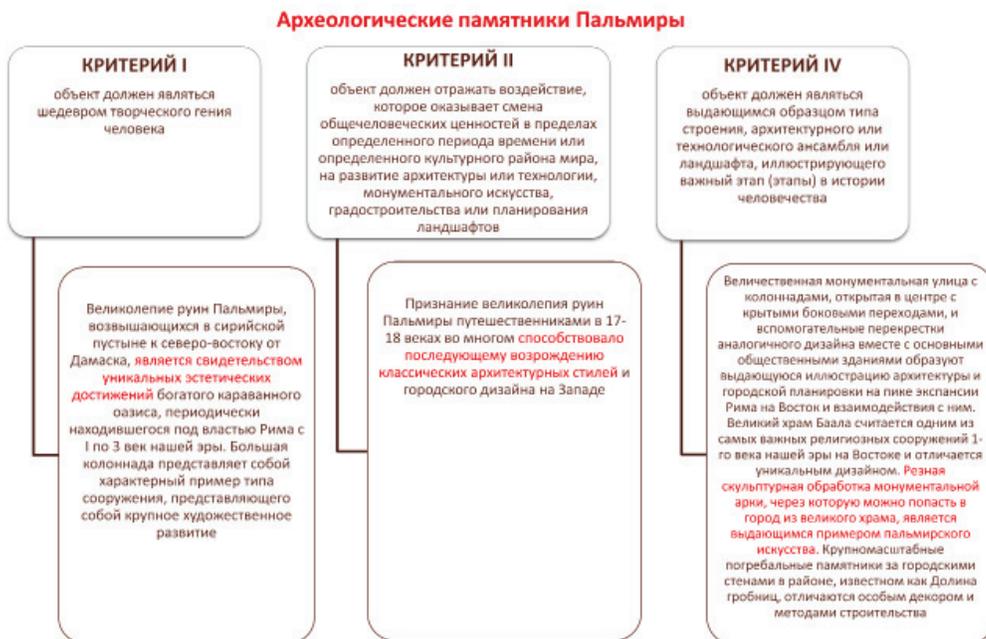


Рис. 3. Нематериальные составляющие археологического памятника Пальмиры
Fig. 3. Intangible components of the archaeological site of Palmyra

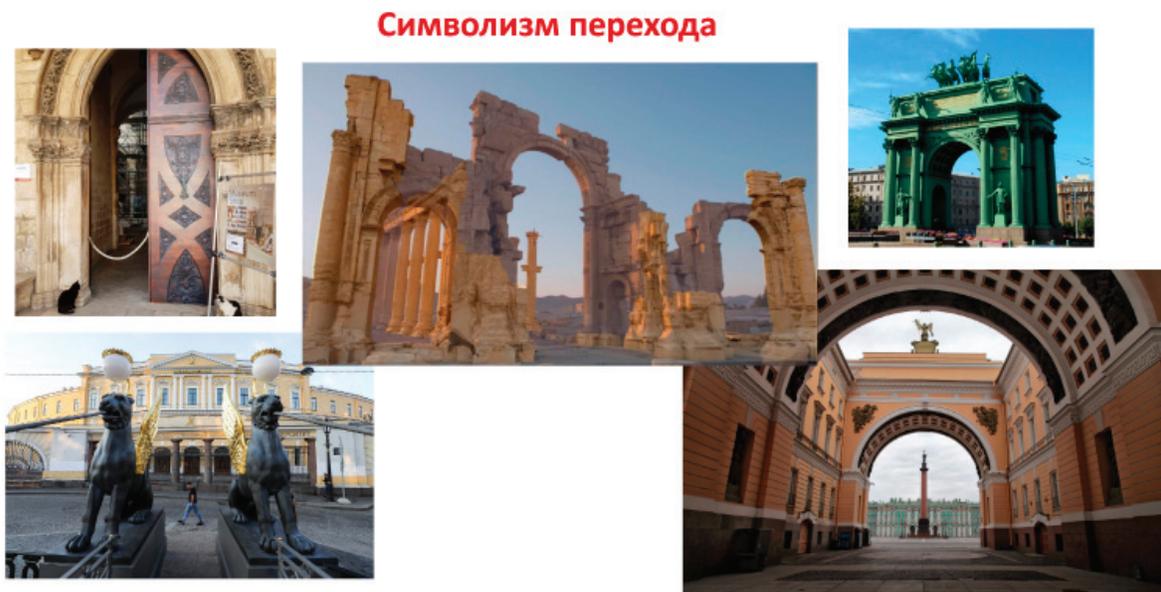


Рис. 4. Примеры порталов как символов перехода из одного пространства в другое
Fig. 4. Examples of portals as symbols of transition from one space to another

