# УСПЕНСКИЙ СОБОР изучение и сохранение



Министерство культуры Республики Татарстан
Республиканский Фонд возрождения памятников истории и культуры Республики Татарстан
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Казанский государственный институт культуры
Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ
Государственный историко-архитектурный и художественный музей-заповедник «Остров-град Свияжск»

# УСПЕНСКИЙ СОБОР изучение и сохранение



#### УДК [75.021.333:726.6](470.41-21Свияжск)(091) ББК 85.113(2=411.2)+85.145.1(2=411.2)+86.372.24(2-2Свияжск)-65 У77

Печатается по решению Ученого совета Казанского государственного института культуры, Ученого совета Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, Ученого совета Института международных отношений, истории и востоковедения КФУ

#### Ответственные редакторы:

Р.М. Валеев, А.Г. Ситдиков, Р.Р. Хайрутдинов

#### Редакционная коллегия:

А.М. Сибагатуллин, Т.П. Ларионова, С.Г. Персова, И.Р. Каримов, А.Н. Силкин, Р.Х. Храмченкова, Д.К. Нургалеев, Ю.А. Егорушкин, Ф.М. Забирова, Р.Р. Раимова, И.Р. Кузьмина, Т.П. Копсова, В.М. Куприянов

## У77 Успенский собор. Изучение и сохранение. т.2 / Под редакцией Р.М. Валеева,

А.Г. Ситдикова, Р.Р. Хайрутдинова Казань: ООО «Главдизайн», 2016. – 252 с. ISBN 978-5-9960-0143-9

Книга продолжает публикацию материалов, посвященных комплексным междисциплинарным исследованиям Успенского собора Богородице-Успенского мужского монастыря Свияжска. В монографии представлены результаты научных изысканий, полученных за несколько лет изучения собора. Инженерно-архитектурный анализ, радиоуглеродное датирование, исследование строительных материалов и температурно-влажностного режима, изучение левкасного и красочного слоя фресковой живописи, микробиологический анализ - эти и другие естественнонаучные исследования позволили значительно расширить представления о времени и этапах строительства Успенского собора, методах создания уникальной стенописи и икон храма.

Издание предназначено для историков, археологов, культурологов, музееведов, специалистов в области охраны культурного наследия, преподавателей и студентов вузов, а также широкого круга читателей, интересующихся вопросами сохранения историко-культурного наследия Российской Федерации.

УДК [75.021.333:726.6](470.41-21Свияжск)(091) ББК 85.113(2=411.2)+85.145.1(2=411.2)+86.372.24(2-2Свияжск)-65

- © Авторский коллектив, 2016
- © Министерство культуры Республики Татарстан, 2016
- © Республиканский Фонд возрождения памятников истории и культуры Республики Татарстан, 2016
- © Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2016
- © Казанский государственный институт культуры, 2016
- © Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ, 2016
- © Государственный историко-архитектурный и художественный музей-заповедник «Остров-град Свияжск», 2016

ISBN 978-5-9960-0143-9

© Оформление ООО «Главдизайн», 2016

#### СОДЕРЖАНИЕ

	ИНЖЕНЕРНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ АНАЛИЗ	
	Бондарев М.В., Буфеев Ф.К., Демкин И.А., Кувшинников В.М., Персова С.Г.	
	1.1 Архитектура собора	14
	1.2 Инженерно-геологические условия территории Успенского собора	19
	1.2.1 Рельеф и геоморфология	19
	1.2.2 Климатические параметры	20
	1.2.3 Геологическое строение и тектоника	20
	1.2.4 Физические, химические и механические свойства грунтов	
	1.3 Фундаменты	33
	1.4 Несущие конструкции	41
	1.4.1 Подклеты	41
	1.4.2 Основной объём собора	43
	1.5 Основные выводы по результатам изучения собора	53
	Заключение	56
2.	УСПЕНСКИЙ СОБОР: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	59
	2.1 Археологическое изучение Богородице-Успенского монастыря в с. Свияжск	
	Ситдиков А.Г., Старков А.С.	60
	2.2 Дендрохронологический анализ и датирование строительства собора	
	Тишин Д.В, Нургалиев Д.К., Долгих А.В., Ситдиков А.Г., Терехин А.А., Чугунов Р.Г	94
	2.3 Исследование строительных материалов: камни, раствор	
	Xрамченкова Р.Х., Каплан П.Ю., Кольчугин А.Н., Морозов В.П., Ситдиков А.Г	108
	2.4 Исследование левкасного слоя фресковой живописи	
	Храмченкова Р.Х., Баталин Г.А., Гареев Б.И., Каплан П.Ю., Косушкин В.Ф., Нуждин Е.В., Сафина И.Р., Ситдиков А.Г.	123
	2.5 Изучение красочного слоя фресок	120
	Храмченкова Р.Х., Баталин Г.А., Гареев Б.И., Каплан П.Ю., Косушкин В.Ф., Ситдиков А.Г	142
	2.6 Картограммирование фресок	
	Шайхутдинова Е.Ф., Касимов А.В., Косушкин В.Ф., Ситдиков А.Г.	153
	2.7 Микробиологический анализ	
	Тухбатова Р.И.	171
	2.8 Температурно-влажностный режим	101
	Фомин И.В., Дорохов В.Б., Пинтелин Н.Ю., Поликарпов В.А., Каплан П.Ю.	181
	2.9 Автоматизированная система мониторинга и учета результатов исследований Успенского собора Шайхутдинова Е.Ф., Касимов А.В., Кугуракова В.В., Азизов Т.Р., Ситдиков А.Г	204
	2.10 Визуализация Успенского собора	204
	2.10 Визуализация Успенского сообра Шайхутдинова Е.Ф., Касимов А.В., Усманов Б.М., Ситдиков А.Г	234

#### **CONTENTS**

l.	ENGINEERING AND ARCHITECTURAL ANALYSIS	
	M.V. Bondarev, F.K. Bufeyev, I.A. Demkin, V.M. Kuvshinnikov, S.G. Persova	11
	1.1 Architecture of the cathedral	14
	1.2 Geological engineering conditions of the territory of the Dormition Cathedral	19
	1.2.1 Relief and geomorphology	19
	1.2.2 Climatic parameters	20
	1.2.3 Geological aspects and tectonics	20
	1.2.4 Physical, chemical, and mechanical properties of soils	21
	1.3 Foundations	33
	1.4 Load-bearing elements	41
	1.4.1 Ground floors	41
	1.4.2 Main body of the cathedral	43
	1.5 Main conclusions based on the results of the study of the cathedral	53
	Conclusion	56
2.	DORMITION CATHEDRAL: INTERDISCIPLINARY RESEARCH	
	2.1 Archaeological study of the Dormition of the Theotokos Monastery in the village of Sviyazhsk	
	A.G. Sitdikov, A.S. Starkov	60
	2.2 Tree-ring analysis and dating of the cathedral construction D.V. Tishin, D.K. Nurgaliyev, A.V. Dolgikh, A.G. Sitdikov, A.A. Terekhin, R.G. Chugunov	94
	2.3 Study of building materials: stones, mortar	
	R.K. Khramchenkova, P.Y. Kaplan, A.N. Kolchugin, V.P. Morozov, A.G. Sitdikov	108
	2.4 Study of the gesso layer of the fresco painting	
	R.K. Khramchenkova, G.A. Batalin, B.I. Gareyev, P.Y. Kaplan, V.F. Kosushkin, Y.V. Nuzhdin, I.R. Safina, A.G. Sitdikov	122
	2.5 Study of the colour layer of frescoes	123
	R.K. Khramchenkova, G.A. Batalin, B.I. Gareyev, P.Y. Kaplan, V.F. Kosushkin, A.G. Sitdikov	142
	2.6 Cartogramming of the frescoes	
	E.F. Shaikhutdinova, A.V. Kasimov, V.F. Kosushkin, A.G. Sitdikov	153
	2.7 Microbiological analysis	
	R.I. Tukhbatova	171
	2.8 Temperature and humidity conditions	
	I.V. Fomin, V.B. Dorokhov, N.Y. Pintelin, V.A. Polikarpov, P.Y. Kaplan	181
	2.9 Automated system for monitoring and recording of the results of studies of the Dormition Cathedral	20.4
	E.F. Shaikhutdinova, A.V. Kasimov, V.V. Kugurakova, T.R. Azizov, A.G. Sitdikov	204
	E.F. Shaikhutdinova, A.V. Kasimov, B.M. Usmanov, A.G. Sitdikov	234

#### **ВВЕДЕНИЕ**

С 2010 года в рамках комплексного проекта «Культурное наследие Татарстана: остров-град Свияжск и древний Болгар» осуществляется масштабная деятельность по изучению, ремонту, реставрации, противоаварийной защите, консервации и восстановлению памятников Свияжска. Проведены работы на многих объектах Успенского и Иоанно-Предтеченского монастырей, на памятниках гражданской архитектуры. Восстанавливается культурно-ландшафтная среда города. Благоустраиваются улицы, переулки, набережные. Построены объекты инженерной инфраструктуры.

Основными объектами научного изучения и сохранения на территории Свияжска являются историко-архитектурные памятники и ландшафт, поставленный на государственную охрану как достопримечательное место. Крупными архитектурными ансамблями на его территории являются два монастырских комплекса - Успенский и Иоанно-Предтеченский. Особо ценными объектами в них определен Успенский собор и Троицкая церковь.

С целью разработки механизмов по обеспечению сохранения аутентичности, целостности объектов культурного наследия разработана и реализуется «Программа комплексных научных исследований Успенского собора, Троицкой церкви и культурного наследия Свияжска в 2015-2019 годы».

Научная программа по естественно-научному изучению Успенского собора включает целый комплекс междисциплинарных исследований, результаты которых являются основой для создания детального плана управления и развития территории. Важнейшим условием реализации научной программы является выработке критериев Всемирной универсальной ценности Успенского собора и актуализация решения всего комплекса вопросов по включении его в число объектов Всемирного культурного наследия.

Комплексные междисциплинарные исследования открывают дополнительные возможности для объективной оценки современного состояния и выработке мер по сохранению Успенского собора с использованием новейших данных о времени строительства храма, материалах, технологиях, использованных при его создании. Разработанные на основе научных изысканий эффективные механизмы управления позволят в полной мере обеспечить аутентичность и целостность храма, культурного и природного ландшафта Свияжска в целом, регенерацию историко-культурной среды.

Отдельные важные результаты естественно-научных исследований Успенского собора были опубликованы в высокорейтинговых российских и зарубежных изданиях, многие аспекты изысканий получили апробацию на крупных всероссийских и международных конференциях, на специализированных семинарах и в практике музейно-выставочной деятельности. Данная монография является определенным итогом выполнения научной программы по изучению Успенского собора, где представлен многоплановый анализ современного состояния храма, что позволяет выработать эффективные меры по его сохранению, восстановлению и музеефикации.

Во втором томе монографии «Успенский собор: междисциплинарное и историко-архитектурное изучение» представлены результаты естественно-научных исследований, полученных за несколько лет изучения Успенского собора острова-града Свияжск. Инженерно-архитектурный анализ, радиоуглеродное датирование, исследование строительных материалов и температурно-влажностного режима, изучение левкасного и красочного слоя фресковой живописи, микробиологический анализ - эти и другие естественно-научные исследования позволили значительно расширить представления о времени и этапах строительства Успенского собора, методах создания уникальной стенописи и икон храма.



В проведении этих масштабных и во многом уникальных исследований принимали участие ученые специалисты Института археологии им. А.Х.Халикова Академии наук Республики Татарстан, Казанского федерального университета, Института археологии РАН, Института материальной культуры РАН, Музея-заповедника Московский Кремль, Государственной Третьяковской галереи, Музея древнерусского искусства им.А.Рублева, Московского государственного университета, Институт реставрации им. И.Грабаря, НИИ «Спецпроектреставрация», других крупных научных и музейных центров России и зарубежных стран.

От редакционной коллегии

#### Авторы исследования:

Глава 1. «Успенский собор: инженерно-архитектурный анализ».

Разделы «Рельеф и геоморфология», «Климатические параметры», «Геологическое строение и тектоника», «Исследование физических, химических и механических свойств грунтов», «Архитектурный анализ», «Фундаменты», «Несущие конструкции» - Бондарев М.В., Буфеев Ф.К., Демкин И.А, Кувшинников В.М., Персова С.Г.

Раздел «Визуализация Успенского собора» - Касимов А.В., Ситдиков А.Г., Шайхутдинова Е.Ф., Усманов Б.М.

Глава 2. «Успенский собор: естественно-научные исследования».

Раздел «Радиоуглеродное датирование, дендрохронологический анализ» - Тишин Д.В., Нургалиев Д.К., Долгих А.В., Ситдиков А.Г., Терехин А.А., Чугунов Р.Г.

Раздел «Исследование строительных материалов: камни, раствор» - Храмченкова Р.Х., Каплан П.Ю., Кольчугин А.Н., Морозов В.П., Ситдиков А.Г.

Раздел «Исследование левкасного слоя фресковой живописи» - Храмченкова Р.Х., Баталин Г.А., Гареев Б.И., Каплан П.Ю., Косушкин В.Ф., Нуждин Е.В., Сафина И.Р., Ситдиков А.Г. Раздел «Изучение красочного слоя фресок» - Храмченкова Р.Х., Баталин Г.А., Гареев Б.И., Каплан П.Ю., Косушкин В.Ф., Ситдиков А.Г.

Раздел «Картограммирование фресок» - Шайхутдинова Е.Ф., Касимов А.В., Косушкин В.Ф., Ситдиков А.Г.

Раздел «Микробиологический анализ» - Тухбатова Р.И.

Раздел «Температурно-влажностный режим» - Фомин И.В., Дорохов В.Б., Каплан П.Ю., Пинтелин Н.Ю., Поликарпов В.А.

Раздел «Автоматизированная система мониторинга и учета результатов исследований Успенского собора» - Шайхутдинова Е.Ф., Азизов Т.Р., Касимов А.В., Кугуракова В.В., Ситдиков А.Г.