В итоге проведенного анализа атрибутов выдающейся универсальной ценности и иных аспектов можно сделать следующие выводы о символизме Арки Пальмиры: 1) Арка Пальмиры является уникальным архитектурным сооружением комплекса археологических памятников Пальмиры, отражающим уровень развития архитектурного мышления и строительных технологий; 2) помимо Великого храма Бэла и Долины гробниц, Арка Пальмиры является наиболее узнаваемым и привлекательным туристическим объектом комплекса не только в Сирии, но и для других стран; 3) Арка Пальмиры ассоциируется с наивысшим периодом развития пальмирской цивилизации и с достижениями народов Сирии в искусстве, архитектуре, торговле; 4) Арка Пальмиры несет информацию о межкультурном взаимодействии народов Древнего Рима и Востока, об уровне культурного и экономического развития, основанного на традиционных формах деятельности; 5) Арка Пальмиры как символ памяти, связи поколений древних поселенцев и современных сирийцев, их славы и достоинства, соединяющий прошлое величие с достижениями современности, формирует идентичность сирийского народа.

На сегодняшний день восстановление памятников-символов – это важная задача не только в отношении Арки Пальмиры, но и символических объектов Франции и Японии. 15 апреля 2019 г. сильный пожар опустошил главный собор не только французской столицы, но и всей Франции – собор Парижской Богоматери (Notre-Dame de Paris) (рис. 5), а 19 октября 2019 г. в Японии в очередном пожаре сгорел дотла Государственный зал замка Сюри-дзе (рис. 6). Этим двум объектам была посвящена выставка международного сайта ИКОМОС, обнародованная в сентябре 2022 г. под наименованием «Возрождение после катастрофы: Воссоздание Нотр-Дам-де-Пари и замка Сюри-дзе» («Revival after a disaster: The restoration of Notre-Dame de Paris and Shuri-jō Castle»). На выставке была предоставлена хронология событий разрушительных пожаров 2019 г., снимки повреждений. В результате пожара, несмотря на усилия спасателей, убранство памятников сильно пострадало, что привело, как казалось, к невосполнимым потерям. Это далеко не первый случай, когда эти памятники подвергались разрушению, но, однако, каждый раз общественное мнение поднималось в пользу их воссоздания. Проведенные реставрационные работы и переустройства усилили бы их целостность и культурную ценность для передачи их следующим поколениям. Изобразительный ряд сопровождался текстовыми комментариями по истории становления и бытования каждого из объектов с отсылками на международную философию по восстановлению наследия с учетом ее изменения во времени. Виртуальная выставка предлагала реальную

tourist site of the complex both in Syria and in other countries; 3) the Arch of Palmyra is associated with the highest period of development of the Palmyrene civilization and with the achievements of the peoples of Syria in art, architecture, trade; 4) the Arch of Palmyra carries information about the intercultural interaction of the peoples of Ancient Rome and the East, about the level of cultural and economic development based on traditional forms of activity; 5) the Arch of Palmyra as a symbol of memory, connection between generations of ancient settlers and modern Syrians, their glory and dignity, connecting the past greatness with the achievements of the present, forms the identity of the Syrian people.

The restoration of monuments-symbols today is an important task both in relation to the Triumphal Arch of Palmyra and symbolic sites of France and Japan. On April 15, 2019, a strong fire devastated the main cathedral not only of the French capital, but of the whole of France – Notre-Dame de Paris Cathedral (Fig. 5), and on October 19, 2019 in Japan, the State Hall of Shuri-jo Castle burnt to the ground in another fire (Fig. 6). Dedicated to these two sites was the exhibition of the international ICOMOS website published in September 2022 under the title “Revival after a disaster: The restoration of Notre-Dame de Paris and Shuri-jō Castle”. The exhibition presented a chronology of the events of the devastating fires of 2019 and images of damage. As a result of the fire, despite the efforts of rescuers, the decoration of the monuments was badly damaged, which led, as it seemed, to irreparable losses. This is not the first time that these monuments have been destroyed, but, however, every time the public opinion has risen in favor of their re-creation. The restoration and reorganization carried out would enhance their integrity and cultural value in order to pass them on to the next generations. The visual images were accompanied by textual comments on the history of the formation and existence of each of the sites with references to the international philosophy of heritage restoration with account of its change over time. The virtual exhibition offered a real opportunity to discuss actions to disseminate the experience of post-traumatic heritage recovery through these two symbolic events, discussing the response of both countries to destruction.

The framework of the Internet exhibition involved detailed consideration of the complex tasks of recreating World Heritage sites. In both cases, both from Japan and from France, it was decided to recreate the monuments in the state in which they were before the fire. However, this decision appears to contradict the heritage conservation doctrines based on the authenticity of the materials, given that the historical specimens



Рис. 5. Пожар 15.04.2019 в соборе Парижской Богоматери (фото с сайта: <https://www.notredame-shurijo.com/eng/index.shtml>)

Fig. 5. Fire on 15.04.2019 in Notre Dame Cathedral (photo from: <https://www.notredame-shurijo.com/eng/index.shtml>)



Рис. 6. Пожар 19.10.2019 в Государственном зале замка Сюри-дзэ (фото с сайта: <https://www.notredame-shurijo.com/eng/index.shtml>)

Fig. 6. Fire on 10.19.2019 in the State Hall of Shuri-jo Castle (photo from: <https://www.notredame-shurijo.com/eng/index.shtml>)

возможность обсуждения действий по распространению опыта посттравматического восстановления наследия через эти два символических случая, обсуждения реакции обеих стран на разрушение.

В рамках интернет-выставки подробно были рассмотрены комплексные задачи воссоздания объектов Всемирного наследия. В обоих случаях, и со стороны Японии, и со стороны Франции, было принято решение о воссоздании памятников в том состоянии, в котором они находились до пожара. Однако это решение, похоже, противоречит доктринам сохранения наследия, основанным на подлинности материалов в виду того, что исторические образцы исчезли во время пожара. Были рассмотрены вопросы становления практики и доктрин сохранения наследия от древности до настоящего времени, основные из которых: Первая международная конференция в Париже, 1889 г.; Афинская конференция, 1931 г.; Международный конгресс в Париже, 1957 г.; Венецианская конференция, 1964 г., где были рассмотрены доктрины подлинности (аутентичности), историчности, красоты и понятия сохранения, восстановления и использования наследия. Поставлены и вопросы посттравматической реконструкции на примере исторического центра Варшавы (Польша). Хотя восстановление центральной части этого города после Второй мировой войны и не соответствует критериям материальной подлинности, но он считается «аутентичным городом» и является первым «реконструированным» объектом, внесенным в список Всемирного наследия. В это же время были определены критерии оценки наследия, разрушенного войнами или катастрофами, а также принципы методов и практик его восстановления.

disappeared in the fire. The issues of the formation of the practice and doctrines of heritage conservation from antiquity to the present time were considered, the main of which are: First International Conference in Paris, 1889; Athens conference, 1931; International Congress in Paris, 1957; Venice Conference, 1964, where the doctrines of authenticity, historicity, beauty and the concept of preservation, restoration and use of heritage were considered. Issues of post-traumatic reconstruction were also raised on the example of the historical center of Warsaw (Poland). Although the restoration of the central part of this city after the Second World War does not meet the criteria for material authenticity, it is considered an “authentic city” and is the first “reconstructed” site entered into the World Heritage List. At the same time, the criteria for assessing the heritage destroyed by wars or catastrophes, as well as the principles of methods and practices for its restoration, were defined.

As part of the Internet exhibition, the 1994 Nara Documents “On Authenticity” and the 2002 Budapest Declaration “On the Primacy of the People” were also discussed. In relation to the Notre Dame Cathedral and the State Hall of the Shuri-jo Castle, a thorough analysis of the current situation and the historical and documentary basis was carried out with account for the public opinion which unanimously spoke in favor of returning the monuments to the pre-fire state (Fig. 7). Issues of identical reconstruction involving technical and technological challenges, and the use of traditional and modern achievements were also discussed. Issues were raised about the authenticity of the constructive basis and historical material.