# глава 1

# ИНЖЕНЕРНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ АНАЛИЗ



# ГЛАВА 1. ИНЖЕНЕРНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

М.В. Бондарев, Ф.К. Буфеев, И.А. Демкин, В.М. Кувшинников, С.Г. Персова

#### Резюме

Успенский собор в Свияжске является единственным из созданных в эпоху преобразований в государстве и активной фазы формирования Российского государства дошедших до нашего времени храмовых комплексов с фресковой живописью высочайшего художественного уровня второй половины XVI - начала XVII вв., с уникальной архитектурной, художественной, эстетической и религиозноидеологической значимостью. Является символом философской доктрины и национальной идеи преемственности в православном мире. В архитектуре и росписях собора заложена программа, связанная с утверждением нового миропорядка. В ее основе лежит богословская идея митрополита Макария и царя Ивана Грозного.

В настоящем разделе приведён инженерно-архитектурный анализ состояния собора, основанный на результатах многолетнего комплексного изучения инженерно-геологических условий территории собора, его архитектурных и конструктивных особенностей.

#### Summary

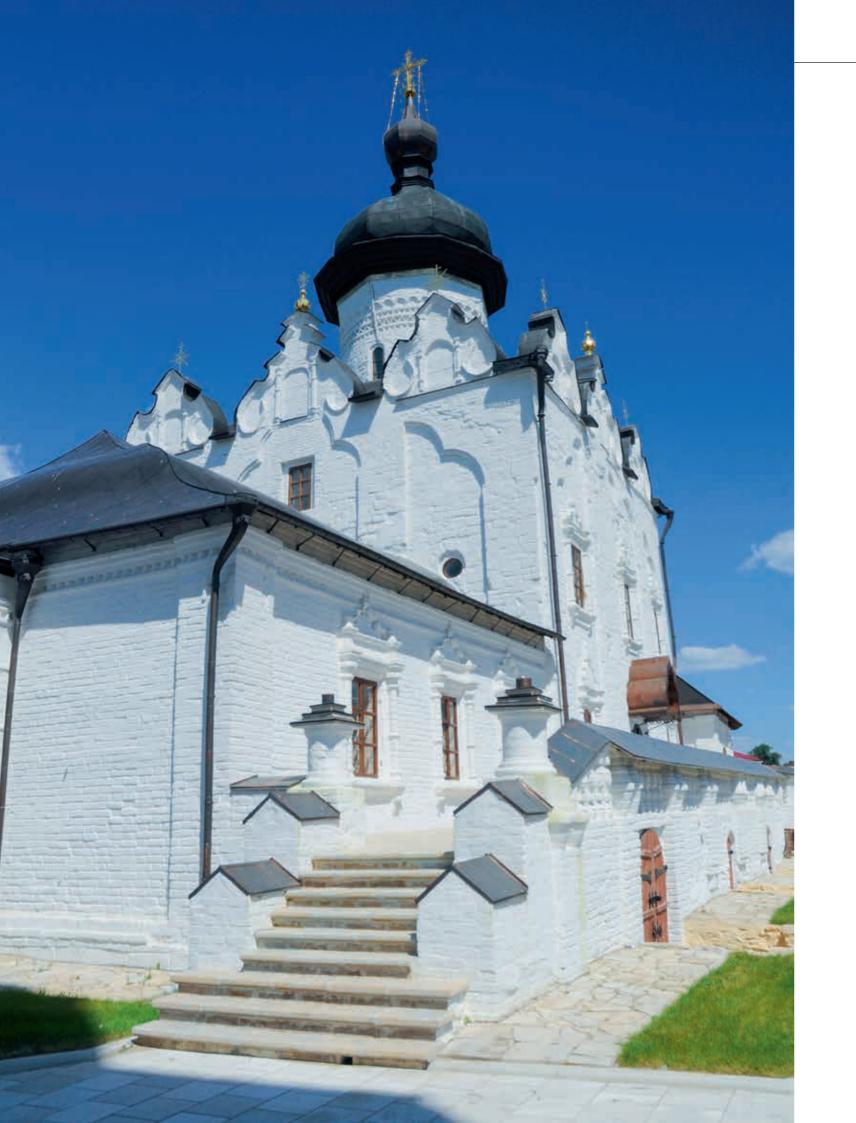
Assumption Cathedral is the only temple complex of the highest architectural and artistic level which has survived until the present day with its unique fresco paintings of the second half of 16th - early 17th centuries created in the period of state reforms during the active establishment of the Russian state. An important aspect of the research program dedicated to the investigation and preservation of the Assumption Cathedral is the conduct of interdisciplinary research. This section features a comprehensive assessment of the geotechnical conditions within the territory of the Assumption Cathedral which includes an analysis of climatic parameters, geomorphology, relief, tectonics, geological structure, hydrogeological conditions, soil properties, engineering and geological processes. It also contains the results of archival and field investigations and a historical, genetic and architectural analysis of the Assumption Cathedral with its artistic attributes characterizing the historical, cultural and spiritual life of the Russian state in 16th-19th centuries. These investigations have allowed to establish a single concept of the components of geotechnical conditions not only for the time of research, but also their variation over the entire period of the Cathedral's existence starting with its construction period.

Богородицы, связывало новую обитель во Постником Яковлевым (Седов, 1996). вновь созданной епархии с рядом тради-

Основание в Свияжске монастыря и собора датируется 1556-1560 гг. Он был храма, посвященного Успению Пресвятой построен выдающимся русским зодчим

Успенский монастырь расположен в ционных для православия градозащитных юго-западной части верхнего плато Круобразов. Время строительства Успенского глой горы. Он находится выше уровня





Куйбышевского водохранилища на 23 м. свияжской горы, комплекс предстает со ориентиром.

Местоположение Успенского собора в ность и завершенность. верхней части острова-града Свияжска с его архитектурно-градостроительным и железнодорожных путей. В месте слияния рек Свияги, Волги и Щуки образуется часть поселения находится вблизи терриверо-восточной стороны острова.

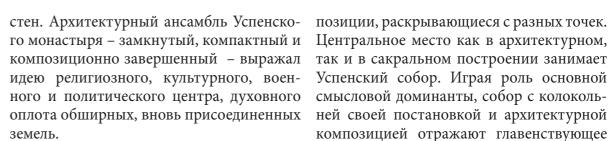
рия обнесена каменной оградой (XVII-XIX вв.) протяженностью 650 м. Главный вход через Святые ворота располагается в южной стене, в нижнем ярусе Вознесенской надвратной церкви (конец XVII начало XVIII в.) и ведет к соборной площади. Успенский собор (1556-1560 гг.) расположен с северной стороны площади. К западу, в 10 м от собора, находится Никольская трапезная церковь с колокольней (1555-1556 гг.). К юго-западу от вернее находится каменное здание монастырского училища (конца XVII - начала XVIII в.). К востоку от Святых ворот параллельно монастырской ограде располагается двух-трехэтажный Братский корпус с церковью во имя Святителей Германа ним располагались луг и сад.

При подъезде к Свияжску со стороны Мо- стороны бывшего Московского траксквы монастырь служил главным компо- та каменной крепостью, подобной граду зиционным акцентом всего города, а его небесному. Высокая ограда, опоясывая колокольня высотой 43 м. - основным стройную уравновешенную композицию, придает ансамблю архитектурную целост-

В плане Успенский монастырь представляет собой неправильный многоугольник. ансамблем позволяет воспринимать его Естественные природные условия опрев радиусе 25 км с воды, с автомобильных делили конфигурацию плана монастыря. Следуя бровке крутого обрыва с запада и севера, монастырская ограда плавно огиширокая водная гладь, которая подчер- бает территорию с северо-востока и воскивает художественный образ ансамбля, тока. Южная сторона ограды по прямой, живописно отражая его силуэт. Посадская вдоль улицы Успенской, соединяет западный и восточный углы. Архитектурную тории волжской поймы, с восточной и се- композицию Успенского монастыря отличает гармоничная завершенность: гори-Площадь монастыря составляет 3,2 га. зонтальные линии стен, вертикали коло-По периметру монастырская террито- кольни и храмов, акценты высоких крыш создают неповторимые картины с изменяющихся по мере движения ракурсов. Основная панорама, подчеркнутая протяженными монастырскими постройками объединенными пряслами с архимандричьим корпусом и зданием монастырского училища, разворачивается вдоль крутого берега, к которому ведет дамба с мостом (в прошлом - Московский тракт, въезд в Свияжск со стороны Москвы). На панораме ясно выделяется доминирующий объем нее располагается двухэтажное каменное Успенского собора с высокой колокольней здание Архимандритского корпуса (конец Никольской церкви, которому подчинены XVII - начало XVIII в.). В створе с ним се- силуэты и габаритные размеры церквей, трапезной, монастырских корпусов.

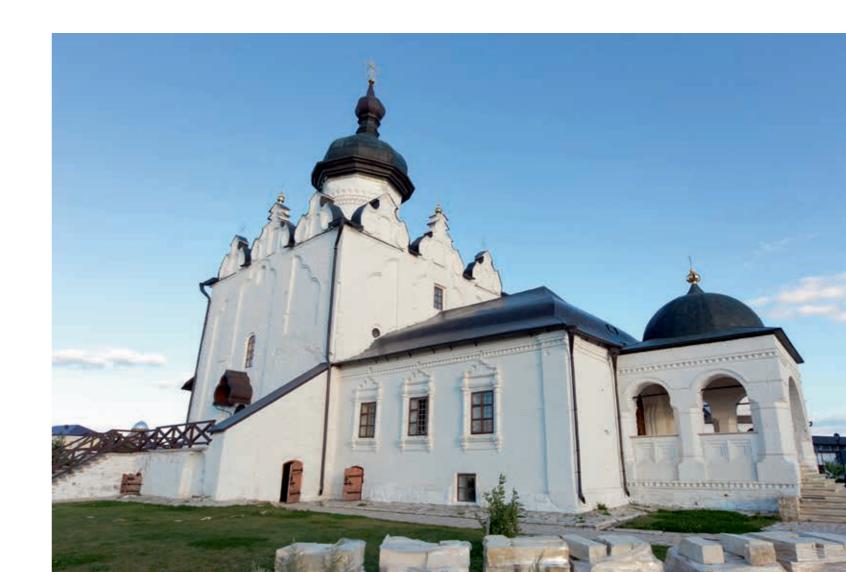
Компоновка монастырского ансамбля подчинена строгой иерархии сооружений.

Концентричность композиции подчеркивает значимость соборной площади с главным храмом. Центральное положение Казанского и Митрофана Воронежского в ансамбле занимает Успенский собор с (XVII-XVIII вв.), перестроенный в конце трапезным комплексом, включающим ко-XVIII – начале XIX в. К северу и востоку от локольню. Изначально здания централь-Успенского собора находится незастроен- ного комплекса соединялись между собой ная территория – территория кладбища, за галереей-переходом, что придавало ему дополнительный смысл: особо значимое са-Расположенный с западной стороны кральное единство внутри монастырских



Вознесения расположены в южной стене, города и всей округи - Горной стороны. главный вход ориентирован на колокольню. Она выступает композиционным ак- го, грандиозного собора завершило форцентом главного структурного элемента комплекса – площади Успенского собора – государевой крепости». Постройки монасмыслового центра монастыря. Своим ди- стыря объединены в высокохудожественнамичным силуэтом колокольня акцентирует крупный кубический объем собора и римым силуэтом, который органично массивную Никольскую церковь с трапез- вписывается в панораму Свияжска, опреной. Окружающие жилые и культовые зда- деляя неповторимый архитектурный обния образуют сложные живописные ком- лик западной стороны острова.

смысловой доминанты, собор с колоколькомпозицией отражают главенствующее Святые ворота с надвратной церковью положение в общей структуре монастыря, Возведение подчеркнуто монументальномирование образа Свияжска - «великой ный архитектурный ансамбль с неповто-



#### 1.1 АРХИТЕКТУРА СОБОРА

ство Успенского собора ярко характери- стыря» 1614 г.). зуют историко-культурную и духовную жизнь Российского государства в XVI- строен с трех сторон папертями, крытыми XIX BB.

ского ансамбля Свияжска выступили выдающиеся исторические личности – царь Иван Грозный, митрополит Макарий, ар-Герман, а также первый архиепископ Казанской епархии Гурий. Руководил строиского кремля, Постник Яковлев.

Строительство собора датируется 1561 г. вестковыми плитами в форме квадрата. Первоначально храм был белокаменный, одноглавый, почти квадратный в плане. писан внутри и снаружи. Живопись на Стены основного куба здания были обработаны четырьмя лопатками, стянутыми падной стене четверика, под кровлей травверху лопастными арками. Они закан- пезной, в нижней части барабана. В интечивались со всех сторон фронтонами, покрытыми восьмискатной тесовой кровлей. единственная в России высокохудоже-Гнезда и концы коньковых брусьев вось- ственная настенная монументальная фремискатного покрытия сохранились на ос- сковая живопись второй половины XVI в. новании барабана Успенского собора.

С южной и с северной сторон по осям ми, на фасадах, имеющих сверху украше- родицы. ния, - «надбровники». Выше окон снаружи барабан окружает поясок, состоящий странстве храма два регистра росписи. из бегунков, обрамленных сверху и снизу Ширина иконостаса была задана размером двумя рядами кирпичиков, поставленных и количеством праздничных икон (по 9 на ребро. Над этими поясками проходят от центра). В интерьере собора гнезда тядва ряда полуциркульных арочек - типич- бел иконостаса соотносились с важными но псковский прием обработки барабана. архитектурными конструкциями, с по-Венчающая глава изначально имела форму строением форм интерьера: нижнее тябло маковицы и была обшита железом, позо- местного ряда соответствовало храмовой

Архитектура и художественное убран- яжского Богородицкого мужского мона-

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

В XVI в. трехапсидный храм был обтесом. Средняя апсида изначально была В роли заказчиков каменного монастыр- больше крайних по площади и высоте. Ее полукруглые стены были украшены вертикальными валиками, стянутыми вверху полуциркульными арочками. По венчаюхимандрит Успенского монастыря Святой щим частям всех трех апсид был повторен орнаментальный поясок барабана.

Под храмом и папертями находилось тельством свияжских храмов, как и Казан- подцерковье, освещенное окнами. Полы в храме и на паперти были выстланы из-

> Сразу после постройки собор был расфасадах сохранилась фрагментами: на зарьере храма сохранилась в полном цикле площадью в  $1080 \text{ м}^2$ .