*Рис. 7. Внутреннее убранство собора Парижской Богоматери после пожара 15.04.2019
(фото с сайта: <https://www.notredame-shurijo.com/eng/index.shtml>)*

*Fig. 7. The interior of the Notre Dame Cathedral after the fire on 15.04.2019
(photo from: <https://www.notredame-shurijo.com/eng/index.shtml>)*

В рамках интернет-выставки так же были обсуждены документы Нара 1994 г. «О подлинности» и Будапештская декларация 2002 г. «О главенствующей роли народа». По отношению к собору Парижской Богоматери и Государственному залу замка Сюридзе был проведен тщательный анализ сложившейся ситуации и историко-документальной основы, учтено общественное мнение, которое единодушно высказалось в пользу возвращения памятников к допожарному состоянию (рис. 7). Обсуждались и вопросы идентичного воссоздания, сопряженного с техническими и технологическими задачами, применения традиционных и современных достижений. Ставились вопросы о подлинности конструктивной основы и исторического материала. Так, в частности, в вопросах восстановления сводов собора Парижской Богоматери говорится – «Используя самых точные современные обмерные инструменты, в дополнении к традиционным обследованиям: на глаз и вручную, возможно получить высокоточные данные. Анализ каждого камня, упавшего или все еще находящегося на месте, позволит нам приблизиться к наиболее точным реконструкциям разрушенных сводов, вплоть до возвращения их на место, если это позволяет их состояние (анастилоз). Метод, основанный на опыте и широте накопленных знаний, с использованием научного анализа и позволяющий задействовать самые точные методы выполнения и самые современные инструменты».

In particular, in the matters of restoring the vaults of Notre Dame Cathedral, it is said: “Using the most accurate modern measuring instruments, in addition to traditional surveys: by eye and manually, it is possible to obtain highly accurate data. The analysis of every stone that has fallen or is still in place will allow us to come closer to the most accurate reconstructions of the destroyed vaults, up to returning them to their place, if their condition allows (anastylosis). A method based on experience and breadth of accumulated knowledge, using scientific analysis and the most accurate methods of performance and the most modern tools”.

In conclusion of the virtual exhibition, the following conclusions are drawn: 1) owing to the research, surveys and analysis that have reached the highest level of knowledge, owing to the exceptional contribution of workers, associates, architects, scientists and public support, the Notre Dame Cathedral and Shuri-jo will overcome their deep wounds and can hope to rebirth in its integrity; 2) exact reconstruction – restoration of the missing parts is now possible: their restoration will not be a “copy” in the sense of a “falsification” of the monument, but an exact restoration, which is of decisive importance in terms of their authenticity; 3) this is a serious step in the evolution of heritage conservation, the rejection of which in relation to monuments would cause a deep rejection of

В заключение виртуальной выставки сделаны следующие выводы: 1) благодаря исследованиям, изысканиям и анализу, которые достигли высочайшего уровня знаний, благодаря исключительному вкладу рабочих, соратников, архитекторов, ученых и общественной поддержке собор Парижской Богоматери и Сюри-дзе преодолеют свои глубокие раны и могут надеяться на возрождение в своей целостности; 2) точная реконструкция – реставрация недостающих частей теперь возможна: их восстановление будет не «копией» в смысле «фальсификацией» памятника, а точным восстановлением, имеющем решающее значение в части их подлинности; 3) это серьезный шаг в эволюции сохранения наследия, отказ от которого в отношении памятников вызвал бы глубокое неприятие населения всего мира при их утрате; 4) таким образом, собор Парижской Богоматери и Сюри-дзе вносят значительный вклад в эволюцию доктрин по сохранению наследия и важную роль в принятии нематериальных ценностей наряду с материальными.

the population of the whole world if they were lost; 4) thus, the Notre Dame Cathedral and Shuri-jo make a significant contribution to the evolution of the doctrines of heritage conservation and an important role in the acceptance of intangible values along with material ones.

Подписано в печать 12.12.2022 г.
Формат 60×90/8. Усл. печ. л. 24.25.
Тираж 300 экз. Заказ № 1213.
Дата выхода: 26 декабря 2022 года

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Невская Типография»
195030, Санкт-Петербург, ул. Коммуны, д. 67 лит. БМ
Тел. +7(812) 380-79-50
E-mail: spbcolor@mail.ru



Isle de



uschka R.

Mouka R.

Canal des Galeries

La

Canal de Pâtureuse
Canal des Ouvriers



Nevskaia R.