К моменту освящения в соборе был было по одному окну, а в западной стене - установлен трехъярусный тябловый икотри окна. Вход в храм с северной, южной ностас. По описи 1565-1567 гг., в его сои западной сторон. Полуциркульные дву- ставе было по семь икон в местном и дехуровневые своды перекрывают основные исусном рядах и 12 – в праздничном. Все помещения храма, коробовые своды – бо- на золоте, кроме храмовой иконы. Первоковые помещения. Четыре квадратных начальная высота иконостаса достигала столба несут арки, на которые поставлен уровня росписи. Он не закрывал главной большой круглый барабан с восемью окна- фрески храма – Успение Пресвятой Бого-

Высокий иконостас занимал в пролоченным вместе с крестом («Опись Сви- летописи; верхняя граница этого ряда по ной и северной стен.

единство стенописи и образов иконостаса. стырские ценности. Над иконами пятого ряда были установлены выбитые «на немецком железе» Серафимы и Херувимы.

вый «барочный» иконостас. В 1843 г. на стене и центральное окно в западной были средства свияжской благотворительницы Н.И. Саврасовой иконостас был поновлен, сделаны серебряные ризы на Царские врата и весь местный ряд икон.

паперти пристроили теплый Германовский ли архитектурные детали русского барокпридел, где хранились мощи первого настоятеля монастыря Святителя Германа, пере- храма было заменено крышей криволинесенные из алтаря на рубеже XVI-XVII вв. нейной формы, для этого углы четверика Придел имел тесовую крышу и был увенчан небольшой главкой, покрытой зеленой черепицей с железным золоченым крестом. образными завитками аттики, с нишами Придел затемнял внутреннее помещение для икон, обрамленными с двух сторон церкви, а от стекавшей с крыши воды се- колонками. Цилиндрический барабан был верная стена храма отсыревала. Поэтому в надстроен небольшим по высоте восьмиконце XVIII в. придел был разобран. На се- гранником, несущим граненую барочную верной стене остались следы от построй- двухъярусную грушевидную главу. Расшики в виде стесанной западной лопатки на ренные оконные проемы храма обрамлесеверной паперти. Мощи были помещены ны барочными наличниками с полочками в раку, располагавшуюся между западной и «петушиными гребешками». Остались стеной и северо-западным столпом. Сень нетронутыми окна в северо- и юго-западот раки святого закрывала фреску с изображением Св. Христофора, что сохранило образ от записи в XVIII в.

верхнему тяблу соотносилась с разгранкой рубеже XVII-XVIII вв., что подтверждабоковой двери; верхнее тябло деисуса со- ется последними архивными исследоваответствовало в нижней точке по разгран- ниями. Тогда же была разобрана полукруке окна. Завершался тябловый иконостас глая южная каменная апсида и выложена на уровне арочного завершения окон юж- из кирпича прямоугольная без верхнего орнаментального пояска, больших разме-Создание икон праотцев и наращивание ров, чем прежняя. От помещения храма в начале XVII в. иконостаса до пяти ярусов ее отделяет внутренняя кирпичная стена, носило упорядочивающий характер для в которой имеется небольшая дверь. Стесоздания художественного образа храма на расписана живописью более позднего Успения Пресвятой Богородицы, целост- времени, чем фрески всего храма. В этой ное восприятие которого предполагало апсиде хранились казенные книги и мона-

После пристройки трапезной главный – западный - вход в собор был растесан, а рядом устроены два дополнительных бо-В середине XVIII в. был установлен но- ковых прохода. Крайние окна в южной расширены.

Увлечение барочной архитектурой на рубеже XVII-XVIII вв. по всей России сказалось и на облике Успенского собора. В конце XVI в. к южной стене на северной В XVIII в. его фасады частично приобреко. Восьмискатное деревянное покрытие были надстроены кирпичом. На стенах четверика появились фигурные, с волютоных углах собора и одно окно на северной.

В вопросе датировки перестроек Успенского собора помогает офорт с панорамой По мнению протоиерея А. Яблокова, тра- Свияжска, выполненный по хранящемупезная была построена в 1661 г. Анализи- ся в фондах Национального музея Респуруя конструктивные особенности трапез- блики Татарстан рисунку подполковника ной, можно сделать вывод, что трапезная А.И. Свечина 1764 г. На нем Успенский пристроена к Успенскому собору позже собор изображен уже без восьмискатной указанной Яблоковым даты, вероятно на крыши, с надстроенными углами четве-



рика, с закрывающей барабан главой гручто барочные завершения Успенский со- писаны маслом на религиозные сюжеты. бор приобрел в 1760-е гг.

верный Германовский придел, в последний отопления была демонтирована. раз упомянутый в описи 1763 г.

принципы и устремления.

архитектурный ансамбль.

В 1857 г. к западной стене трапезной пришевидной формы, но без ныне привычных строили новое парадное крутое крыльцо, разрезных фронтонов. Это доказывает, а стены внутри трапезной были вновь рас-

В 1893 г. во время ремонта стены в со-В этот же период была разобрана палат- боре были частично оштукатурены цеменка над входом в подцерковье, расширены том, на фронтонах появились изображеи удлинились паперти, с этого времени от- ния святых на железных листах. В 1894 г. в крытые. Южная паперть была продолжена соборе устроено печное отопление, до этовдоль трапезной и украшена барочными го он был холодным: «...громадная, кирэлементами в виде декоративной кирпич- пичная, печная труба располагалась межной балюстрады по внешней стороне па- ду северной и средней апсидами, уродуя рапета. В конце XVIII в. был разобран се- внешний вид храма». Позднее эта система

В настоящее время храм в плане пред-Таким образом, архитектурные измене- ставляет собой четверик (15 х 18 м, высония первой половины XVIII в. затронули, той 31 м) с четырьмя квадратными столглавным образом, декоративные особен- бами. С востока к нему примыкают три ности фасадов памятника, придав ему ба- алтарные апсиды: центральная и северная рочный вид. Белокаменный храм XVI в. - полукруглые, южная - прямоугольная, с при этом полностью сохранился и продол- запада пристроена прямоугольная трапезжал нести на себе черты псковской архи- ная (15 х 12 м.), законченная строительтектуры. Эти архитектурные изменения ством в 1701 г. Главный вход находится в Успенском соборе являются свидетель- с запада и осуществляется через крытое ством перемен в культурной и духовно-ре- крыльцо. Вдоль южной и северной столигиозной жизни России. Они позволяют рон собор имеет открытые паперти. Под увидеть, какими были чувства верующих храмом - подклет. Сводчатые перекрытия в разные эпохи, поддерживая преемствен- дошли до нас без изменений с XVI в. Циность религиозной жизни в храме и де- линдрический барабан опирается на стумонстрируя определенные эстетические пенчато возвышающиеся арки. Освещается собор через прямоугольные и арочные С этой точки зрения памятник имеет окна в стенах и на барабане (древние определенное сходство с рядом российских арочные - в центре северной и на западцерквей, чей облик был изменен в стиле ба- ной стене, в северной апсиде, жертвенник, рокко. В их числе Благовещенский собор и в барабане; пробитые заново или расв Казанском Кремле, Успенский собор Ки- ширенные в XVIII в. прямоугольные - в ево-Печерской лавры, Успенский собор в центральной апсиде, на южной стене за Астраханском Кремле, Рождественский или иконостасом, в центре и в западной части Казацкий собор в городе Стародуб Брян- южной стены, в центральной части западской области, Троицкий собор Троицкого ной стены). Фасады четверика сохранили монастыря в Тюмени. Пышное украшение трехчастное деление лопатками, стянутыфасадов Успенского собора перекликалось ми вверху двух- и трехлопастными аркас возведенными в Свияжске приходскими ми. В верхней части каждого фасада расцерквями: Никольской (1734 г.), Софий- положены ниши для икон. На апсидах и ской (1735 г.), Благовещенской (1755 г.) - барабане сохранились типично псковские ныне утраченными, церковью Константина кирпичные узоры: тройные ленты «пореи Елены. В результате создавался единый брика», «бегунцы», аркатура из каменных валиков.

в декоре.

Все известные постройки псковичей в Казани и в Свияжске сложены из блоков местного поволжского белого известняка, более крупного и четкого по форме и Успенского собора, а в дальнейшем и всего твердого, чем традиционный псковский Казанского края, и всего Волго-Уральскоплитняк. Эти характеристики строитель- го региона, которая развивалась со своими ного материала определили более строгие уникальными особенностями, повяливгеометрические формы свияжских и ка- шими на развитие православной архитекзанских построек.

Формы и декор, примененные при возведении монастырского собора в Свияжске, по своим размерам характерны для московской архитектуры эпохи Ивана в архитектуре и следовать требованиям Грозного. Выбор псковских зодчих для правителей, можно предположить, что в строительства Успенского собора объяс- условиях становления нового государства няется их огромным опытом в осущест- - духовного преемника Византии - ими влении крупных государственных заказов сознательно сохранен образ национальтакого рода. Строительство Успенского ной архитектуры. Он демонстрировал собора было государственной миссией самобытный национальный стиль, спопо продвижению идеологии российского собность к самостоятельному духовному православия, поскольку Свияжск, особенно на первоначальном этапе, исполнял собор - это своеобразный заповедник роль первого и главного духовного центра традиционного русского зодчества, рус-Казанской земли. Новый этап в разви- ской общенациональной культуры, кототии государственности России требовал рый сознательно сохранялся в Поволжье новаторских подходов и в создании уни- как высокий образец. Как и в Пскове, покальных храмовых комплексов. Псковские добная тенденция была присуща и пограмастера в середине XVI в., используя луч- ничным регионам, которые должны были шие достижения псковской и московской взаимодействовать и развиваться под возхрамовой архитектуры, а также местные действием как западной, так и восточной традиции, отвечали новым требованиям в традиций. создании храмов.

мового комплекса в Свияжске состоит в прочими. Исследователи (М.К. Каргер, том, что в нем принимали участие мест- Н.И. Брунов, В.П. Остроумов, В.В. Чуманые мастера. Успенский собор и мона- ков, М.В. Фехнер и др.) считали, что псковстырская трапезная палата с Никольской скими прообразами Успенского собора, церковью построены из крупных блоков наиболее близкими по архитектурному местного известняка, применявшегося и в облику и конструкциям, являются церкпериод Волжской Болгарии и Казанского ви Николая Чудотворца с Устья на реке ханства. В Пскове зодчие применяли при Великой (XV в.), Богоявления с Запсковья

Изучавшие памятник искусствоведы и строительстве более плоские плиты. Предархитекторы (М.Г. Каргер, С.С. Айдаров, шествующие традиции каменного зодче-В.В. Седов, В.П. Остроумов, В.В. Чумаков) ства Волжской Болгарии, Золотой Орды, отмечают характерные элементы, прису- Казанского ханства, развивавшиеся в этом щие псковской архитектуре как в объем- регионе более 600 лет, повлияли на технино-планировочном решении храма, так и ку строительства и отдельные своеобразные элементы архитектуры.

> В то же время византийские черты зодчества получили собственную интерпретацию как в Пскове, так и в архитектуре туры Восточной Европы и Азиатской части России.

> Учитывая способность псковичей отвечать самым современным требованиям и художественному развитию. Успенский

Несмотря на это, внешне псковские Яркая особенность строительства хра- элементы, несомненно, преобладают над



(1496 г.), собор Петра и Павла с Буя в Пско- величием, присущими «стилистике Ивана ве (1540 г.) и Дмитриевский собор в Гдове Грозного». (1540 г.). Это были типично псковские кубические, одноглавые, четырехстолпные, строительства храма было ярким проявсводчатые, трехапсидные храмы с вось- лением политики московского правительмискатными пофронтонными покрытия- ства с использованием ресурсов северо-зами, поставленные на высокий подклет (Со- пада Руси для укрепления православия во бор Петра и Павла с Буя в Пскове (1540 г.) и вновь присоединенном Казанском крае. Дмитриевский собор в Гдове (1540 г.)). Но Работу псковских мастеров в Свияжске неесли размеры Успенского собора, его ком- обходимо рассматривать как выдающийся позиция и декорация фасадов действитель- пример взаимодействия архитектурной но вписываются в псковскую традицию, то школы позднесредневекового русского гоинтерьер собора имеет ряд существенных рода с государственной культурной поли-

отличий от псковских памятников. Как отметил В.В.Седов, за характернысоборов XVI в. в Средней России. Грани но-европейском и азиатском регионах. столбов создают жесткость членений, которая поддержана четким подъемом сводов к крупному барабану. Форма столбов и общий строй интерьера сближают Успенвремени, что является проявлением влиясобора обладает монументальностью и XVI в.

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Привлечение псковских мастеров для тикой Московского царства.

Уникальность свияжских храмов XVI в. ми псковскими фасадами монументаль- в том, что они с одной стороны, предного храма скрывается необычный и не ставляют собой пример распространения характерный для псковской школы зод- псковской архитектурной традиции на сачества интерьер. Подкупольный квадрат мых восточных территориях Московской с четырьмя квадратными в сечении стол- Руси. В XVI в. она достигла своего расбами сильно сдвинут к востоку, в резуль- цвета и неразрывно связана с политикой тате чего значительно увеличена западная христианизации присоединенных российчасть храмового пространства. Коробо- ским государством территорий. С другой вые своды и высокие арочные проемы об- стороны, в Успенском соборе нашло проразуют четкий и жесткий ритм, устрем- явление стремление объединить традициляющий взгляд к подкупольному кольцу. онную псковскую архитектуру с новыми Высокие квадратные столбы в псковской архитектурными веяниями монументаархитектуре до 1550--х гг. почти совсем не лизма и величественности, отражающими встречаются. Использование в Успенском развитие Московского царства того перисоборе квадратных высоких столбов при- ода, оказавшего доминирующее влияние близило его к интерьерам монастырских на геополитическую ситуацию в восточ-

Таким образом, в архитектуре Успенского собора отразились глобальные геополитические веяния. Этот храм, ставший форпостом христианства на вновь присоский собор с московскими храмами того единенных землях, играл существенную роль в пропаганде идей московской пония заказчиков. Внутреннее пространство литической и религиозной экспансии в

18

#### 1.2 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ УСПЕНСКОГО СОБОРА

ников архитектуры возможно только при ведомость дефектов с фотофиксацией [2, 3]. полноценной комплексной оценке состоявходящих в историческую природно-технирактера взаимодействий между ними. Для этого в разные годы различными специалистами производились исследования фундаментов и грунтов основания.

В 2000 г. В.В. Машкиным было выполнено обследование фундаментов и разработаны рекомендации по гидроизоляции конструкций собора [14].

В 2015 г. сотрудниками ООО ИГИТ было пройдено 8 шурфов и 8 скважин алмазносным методом, 7 лабораторных испытаний условий территории Успенского собора.

Установление причин деформаций памят- прочности известняка, а также составлена

Инженерно-геологические условия - это ния и условий работы каждой из подсистем, совокупность данных о структуре, свойствах и движении (изменении во времени) ческую систему, а также установления ха- геологической среды, которые определяют степень благоприятности строительства, эксплуатации и реконструкции любого инженерного сооружения. К компонентам инженерно-геологических условий относятся климатические параметры территории, геоморфология и рельеф, тектоника, геологическое строение, гидрогеологические условия, свойства грунтов и инженерно-геологические процессы. Задача комплексных исследований - составить полное представление го сверления, из которых отобрали 52 про- о компонентах инженерно-геологических бы грунтов и 15 проб материалов кладки условий не только на момент их изучения, фундамента, выполнено более 100 полевых но и об их изменении в течение всего срока определений прочности кирпича удар- эксплуатации сооружения с момента его поно-импульсным методом, более 100 опреде- стройки. В данном разделе приведена комлений прочности раствора ударно-импуль- плексная оценка инженерно-геологических

#### 1.2.1 Рельеф и геоморфология

называвшейся Круглой горой.

В геоморфологическом отношении остров Свияжск представляет из себя холм-останец ными) [4]. с плоским верхом и крутыми обрывистыми склонами. Территория острова расположена в пределах четырёх типов рельефа: древнего ного, абразионного и искусственно-аккуотносится возвышенная часть острова, на

Территория монастыря расположена на которой и расположен Успенский собор. острове Свияжск, находящемся на Восточ- К эрозионному рельефу относятся крутые но-Европейской равнине, в пределах Вязов- склоны Куйбышевского водохранилища. ских гор при впадении р. Свияги в р. Волгу. К абразионному рельефу относится отмель Свияжск стал островом в 1957 году в резуль- до подошвы коренного склона, подвержентате заполнения Куйбышевского водохра- ная сезонному подтоплению. К искусственнилища. До этого территория находилась на но-аккумулятивному типу рельефа относитлевом берегу р. Свияги, на возвышенности, ся северо-восточная часть пологого склона острова, перекрытая техногенными грунтами (природными, техногенно-перемещён-

Территория вокруг исследуемого собора относительно ровная. Абсолютные отметки территории составляют около 75 м. Терриденудационного и современных - эрозион- тория имеет уклон в западном и северо-западном направлении, что обеспечивает мулятивного. К денудационному рельефу хороший поверхностный сток от западной части собора.





С; абсолютный минимум -47°С; абсо- ется в январе.

Климат района умеренно-континен- лютный максимум +39°C; количество тальный, с тёплым летом и умеренно-хо- осадков за год 539 мм. Преобладающее лодной зимой и, согласно СНиП 23-01-99 направление ветра зимой (декабрь-фев-«Строительная климатология» (данные раль) - южное, летом (июнь-август) по г. Казань) [5], характеризуется следу- - западное, северное. Среднегодовая ющими основными показателями: сред- скорость ветра 0-3,4 м/с. Наибольшая няя годовая температура воздуха +4,2° среднемесячная скорость ветра отмеча-

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

#### ТАБЛИЦА 1.

## Среднемесячные и среднегодовые значения температура воздуха, °C

Характе-	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
Средняя тем-	-11,6	-10,9	-4,3	5,3	13,2	17,6	19,7	17,4	11,5	4,2	-3,2	-8,9	4,2

обеспеченностью 98% (один раз в 50 лет) 1,40 м [6].

Продолжительность безморозного пери- 6,5°C. Нормативная глубина сезонного проода 214 суток. Расчетные температуры на- мерзания составляет 1,75 м [6]; расчётная ружного воздуха наиболее холодных суток глубина сезонного промерзания составляет

минус 41°C, обеспеченностью 92% (один раз Подобные климатические параметры обув 12,5лет) - минус 33° С; наиболее холодной словлены большой протяжённостью р. Волпятидневки обеспеченностью 98% - минус ги, удалённостью территории от Атланти-33°C, обеспеченностью 92% - минус 31°C; ческого океана и близостью Уральских гор. средняя суточная амплитуда температуры В ландшафтном отношении территория воздуха наиболее холодного месяца минус Свияжска расположена в лесостепной зоне.

#### 1.2.3 Геологическое строение и тектоника

нее 6 баллов [7].

В геолого-структурном отношении В геологическом строении территории территория Свияжска относится к Вол- принимают участие отложения четверго-Уральской антеклизе – одной из круп- тичной системы, которые, по данным ГУП нейших положительных структур Восточ- «Татинвестгражданпроект», со значительно-Европейской платформы. Вследствие ным угловым и стратиграфическим несоэтого сейсмичность района составляет ме- гласием залегают на отложениях казанского яруса верхней перми.

#### Четвертичная система

#### Современное звено

— 20 —

#### Texногенные накопления (tQIV)

от тёмно-серого до чёрного цвета с орга- ных накоплений достигает 4 м.

Техногенные накопления залегают под ническими остатками и большим количепочвенно-растительным слоем и пред- ством включений строительного мусора ставлены песками, супесями и суглинками содержанием до 60%. Мощность техноген-

### Нерасчленённые среднее и верхнее звенья

Аллювиально-делювиальные отложения (adQII-III)

под современными накоплениями. Пред- отложений составляет 1,7-8 м. ставлены песками маловлажными, супе-

Средне-верхнечетвертичные аллюви- сями и суглинками твёрдыми светло коально-делювиальные отложения залегают ричневого цвета, слоистыми. Мощность

#### Пермская система

#### Верхний отдел

Элювиальные отложения казанского яруса (eP2kz)

яруса залегают под четвертичными отло- рыми малопрочными, с прослоями карбожениями и представлены карбонатно-гли- натно-глинистой муки, дресвы и щебня, нистыми грунтами с включениями дресвы безводными. Вскрытая мощность отложеи щебня доломита содержанием 30-60%, ний составляет 0,7-2,0 м. плотными, безводными. Мощность отложений составляет 0,5-4,3 м.

Отложения казанского яруса (P2kz)

лены доломитами известковистыми и отложения залегают на верхнепермских.

Элювиальные отложения казанского известняками доломитовыми светло-се-

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в мезозойское и кайнозойское время периодически происходила мощная Отложения казанского яруса представ- денудация, в результате чего четвертичные

#### 1.2.4 Физические, химические и механические свойства грунтов

Физические свойства грунтов опре- нии внешней нагрузки. Основным показаделяют их вещественный состав, струк- телем деформационных свойств является турно-текстурные особенности и их со- модуль общей деформации. Прочностные стояние, которое зависит от плотности, свойства показывают предельную наразмера пор и содержания воды. Химиче- грузку, которую может вынести грунт без ские свойства определяют взаимодействие разрушения. Основными показателями грунта с различными веществами, в том прочностных свойств грунтов являются числе со строительными материалами. В сцепление и угол внутреннего трения. первую очередь инженеров интересует агрессивность к стали, свинцу и алюми- подошвы фундамента было вскрыто всению, а также к различным бетонам - на го два отличающихся друг от друга типа портландцементе, шлакопортландцемен- грунта. Исходя из этого, в процессе камете, к сульфатостойким бетонам, а также ральной обработки материалов было вык железобетонным конструкциям. Меха- делено два инженерно-геологических эленические свойства проявляются в грун-мента (ИГЭ). тах при приложении внешней нагрузки. изменения объёма грунта при приложе- до пластичной консистенции с включени-

В 2015 г. при проходке шурфов ниже

ИГЭ-1 (tQIV) - современные техноген-Они подразделяются на прочностные и ные накопления. Представлен суглинком деформационные. Класс деформационных красновато-коричневым тугопластичным свойств грунтов показывает зависимость и супесью рыже-коричневой от твёрдой



ями строительного мусора содержанием от 10 до 35%. В шурфе 5 техногенные су- тичные аллювиально-делювиальные отлопеси с включениями остатков угля находятся в текучем состоянии (ИГЭ 1а). Знасвойств техногенных насыпных грунтов жений» [6]  $R0 = 0,1 M\Pi a$ .

По данным лабораторных анализов согласно СП 28.13330.2012 [8], неагрессивны к бетонам на портландцементе всех марок и к железобетонным конструкциям. Корстали – высокая по наихудшему показателю. полостями составляет 1-10 см (рис. 1).

ИГЭ-2 (a,dQII-III) – средне-верхнечетвержения.

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

По результатам исследований в грунчения прочностных и деформационных товой лаборатории ООО ИГИТ был сделан вывод о том, что данный инженер-ИГЭ – 1 не нормируются. Рекомендуемое но-геологический элемент представлен значение расчетного сопротивления для супесью твердой желтовато-коричневой грунтов ИГЭ – 1 согласно табл. №В.9 СП с красно-коричневыми пятнами и про-22.13330.2011 «Основания зданий и соору- слоями, с чёрными прослоями и тёмными стяжениями размером до 2 мм, макропористой, слабопросадочной с многочисленводной вытяжки из грунтов грунты ИГЭ-1, ными вертикальными и субвертикальными цилиндрическими полостями, вероятно сформировавшимися по корням отмерших растений. Диаметр полостей достигает розионная агрессивность грунтов, согласно 1,5 см, длина более 2 м. Полости заполне-ГОСТ 9.602-2005 [9], по отношению к свин- ны кальцитом и имеют сердцевину из разцу и алюминию – средняя, а к углеродистой ложившейся древесины. Расстояние между



Рис. 1. Полости, заполненные кальцитом, под подошвой фундамента в шурфе 1

ральном университете на рентгеновском верное определение минерального состава

Минеральный состав грунтов опреде- дифрактометре. Целью рентгенографичелялся в Казанском (Приволжском) феде- ского изучения образцов является достодиагностики их тонкодисперсной состав- кристаллическую структуру. ляющей.

излучения соизмеримы с расстояниями между материальными частицами (ионановой природы, возникающее при бомбардировке вещества быстролетящими электронами. Длина волн рентгеновского излучения находится в широком диапазоне значений – от  $10^2$  до  $10^{-5}$  Å (1Å = 10 - 10M = 0.1 HM.

Кристаллическая структура твердого следующие этапы: вещества выражается в упорядоченном, подчиняющемся строгим геометрическим закономерностям расположении атомов, ионов или молекул. Основная закономерность - повторяемость с определенными периодами в трех пространственных некомпланарных направлениях элементарной ячейки, что образует трехмерную пространственную решетку. Расстояния между отдельными частицами имеют значения первых ангстрем, т.е. такие же, как и длины волн рентгеновского излучения. В силу этого кристаллическая структура твердого вещества является для рентге- PDF-2); новских лучей дифракционной решеткой. Дифракция - это явление рассеяния анализ, волн некоторой периодической системой (решеткой) с возникновением в результате сложения рассеянных волн усиленных вторичных, т.е. дифрагированных лучей в отчета. определенных дискретных направлениях. Направления эти определяются длинами волн падающего излучения и размерами решетки. Экспериментально такие дифрагированные лучи от кристаллической структуры фиксируются в виде интенсив- хроматизированного

объектов исследования, что практически ных резких сигналов (пиков, рефлексов), важно для строгой диагностики пород и а набор их характеризует анализируемую

Идентификация кристаллических фаз Рентгенографический анализ твердых осуществляется путем сопоставления потел основан на «взаимодействии» двух фи- лученных экспериментальных значений зических явлений: а) рентгеновского излу- межплоскостных расстояний и относичения и б) кристаллической структуры ве- тельных интенсивностей с эталонными щества. Такое взаимодействие возможно в данными. Следует помнить, что эталонсилу того, что длины волн рентгеновского ные данные приводятся для стехиометрического состава, изоморфизм или образование твердых растворов приводит ми, атомами) в кристаллической структу- к изменению значений межплоскостных ре. Рентгеновское излучение представляет расстояний, потому что изоструктурные собой электромагнитное излучение вол- вещества могут давать близкие рентгенограммы, мало различающиеся по величинам d и I, например металлы, сплавы, природные соединения - минералы.

> Методика работ с каждым из образцов грунта для проведения валового рентгенофазового анализа включала в себя

- предварительный осмотр образца;
- откалывание от образца представительной навески;
- растирание образца в среде этиленгли-
- приготовление рентгенографических
- рентгенографическая съемка препара-
- качественный рентгенографический анализ (расшифровка данных анализа - дифрактограмм, согласно базе данных рентгенографических стандартов -
- количественный рентгенографический согласно программному обеспечению DIFFRACplus Evaluation Package — EVA Search/Match;
- оформление результатов и написание

При проведении настоящих исследований использовался дифрактометр D2 Phaser (Брукер, Германия) для измерений порошковых препаратов в геометрии Брега-Брентано с использованием моно-СиКα-излучения

ток 30 mA. Шаг сканирования - 0.02°. Ско- дифрактограмм в табличном виде показанирования в геометрии Брега-Брентано ния минералов. Всего было выполнено 5 - 3-40°.

Расшифровка дифрактограмм: дифракпользовалась международная картотека нералов в импульсах в секунду. порошковых рентгенографических стандартов PDF-2 ICDD. На приведенных в рис. 2-6.

(λ=1,54178 Å), в режиме шагового скани- отчете дифрактограммах указана принадлежность максимумов определен-Режимы измерений и регистрации: на- ным минералам, что показано цветной пряжение рентгеновской трубки - 30 kV, штрих-диаграммой. Ниже приведенных рость - 1 град./мин. Диапазон углов ска- ны результаты количественного содержаисследований.

На приведенных ниже дифрактограмтограммы по компьютерной базе данных мах: вертикальная ось - брегговские углы сопоставлялись с эталонными дифрак- в градусах, вертикальная ось - относитограммами. В качестве базы данных ис- тельные дифракционные отражения ми-

Дифрактограммы представлены на

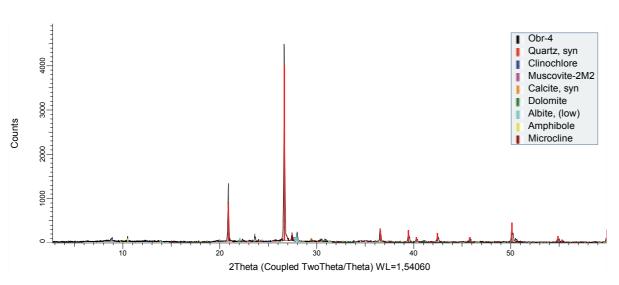


Рис. 2. Основной вмещающий грунт – супесь ИГЭ-2

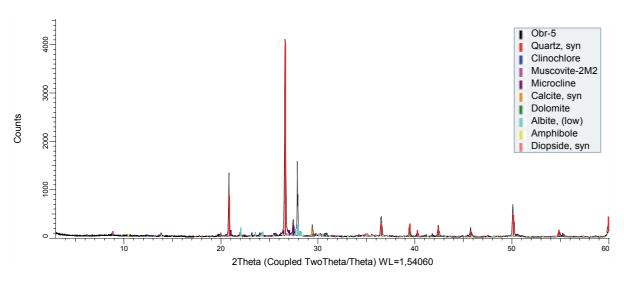


Рис. 3. Основной вмещающий грунт – супесь ИГЭ-2

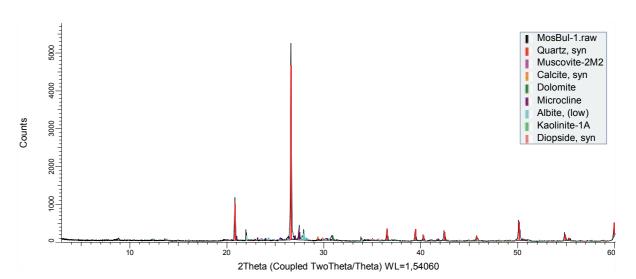


Рис. 4. Тёмные стяжения в супеси

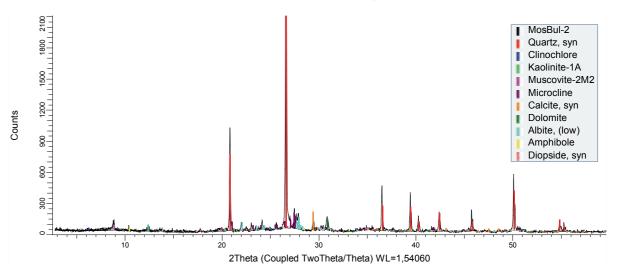


Рис. 5. Чёрные прослои в супеси

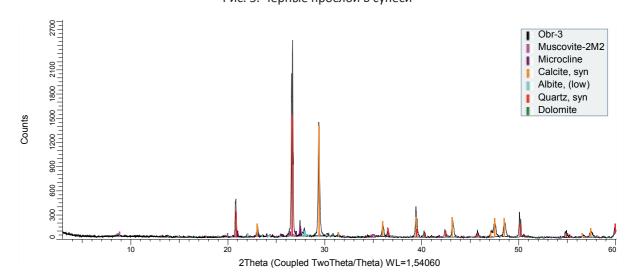


Рис. 6. Заполнитель полостей и пор в супеси



(68,7-68,9%), альбит (2,14-8,18%), слюда -2,81%), амфибол (2,77-3,34%).

нии принимают участие следующие минералы: кварц (67,39%), альбит (7,39%), слюда (6,24%), микроклин (7,17%), каолинит диопсид (0,93%).

принимают участие следующие минералы: кварц (59,51%), альбит (9,68%), слюда (5,16%), микроклин (9,97%), хлорит (5,82%), (2,22%), диопсид (1,35%), амфибол (2,60%).

полостей (рис. 6) показали, что в их строении принимают участие следующие минералы: кварц (44,67%), альбит (4,20%), слюда (4,37%), микроклин (1,72%), калькварца, полевых шпатов и слюды обусловлено примесями вмещающей супеси в пробе.

Для изучения структуры грунтов ИГЭ-2 в Казанском (Приволжском) федеральном университете была выполнена Рентгеновская компьютерная томография (РКТ). РКТ — метод неразрушающего исследования внутренней структуры объекта, который основан на измерении ослабления рентгеновских лучей различными участками объекта, различающимися плотностью, составом и толщиной. Для формирования ству его двумерных теневых проекций.

щена двумя рентгеновским трубками: ми- рисунках 7-14.

Результаты исследований показали, что крофокусной с максимальным ускоряющим в строении супесей (рис. 2, 3) принима- напряжением 240kV/мощностью 320W и ют участие следующие минералы: кварц нанофокусной с максимальным ускоряющим напряжением 180kV/мощностью 15W. (3,07-5,46%), микроклин (3,96-7,97%), хло- Для первичной обработки данных и создарит (3,65-3,94%), кальцит (1,47-1,90%), до- ния объёмной (воксельной) модели образца ломит (2,73-3,02%), диопсид (в одной пробе на базе ренттеновских снимков (проекций) используется ПО datos|x reconstruction. Для Результаты исследований тёмных стя- визуализации и анализа данных по элеменжений (рис. 4) показали, что в их строе- там объёмного изображения используется ПО VG Studio MAX 2.1 и Avizo Fire 7.1. Для проведения сканирования образцов в зависимости от их геометрических форм и раз-(2,72%), кальцит (1,11%), доломит (6,48%), меров, изготавливается соответствующий держатель. Зафиксированный в держателе Результаты исследований чёрных про- образец помещается на вращающийся стослоев (рис. 5) показали, что в их строении лик камеры рентгеновского компьютерного томографа на оптимальном расстоянии от источника рентгеновского излучения.

Для полученных образцов была исполькаолинит (1,13%), кальцит (2,57%), доломит зована микрофокусная трубка. Съёмка проводилась при ускоряющем напряже-Результаты исследований заполнителя нии 140 kV и токе 150 mA. Использовался медный фильтр толщиной 0.5мм. Съёмка велась в двух разрешениях - 114 - 136 мкм для четырёх образцов и 31,2 мкм для четырёх образцов (объём 1-го вокселя). Вначале цит (43,12%), доломит (1,92%). Содержание крупные образцы снимались при высоком расширении, после этого из них изготавливались более мелкие образцы и измерялись при более мелком разрешении. Всего было испытано 8 образцов (4 крупных и 4 мелких). Снимки и видео 2D-срезов получены в ПО VG Studio MAX 2.1. Расчёт общей пористости образцов производился с помощью ПО Avizo Fire 7.1. Для исключения дефектов съемки в расчетах использовались элементы объема с размерами более двух вокселей: > 228 - 272 мкм при разрешении 114-136 мкм и > 31,2 мкм при разрешении трехмерных образов внутренней структуры 15,6 мкм. Исследования при разрешении объекта используется сложная компьютер- 114-136 мкм показали общую пористость ная обработка массивов данных по множе- 0,27, 0,34, 0,47 и 0,91%. Исследования при разрешении 15,6 мкм показали общую по-Используемое оборудование – система ристость 7,65, 7,66, 14,76 и 17,25%. Резульпромышленной рентгеновской микротомо- таты испытаний приведены в таблицах 2 и графии, Phoenix V|tome|X S 240. Она осна- 3. Фотографии образцов представлены на

# ТАБЛИЦА 2 Результаты определения пористости образцов при разрешении 114-136 мкм

Параметры		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
	min	5.56E-02	4.52E-03	5.13E-03	5.13E-03
Объём порового про-	max	3201.15	218.8274	109.1412	41.2228
странства, мм <sup>3</sup>	mean	0.278447	0.1450291	0.09804053	0.08859318
	sum	2502.9	2182.5425	1367.6654	459.08984
Общий объём обра	азца, мм <sup>3</sup>	529327.6	239605.9	400966.8	171750.7
Пористость,	%	0.472845172	0.910888463	0.341091931	0.267300127
Количество пор в образце		87221	15049	13950	5182

ТАБЛИЦА 3 Результаты определения пористости образцов при разрешении 15,6 мкм

Параметры		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
	min	1,14E-05	1,14E-05	1,14E-05	1,14E-05
Объём поро-	max	8,272012	111,1482	101,906	17,9639
вого простран- ства, мм <sup>3</sup>	mean	0,000123965	0,001110702	4,07E-04	0,000107408
	sum	22,154685	116,26714	116,385	53,5775
Общий объём образца, мм <sup>3</sup>		289,5092	673,825	788,494	699,741
Пористость, %		7,652497744	17,25479761	14,76041669	7,656761573
Количество пор в образце		178717	104679	284597	498967





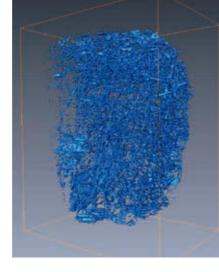


Поровое пространство образца

Рис. 7. Образец 1 для съёмки при разрешении 114-136 мкм



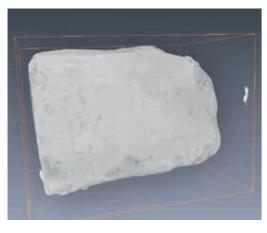


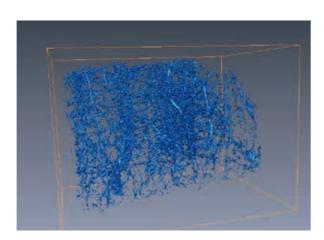


Общий вид

Поровое пространство образца

Рис. 8. Образец 2 для съёмки при разрешении 114-136 мкм

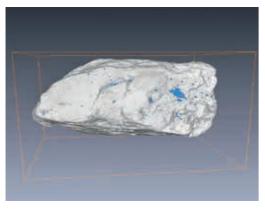


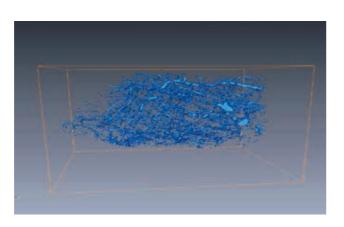


Общий вид

Поровое пространство образца

Рис. 9. Образец 3 для съёмки при разрешении 114-136 мкм





Общий вид

Поровое пространство образца

Рис. 10. Образец 4 для съёмки при разрешении 114-136 мкм

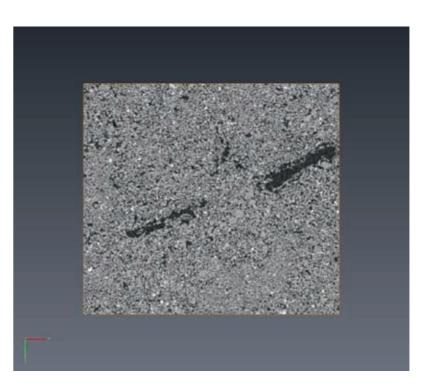


Рис. 11. Макропоры в образце 1, снятом при разрешении 15,6 мкм



Рис. 12. Макропоры в образце 2, снятом при разрешении 15,6 мкм

\_\_\_\_\_ 28 —





Рис. 13. Макропоры в образце 3, снятом при разрешении 15,6 мкм

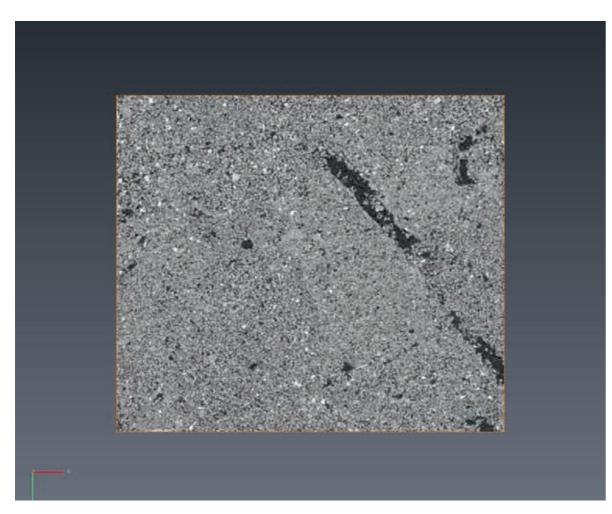


Рис. 14. Макропоры в образце 4, снятом при разрешении 15,6 мкм

при разрешении съёмки – 114 – 136 мкм по- опасное явление, характерное для южных ристость образцов составляет 0,27-0,91%, регионов, находящихся в перигляциальпри разрешении съёмки – 1,56 мкм пори- ной зоне, то есть на территории, по котостость образцов составляет 7,65-17,25%.

грунты ИГЭ-2 являются супесями твёрды-1,76 г/см<sup>3</sup>; среднее значение коэффициента формуле) составляет 0,73, пористость 42%.

Нормативные значения механических свойств грунтов имеют следующие значения: модуль деформации в естественном состоянии Е = 10,06 МПа, модуль деформации в водонасыщенном состоянии Е = 8,66 МПа, относительная просадочность в 2015 г. под стеной центральной апсиды составляет 2%;  $\phi = 27^{\circ}$  и c = 15 кПа.

чений рекомендуется принять  $\phi_{11} = 26^{\circ}$  и  $c_{11}$ = 14ĸ∏a.

В качестве расчетных (при  $\alpha_{11} = 0.95$ ) значений рекомендуется принять  $\phi_1 = 25^\circ$  и  $c_1$ = 13κΠa.

По результатам лабораторных исследований химических свойств, заключавшихся в анализах водной вытяжки из грунтов ИГЭ-2, согласно СП 28.13330.2012 [8], супеси имеют рН 7,6-7,8, неагрессивны к бетонам на портландцементе всех марок и к железобетон- ственный отвод дождевых вод с крыши ным конструкциям. Коррозионная агрессивность грунтов, согласно ГОСТ 9.602-2005 алюминию и углеродистой стали – высокая по наихудшему показателю.

Опираясь на приведённые выше данные,

Таким образом, по данным томографии в основании собора. Просадочность рой текли водные потоки, образовавшиеся По результатам лабораторных исследо- в результате таяния ледников. Просадочваний физических и механических свойств ные грунты в маловлажном состоянии имеют хорошие деформационные свойми среднепросадочными. Среднее значе- ства, но при замачивании происходит их ние природной влажности 14,5%, числа сильная просадка за счёт растворения вепластичности 2,39 и показателя текучести ществ, связывающих частицы грунтов. По -2,82. Нормативное значение плотности архивным данным, подземные воды расгрунтов составляет 1,78 г/см<sup>3</sup>, расчетное полагаются на глубине более 10 м, следопри доверительной вероятности 0,85 со- вательно, они не могут являться причиной ставляет 1,77 г/см<sup>3</sup>, расчетное при дове- просадки грунтов. Но большое количество рительной вероятности 0,95 составляет атмосферных осадков и некачественный отвод поверхностных вод от территории пористости (определённое по расчётной собора создавали условия для проникновения (инфильтрации) воды в грунты основания собора. А увлажнение просадочных супесей, находящихся в твёрдом состоянии, способно привести к неравномерным осадкам сооружения.

На момент последних исследований алтаря располагалась полость от старо-В качестве расчетных (при  $\alpha_{II}$ =0,85) зна- го дымохода аммосовской печи. И после обильных дождей под подошвой фундамента формировался поток воды, фильтрующейся в грунты основания – просадочные супеси, что и являлось одной из главных причин деформации апсиды (рис. 15).

Поверхностные воды, контактирующие непосредственно со стенами собора, мигрировали внутрь здания. В результате происходило замачивание кладки стен и фундаментов собора. Кроме того, некачебыл причиной замачивания стен.

Отсутствие регулярного качественно-[9], по отношению к свинцу - средняя, а к го проветривания подклетов являлось основной причиной повышенной влажности внутренних помещений собора. Разница влажности и температуры в различных поможно сделать вывод о том, что инженер- мещениях собора приводила к формироно-геологические условия территории яв- ванию высолов на стенах, механизм обраляются сложными [10]. Это обосновывает- зования которых связан с миграцией воды ся наличием просадочных супесей ИГЭ-2 внутри стен из более влажных помещений



в более сухие. В процессе движения происосадка.

Проведение реставрационных работ было ходит выщелачивание материалов кладки направлено на устранение выявленных де-- в первую очередь известково-песчаного фектов, что позволило теперь восстановить раствора, а на границе сред (на поверхно- передачу нагрузок от алтарной части на грунсти стены) происходит выпадение твердого ты основания так, как это было изначально.

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ



Рис. 15. Фотография шурфа в центральной апсиде после дождя

#### 1.3 ФУНДАМЕНТЫ

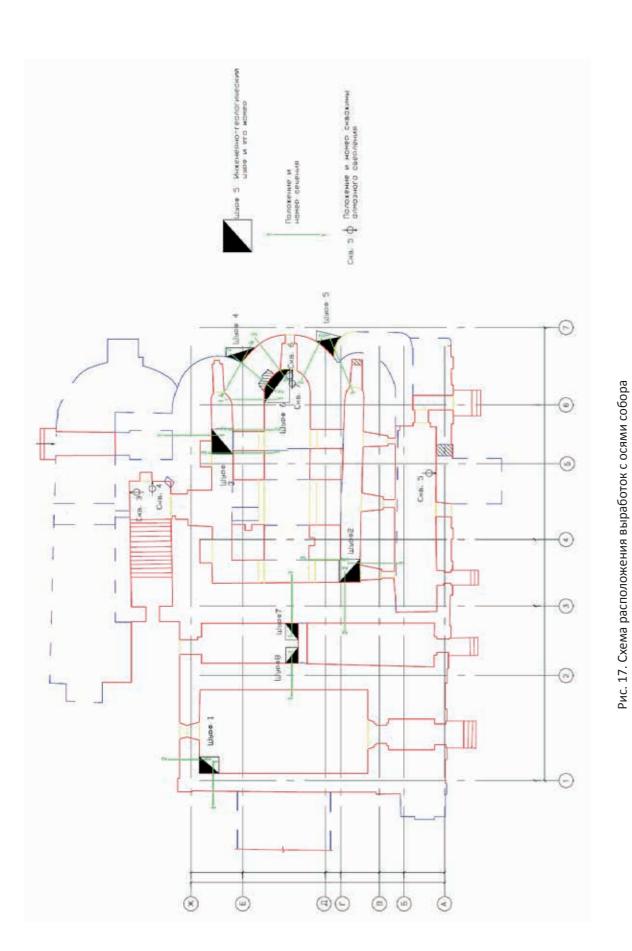
пилонами – отдельные столбчатые. Клад- няя часть фундамента центральной апсика рядная, выполнена из блоков извест- ды была разобрана для вывода дымохода. няка и доломита грубой тёски на из- Но после разборки трубы полость под повестково-песчаном растворе. Отдельные дошвой фундамента не была заделана, и блоки разбиты трещинами раскрытием в настоящее время фундамент «висит» в до 7 мм. В шурфе № 1 под рядной кладкой воздухе (рис. 16). При обильных дождях из блоков известняка и доломита нахо- вода собирается в основании дымохода и дится бутовая кладка из щебня кирпича, фильтруется через закладку из кирпича известняка и доломита на песке средней на портландцементе, вскрытую при прокрупности. В конце XIX в. в подклете под ходке шурфа №6. При этом часть воды четвериком была установлена калори- инфильтруется в грунты основания ферная печь системы Аммосова. Дымоход просадочные супеси. Эти факторы явля-центральной апсиды. При проходке шур- апсиды.

Фундаменты собора ленточные, под фов №№ 4 и 6 было установлено, что ниж-



Рис. 16. Полость под подошвой фундамента в шурфе 4





ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

влажные, на стенах собираются капли воды. ничем не заполнены. Влага, находящаяся в Отдельные участки стен в подклетах покры- стенах и фундаментах собора, инфильтруетты высолами. Кладка фундаментов во вну- ся вверх, в объем первого этажа. Это привотренних подклетах также очень влажная, дит к формированию высолов на внутреннесмотря на контакт с маловлажными грун- них стенах собора (рис. 18). Повышенная тами (твердыми супесями). Известково-пес- влажность кладки вызывает уменьшение чаный раствор выщелочен, легко разруша- несущей способности фундаментов и стен.

Внутренние помещения подклетов очень ется пальцами, местами отсутствует. Швы



Рис. 18. Высолы на стенах и сводах южной галереи.

пустотностью.

ложения фундамента южной апсиды со- щебня кирпича на заполнителе - суглинке. ставляет 1,15 м (а.о. подошвы фундамента

Телеметрические исследования в сква- та трапезной от уровня пола подвала сожинах, пройденных через тело фунда- ставляет 0,5м (а. о. подошвы фундаментов мента, показали, что внутренняя часть 72,71 м). Глубина заложения фундамента фундаментов характеризуется высокой западного крыльца составляет 1,50 м (а.о. 73,79 м). Глубина заложения фундамента Глубина заложения фундаментов чет- северного крыльца составляет 1,10 м (а.о. верика от уровня пола подвала составля- 74,10 м). Глубина заложения фундамента ет 0,20-0,30 м (а. о. подошвы фундаментов северного гульбища составляет 1,50 м (а.о. 72,40-72,50 м). Глубина заложения фунда- 74,17 м). Глубина заложения фундамента ментов четверика от поверхности земли южного гульбища составляет 1,40 м (а.о. составляет - 2,95 - 3,17 м (а.о. подошвы 73,10 м), фундамент представлен бутовой фундаментов 72,51 - 72,68 м). Глубина за- кладкой блоков известняка и доломита и

Основные характеристики обследован-74,53 м). Глубина заложения Фундамен- ных фундаментов приведены в таблице 4.

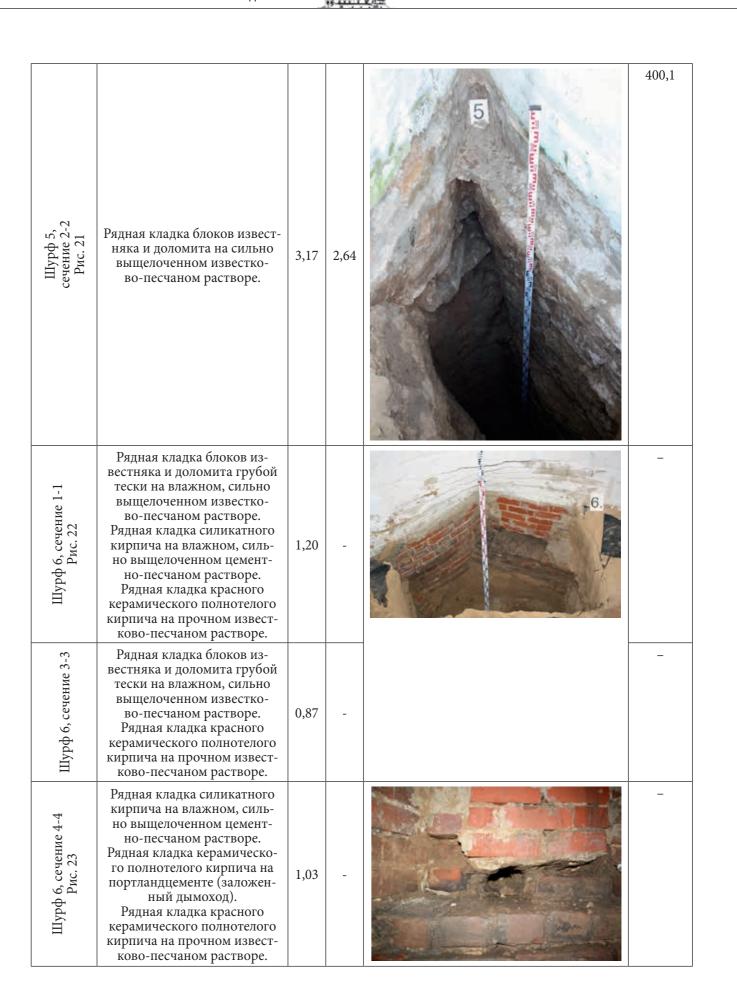


# ТАБЛИЦА 4 Характеристики фундаментов

№ Выработок	Тип кладки	Глубина заложения фундамента, м	Ширина подошвы опирания, м	Фотография сечения	Расчётное сопро- тивление грунтов основания
1	2	3	4	5	6
Шурф 1, сечение 1-1	Рядная кладка блоков известняка и доломита на прочном известково-песчаном растворе. Снаружи швы покрыты слоем портландцемента толщиной до 1 см. Бутовая кладка из щебня кирпича, известняка и доломита на песке средней крупности, рыжего цвета, влажном.	0,50	1,25		382,9
Шурф 1, сечение 2-2 Рис. 16	Рядная кладка блоков известняка и доломита на прочном известково-песчаном растворе. Снаружи швы покрыты слоем портландцемента толщиной до 1 см. Бутовая кладка из щебня кирпича, известняка и доломита на песке средней крупности, рыжего цвета, влажном.	0,50	1,40		386,2

Шурф 2, сечение 1-1. Рис. 17	Рядная кладка блоков известняка и доломита на выщелоченном известково-песчаном растворе.	0,3	2,85	2	404,8
Шурф 2, сечение 2-2	Рядная кладка блоков известняка и доломита на выщелоченном известково-песчаном растворе.	0,30	2,40		394,8
Шурф 2, сечение 3-3	Рядная кладка блоков известняка и доломита на выщелоченном известково-песчаном растворе.	0,30	2,20		390,4
Шурф 3, сечение 1-1 Рис. 18	Рядная кладка блоков известняка и доломита на выщелоченном известково-песчаном растворе.	0,22	2,80	3 3	397,0
Шурф 3, сечение 2-2	Рядная кладка блоков известняка и доломита на выщелоченном известково-песчаном растворе.	0,20	2,20		381,4
Шурф 3, сечение 3-3	Рядная кладка блоков известняка и доломита на выщелоченном известково-песчаном растворе.	0,24	2,20		385,9

Шурф 4, сечение 2-2 Рис. 19	Рядная кладка блоков известняка и доломита на сильно выщелоченном известково-песчаном растворе. Отдельные блоки разбиты трещинами раскрытием до 7 мм.	2,40	-	4	-
Шурф 4, сечение 4-4 Рис. 19	Рядная кладка блоков известняка и доломита на сильно выщелоченном известково-песчаном растворе. Отдельные блоки разбиты трещинами раскрытием до 7 мм.	2,95	2,63		399,9
Шурф 5, сечение 1-1 – фундамент XVIII в. Рис. 20	Рядная кладка блоков известняка и доломита грубой тески на влажном сильно выщелоченном портландцементе (внешняя верста)	1,10	1,10	5	284,6



Шурф 7, сечение 1-1 Рис. 24	Рядная кладка блоков известняка и доломита грубой тески на выщелоченном известково-песчаном растворе, влажном в верхней части и маловлажном в нижней.	1,85	2,73	7	379,6
Шурф 8, сечение 1-1 Рис. 25	Рядная кладка блоков известняка и доломита грубой тески на влажном, выщелоченном известково-песчаном растворе.	0,30	-	8 Marian	-

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Определение расчетного сопротивле- гласно СП 15.13330.2012 «Каменные и ные и армокаменные конструкции» [11]. равны: Для этого в ходе полевых работ из кладок отбирались образцы материала фунда- грубой тески - R=3,1-3,7 МПа; ментов для определения их прочности. Определение прочности материалов клад- МПа; ки фундаментов производилось в соответствии с ГОСТ 8.136-74, ГОСТ Р8.663-2009 на прессе. Замеры показали значения R=0,07 МПа. прочности известняка и доломита на сжатие: Rcж=23 МПа, что соответствует марке вания изменяется в пределах 284,6-404,8. камня М200.

соответствует марке кирпича М125.

связующего раствора марки 0,2 - 10, со- работоспособное.

ния сжатию кладок фундаментов выпол- армокаменные конструкции» [11], раснено согласно СП 15.13330.2012 «Камен- четные сопротивления сжатию кладок

- рядная кладка известняка и доломита
- рядная кладка кирпича R=1,0-1,3
- бутовая кладка из щебня кирпича, известняка и доломита на песке -

Расчётное сопротивление грунтов осно-

Состояние каменных конструкций Для кирпича керамического прочность фундаментов, согласно СП 13-102-2003 определялась методом неразрушающего [11] и ГОСТ 31937-2011 [12] «Здания контроля и составила Рсж=12,5 МПа, что и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состоя-При показателях значений прочности ния», характеризуется как ограниченно

### 1.4 НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

#### 1.4.1 Подклеты

части перекрыты цилиндрическими сво- на (рис. 19).

В подклете толщина квадратных пи- дами. Своды выполнены из известняколонов колеблется от 2200 мм до 2450 мм, вого камня на известково-песчаном раснаружных стен от 2300 до 2480 мм. Под- творе. В сводах присутствуют отверстия вальная часть под четвериком перекрыта квадратной формы примерно 250x250 мм сомкнутыми сводами, поддерживаемыми от системы отопления печи Аммосова, коподпружными арками пилонов. Алтарные торая в середине XX в. была демонтирова-



Рис. 19. Отверстия от системы отопления в подклете

ня. В щелыге свода видны следы от деревян- на известково-песчаном растворе. ной опалубки. Щелыга залечена бетоном (рис. 20). В габарите 1-2/В-Ж подвальная ходит на свод.

Под трапезной подвал перекрыт цилин- часть под трапезной перекрыта цилиндридрическим сводом из известнякового кам- ческим сводом из керамического кирпича

В габарите 3-4/А трещина в проеме пере-



#### 1.4.2 Основной объём собора

#### Четверик и алтарь

тесаных блоков известняка на известково- В процессе исторической перестройки песчаном растворе. Толщина наружных храма окна были растесаны, украшены стен 1400-1530 мм с северной стороны, снаружи балочными наличниками. Ввиду 1490-1760 мм с южной. Толщина алтарных этих преобразований оконные откосы апсид: южной 1100 мм, средней 1250 мм выложены керамическим кирпичом и 1870 мм северной. Пилоны квадратные, (рис. 21).

Кладка четверика и алтаря выполнена из размерами в среднем 1600х1600 мм.



Рис. 21. Трещина в оконном проёме, заложенном керамическим кирпичом

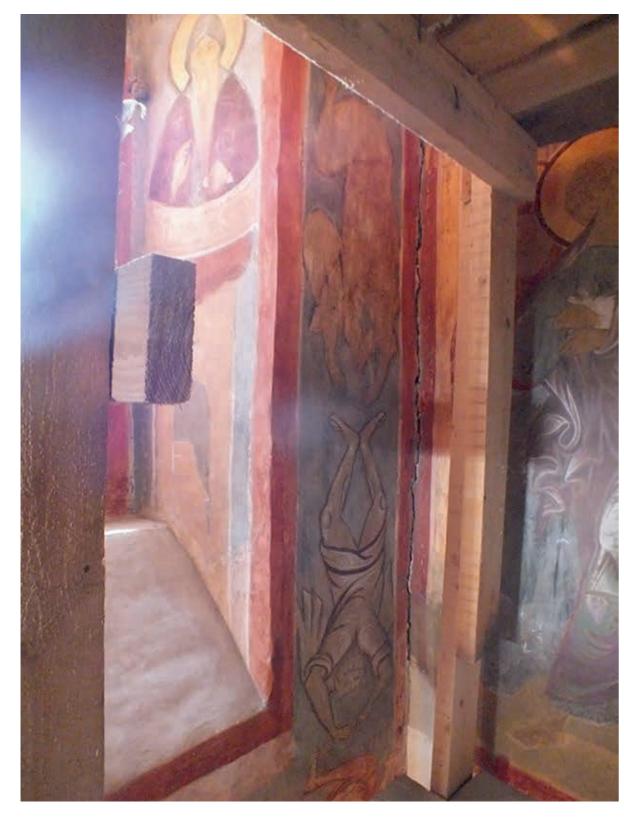
рьезным горизонтальным деформациям щины в северо-западном углу собора (на и вертикальным перемещениям. В тол- месте бывшего примыкания разобранного ще кладки храма проходили деревянные северного придела). В габарите 3/Ж тресвязи, которые со временем полностью щина в углу собора расширяется кверху. сгнили. Зафиксированы остатки деревян- На высоте 3,5 м достигает максимального ных связей, уже окаменелые. Сохранились раскрытия до 25 мм, при переходе на свод металлические кованые связи. Изнутри затухает (рис. 22).

Стены и своды собора подвергаются се- храма зафиксированы вертикальные тре-



ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 20. Вид подклета в осях А-Ж/2-3



изучение и сохранение

Рис. 22. Трещина на сочленении северной и западной стен

ваны на южной стене собора над первым На трещине маячок датирован 18.10.2013. ярусом проемов окон. В габарите 3-4/В По маяку проходит волосяная трещина на откосе окна второго яруса сквозная раскрытием 0,2 мм.

Сквозные трещины также зафиксиро- трещина раскрытием 20 мм (рис. 23).

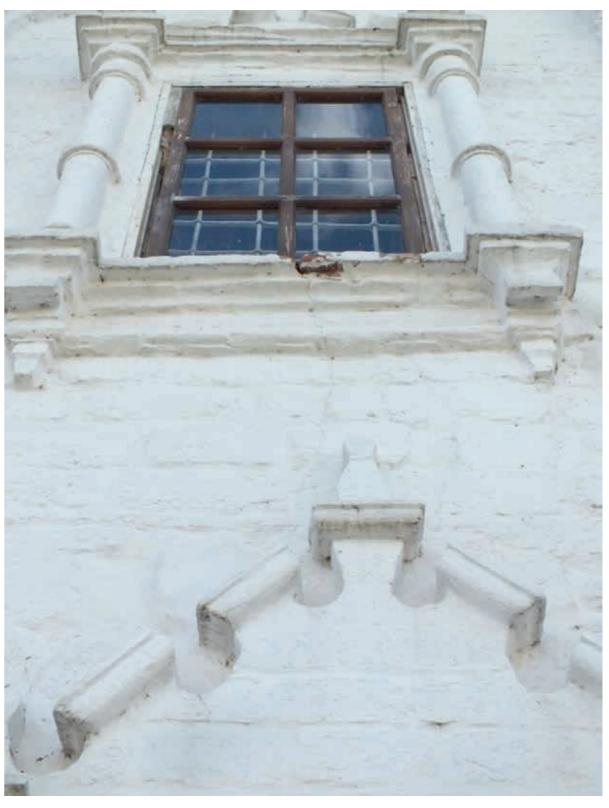


Рис. 23. Сквозная трещина на южной стене собора

Деформации прослеживаются на апсидах собора. На стенах и сводах наклонные и вертикальные трещины раскрытием до 20 мм (рис. 24).

\_\_\_\_\_\_ 44 —





Рис. 24. Трещина в северной апсиде

ны на ступенчатых сводах и подпружных В-Ж и 5/Е-Ж изменена (рис. 26).

Перекрытие собора выполнено ступенча- арках собора. Наибольшие деформации в тыми арками, поддерживающими барабан настоящий момент испытывает подпружв центре композиции. Своды выполнены из ная арка в габарите 4/В-Г. Замковый камень известнякового камня на известково-пес- шатается от прикосновения рук. Трещины чаном растворе, покрыты левкасом и рас- по арке раскрытием 45 мм (рис. 25). Четыписаны. Своды собора подвергаются се- ре горизонтальных ряда замкового камня рьезным деформациям и перемещениям. образовали выпадающий блок. Геометрия Вертикальные перемещения хорошо замет- сводов и подпружных арок в габаритах 3-4/



Рис. 25. Подпружная арка в габарите 4/В-Г



Рис. 26. Изменение геометрии свода



#### Трапезная часть

деформаций. Зафиксированы трещины не зафиксировано.

Трапезная часть собора представляет по обводу оконных проемов на месте бесстолпное пространство, заделок кованых решеток. На южной перекрытое крестовым сводом на стене под карнизом в габаритах 1-2/В распалубках. Стены и своды трапезной проходит горизонтальная трещина выполнены из керамического кирпича раскрытием 0,6 мм, которая сечет на известково-песчаном растворе, распи- кирпичные наличники оконных проемов саны. Толщина стен 1570 мм. Трапезная (рис. 27). Существенных трещин на почасть собора не испытывает серьезных верхности свода и изменения геометрии

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

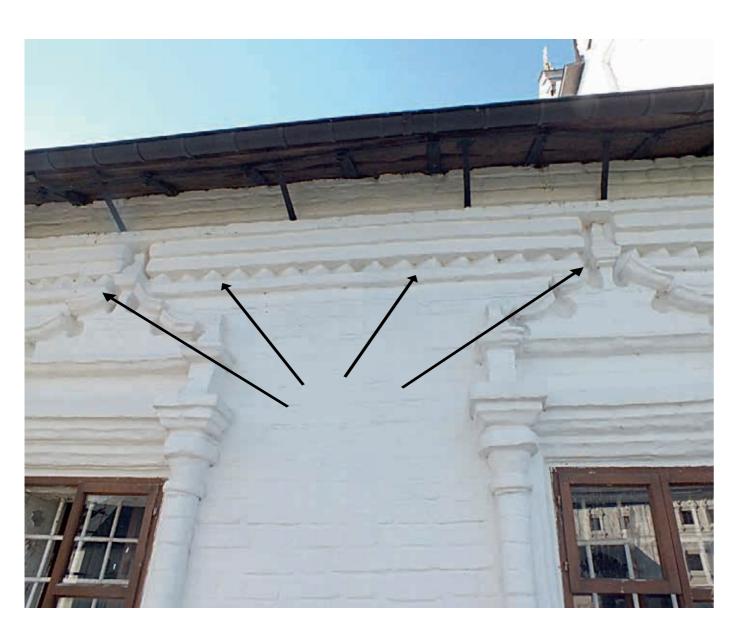


Рис. 27. Горизонтальная трещина в южной стене трапезной части

#### Северная паперть и южная галерея

работ. Южная галерея выполнена из геометрию сохранившихся узоров. керамического кирпича на известково- В настоящее время на галерее песчаном растворе. Цокольная часть в прослеживаются отдельные вертикальные отдельных местах выложена из блоков и горизонтальные трещины раскрытием известняка грубой тески. До недавнего до 1 мм (рис. 28). Прослеживается участок времени галерея была крытой. Деструкция галереи с просевшей стеной по длине. кирпичной кладки лицевой версты Деформации установившиеся, следов достигала 70%. В процессе реставрации возобновления не зафиксировано.

Галерея и паперть, как и весь храм, покрытие галереи разобрали. С 2008 г. выкрашены белой краской на органической проведены работы по вычинке кирпича основе без штукатурного слоя, который с докомпоновкой. Лекальный кирпич был снят в процессе реставрационных изготавливался вручную, повторяя



Рис. 28. Трещина и отшелушивание краски на южной галерее

- 48

УСПЕНСКИЙ СОБОР ОСТРОВА-ГРАДА СВИЯЖСК

процессе реставрационных работ, с сохра- ходит рост зелёных водорослей. нением живописи. В настоящее время от форса, примыкающего к собору, и крыльцо. 1 мм (рис. 29).

Северная паперть представляет собой Паперть выполнена из блоков известняка остатки северного придела, разобранного в грубой тески. На северной стороне проис-

Зафиксирована наклонная трещина него осталась западная стена в виде контр- по стене входа в подклет раскрытием

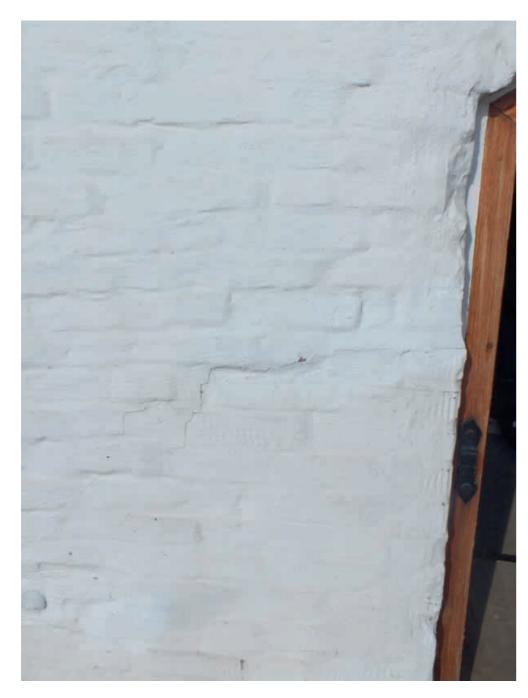


Рис. 29. Трещина у входа в подклет

# Лестницы

маршевая, располагается с западной части полнены из известняковых плит. трапезной. Выполнена из известняковых плит. Над ней выстроено кирпичное крыльцо с кирпичными парапетами лестницы.

Главная лестница, ведущая в собор, одно- маршевые лестницы. Проступи также вы-

С северной стороны располагается маршевая лестница со входом в собор. Проступи выполнены из известняковых плит. Ба-На южной галерее располагаются две лясины и ограждение выполнены из дерева.

#### Кровля

Конструкция кровли на соборе и трапезной части сложной скатной формы, барочная. Над трапезной частью трехскатная. Полностью заменена и выполнена из меди.

Ремонт кровли выполнен в 2008 г. Покрытие заменено. Организован наружный спечивает отвод атмосферных осадков от стен собора.

ных инструментальных исследований были приняты следующие прочностные блице 5.

Конструкция кровли на барабане характеристики материалов кладки: марсложная, в стиле «украинского барокко», ка красного керамического кирпича М100, восьмигранная. Кровля была полностью марка раствора в подвале М4, марка расзаменена и выполнена из кровельной меди. твора кладки стен и пилонов в основном объёме собора М25, марка раствора в сводах М10, марка известняка М800.

В процессе проходки шурфов были определены прочностные характеристики грунтов основания и геометрические характеристики фундаментов, на основании водосток, который не в полной мере обе- которых было определено расчётное сопротивление грунтов основания. При обследовании несущих конструкций собора По результатам лабораторных и натур- был выполнен сбор нагрузок на подошву фундамента. Результаты приведены в та-

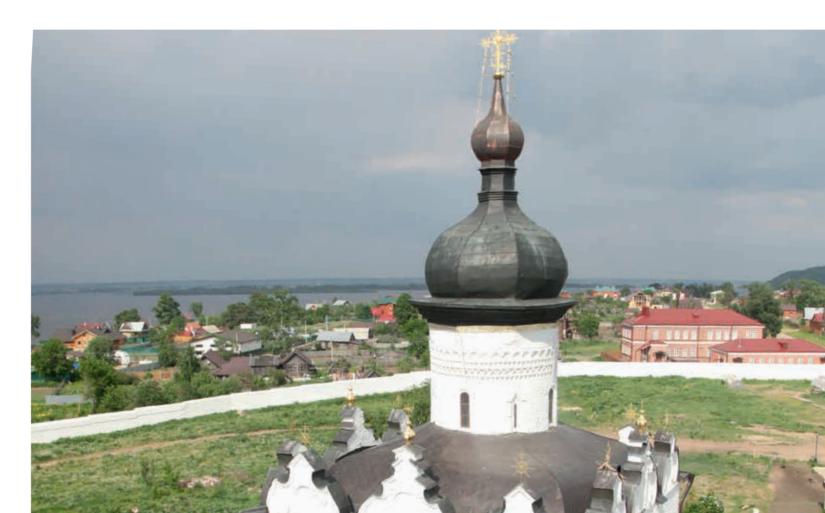


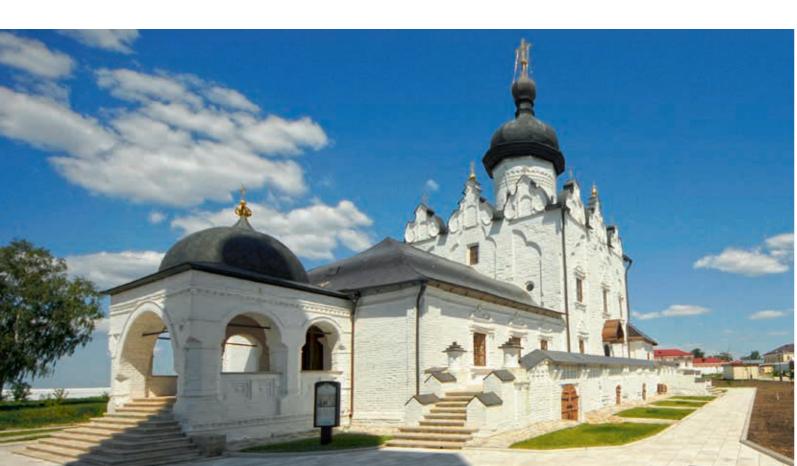
ТАБЛИЦА 5. Сравнение нагрузок на подошву фундамента с расчётным сопротивлением грунтов основания

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Номер шурфа и сечения	Расчетное сопротивление грунта основания, кПа	Расчетные нагрузки, кПа
Ш 1 (1-1)	382.9	263,6
III 1 (2-2)	386.2	194,9
Ш 2 (1-1)	404.8	347,7
III 2 (2-2)	394.8	414,1
III 2 (3-3)	390.4	463,1
Ш 3 (1-1)	397.0	321,1
Ш 3 (2-2)	381.4	455,1
Ш 3 (3-3)	385.9	538,2
Ш 4 (4-4)	399.9	272,0
Ш 5 (1-1)	284.6	140,3
III 5 (2-2)	400.1	202,1
Ш 7 (1-1)	379.6	414,1

способность грунтов основания фунда- новных причин деформаций собора. ментов. Условие расчета для грунтов ос-

Опираясь на приведённые результаты, нования в уровне подошвы фундамента можно сделать следующий вывод: на- по II группе предельных состояний не грузки от собора превышают несущую выполняется, что является одной из ос-



#### 1.5 ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ СОБОРА

ся на острове, но исторически это была возвышенная территория, называвшаяся Круглой горой. Территория стала островом в 1957 году после заполнения Куйбышевского водохранилища. В геоморфологическом отношении собор располагается на возвышенной части острова-останца

Климат района работ умеренно-континентальный. Средняя годовая температура воздуха +4,2 °C, абсолютный минимум -47 °C, абсолютный максимум +39 °C, количество осадков за год - 539 мм. Преобладающее направление ветра зимой - южное, летом – западное и северное.

Продолжительность безморозного пе- ется вверх, в объем первого этажа. риода 214 суток. Расчетная глубина сезонного промерзания 1,75 м. Сейсмичность апсиды разобрана для вывода дымохода района работ - менее 6 баллов.

ная, имеет уклон в западном и северо-западном направлении. Абсолютные отмет- новной причиной деформации центральки составляют около 75 м. Существующая вертикальная планировка должным образом не осуществляет отвод талых и дож- ча на портландцементе, под подошву фундевых вод от здания, вследствие чего про- дамента апсиды подведена кладка керамиисходит постоянное замачивание стен и фундаментов собора. Под подошвой фундамента центральной апсиды располагается полость от дымохода, по которой после ча и известняка на суглинке. Повышенная обильных осадков поток воды устремляется в грунты основания. Некачественный несущей способности фундаментов и стен. отвод дождевых вод с крыши обусловливает замачивание стен сверху. Отсутствие нах, пройденных через тело фундамента, регулярного качественного проветривания подклетов является причиной повышенной влажности внутренних помещений и формирования конденсата на стенах и сводах. Разница температурно-влажностного режима в различных помеще- м, от поверхности земли – 2,95 – 3,17 м, ниях собора является причиной формирования высолов на стенах и разрушения 1,15 м, трапезной от уровня пола подвала уникальных фресок XVI века.

лонами – отдельные столбчатые. Кладка ща – 1,50 м, южного гульбища – 1,40 м.

В настоящее время монастырь находит- рядная, выполнена из блоков известняка и доломита грубой тески на известково-песчаном растворе. Отдельные блоки разбиты трещинами раскрытием до 7 мм. Фундаменты трапезной части под рядной кладкой из блоков известняка и доломита имеют бутовую кладку из щебня кирпича, известняка и доломита на песке средней крупности. Кладка фундаментов характеризуется высокой влажностью. Известково-песчаный раствор выщелочен, легко разрушается пальцами, местами отсутствует, швы между блоками в этих местах ничем не заполнены. Влага, находящаяся в стенах и фундаментах собора, инфильтру-

Нижняя часть фундамента центральной от калориферной печи, и в настоящее вре-Территория собора относительно ров- мя ленточный фундамент апсиды на этом участке «висит» в воздухе. Это явилось осной апсиды. Со стороны подклета дымоход заложен стенкой из керамического кирпического кирпича на известково-песчаном растворе. Фундаменты гульбищ выполнены из бутовой кладки из щебня и глыб кирпивлажность кладки вызывает уменьшение Телеметрические исследования в скважипоказали, что внутренняя часть фундаментов характеризуется высокой пустотностью, достигающей 10%.

Глубина заложения фундаментов четверика от уровня пола подвала 0,20-0,30 южной апсиды от поверхности земли -- 0,5 м, западного крыльца - 1,50 м, север-Фундаменты собора ленточные, под пи- ного крыльца - 1,10 м, северного гульби-



нования изменяется в пределах 284,6мента составляют 140-538 кПа.

ной кладки фундаментов из известняка и без штукатурки. Она была снята в процесдоломита – R=3,1-3,7 МПа, рядной кладки из кирпича – R=1,0-1,3 МПа, бутовой кладки щебня кирпича, известняка и доломита деформации осадочного характера, прина песке – R=0,07 MПа.

ной кладки стен и столбов из блоков изиз кирпича – R=0,9-1,3 МПа.

В геологическом строении площадки изысканий выделяются два инженерно-геологических элемента.

строительного мусора содержанием от 10 текучем состоянии (ИГЭ 1а).

вертичные аллювиально-делювиальные ся на алтарных апсидах. отложения. Представлен супесью твердой невыми пятнами и прослоями, с черными прослоями и темными стяжениями размером до 2 мм, макропористой, слатикальными и субвертикальными цилиндрическими полостями, вероятно сформировавшимися по корням отмерших растений. Диаметр полостей дости- крашены белой краской без штукатурного гает 1,5 см, длина более 2 м. Полости заполнены кальцитом и имеют сердцевину ных работ). Южная галерея выполнена из разложившейся древесины. Расстояние из керамического кирпича на известкомежду полостями составляет 1-10 см.

жены из блоков грубо тесанного извест-

- 54

Расчетное сопротивление грунтов ос- жены из керамического кирпича на известково-цементном растворе. Изнутри 404,8 кПа. Нагрузки на подошву фунда- стены трапезной также расписаны более поздним по стилю письмом. Снаружи со-Расчетные сопротивления сжатию ряд- бор, как и подвал, окрашен белой краской се предыдущих реставрационных работ.

В настоящее время собор испытывает чиной которых служат просадочные грун-Расчетные сопротивления сжатию ряд- ты основания и недостаточная несущая способность грунтов основания, обусловвестняка – R=7,0-8,5 МПа; рядной кладки ленная малой глубиной заложения фундаментов.

В стенах собора проходили деревянные внутристенные связи, которые в настоящее время полностью сгнили. Изнутри ИГЭ-1 (tQIV) – техногенные накопле- собора в месте бывшего примыкания приния. Представлен суглинком краснова- дела в габарите 3/Ж вертикальная трещито-коричневым тугопластичным и су- на в углу здания, которая расширяется песью рыже-коричневой от твердой до кверху и при переходе на свод затухает. пластичной консистенции с включениями Вероятно, стены бывшего северного придела выполняли роль контрфорсов и придо 35 %. В шурфе 5 техногенные супеси с давали жесткость зданию. Зафиксировано включениями остатков угля находятся в несколько сквозных трещин в оконных проемах и перемычках южной и северной ИГЭ-2 (a,dQII-III) – средне-верхнечет- стены. Так же деформации прослеживают-

Кирпичные стены трапезной не испыжелтовато-коричневой с красно-корич- тывают серьезных деформаций. Зафиксированы трещины по обводу оконных проемов на месте заделок кованых решеток. На южной стене под карнизом в габаритах бопросадочной с многочисленными вер- 1-2/В проходит горизонтальная трещина раскрытием 0,6 мм, трещина сечет кирпичные наличники оконных проемов.

Галерея и паперть, как и весь храм, выслоя (был снят в процессе реставрационво-песчаном растворе. Цокольная часть в Стены четверика и алтаря собора выло- отдельных местах выложена из блоков известняка грубой тески. Северная паперть няка на известково-песчаном растворе. представляет собой остатки северного В интерьере собора сохранились уникаль- придела, разобранного в процессе реставные росписи середины XVI века. Несущие рационных работ и сохранением живоконструкции стен трапезной части выло- писи. В настоящее время от него осталась западная стена в виде контрфорса, примыкающего к собору, и крыльцо. Паперть выполнена из блоков известняка грубой тески. Стены галереи и паперти имеют незначительные проблемы. На галерее зафиксированы отдельные вертикальные и горизонтальные трещины раскрытием до 1 мм. Прослеживается участок галереи с просевшей стеной по длине. Деформации установившиеся, следов возобновления не зафиксировано. Отшелушивание красочных слоев связано с водоотведением с парапетов галереи.

Таким образом, основными причинами деформаций Успенского собора являются:

- наличие просадочных грунтов в основании памятника;
- некачественный отвод атмосферных осадков;
- недостаточная несущая способность грунтов основания, обусловленная малой глубиной заложения фундаментов.

Основными причинами разрушения фресок являются:

- неравномерные осадки собора;
- неустановившийся температурно-влажностный режим.

На основании результатов комплексного изучения инженерно-геологических условий территории собора, его архитектурных и конструктивных особенностей специалистами ООО «ИГИТ» были разработаны проектные решения по усилению надземных конструкций собора, фундаментов и грунтов основания Успенского собора. Для улучшения состояния памятника были запроектированы следующие виды работ.

- Для повышения несущей способности фундаментов и оптимизации условий работы грунтов на контакте фундамент-грунт предусмотрено производство работ по инъектированию фундаментов и контакта фундамент-грунт.
- Для стабилизации осадок алтарной части запроектированы работы по восстановлению фундамента центральной и северной апсиды, разобранного в XIX веке для прокладки дымохода аммосовской калориферной печи.
- Для предотвращения попадания атмосферных осадков в конструкции фундаментов в восточной части собора, в осях Г-И/7, запроектированы работы по устройству вертикальной гидроизоляции с использованием материала «Натлен-1».
- Для компенсации выпора грунта изпод подошвы фундамента, которое происходит из-за недостаточной несущей способности грунтов основания, предусмотрено устройство пригружающей железобетонной плиты, которая работает за счёт анкерных
- Для устранения просадочности грунтов запроектирована однорастворная двухкомпонентная силикатизация грунтов основания собора.
- Для заполнения трещин, образовавшихся в стенах и сводах собора, предусмотрено инъектирование трещин высокоподвижной ремонтной смесью Oxal VP I T flow.



#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

были выполнены работы по комплексно- ского собора. К октябрю 2016 г. выполнено му изучению инженерно-геологических инъектирование фундаментов, осущестусловий территории собора, его архи- вляется инъектирование зоны контакта тектурных и конструктивных особенно- фундамент-грунт, практически выполнестей. На основании полученных резуль- но инъектирование трещин кладки стен и татов было установлено, что категория сводов. По завершении выполнения всех технического состояния существующего запроектированных работ произойдёт сооружения аварийная. По заказу ГУП стабилизация деформаций Успенского со-«ТАТИНВЕСТГРАЖДАНПРОЕКТ» были бора и появится возможность выполнения разработаны проектные решения по уси- реставрационных работ для введения палению надземных конструкций собора, мятника в эксплуатацию.

В 2015 году сотрудниками ООО «ИГИТ» фундаментов и грунтов основания Успен-

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ



## Литература

- 1. Седов В. В. Псковская архитектура XVI в. М., 1996. 304 с.
- 2. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры; Изд. 2-е — Санкт-Петербург: ПИ «Геореконструкция», 2013.
- 3. ООО «ИГИТ». Технический отчет. Инженерно-техническое обследование фундаментов и грунтов основания ансамбля Успенского монастыря XVI-XVII вв.: Успенский собор 1560 г., зодчий – Постник Яковлев, расположенного по адресу Республика Татарстан, Зеленодольский район, село Свияжск, Успенская площадь. Том 1; М.: ООО «ИГИТ», 2015. - 127 с.
- 4. ООО «ИГИТ». Технический отчет. Инженерно-техническое обследование надземных конструкций ансамбля Успенского монастыря XVI-XVII вв.: Успенский собор 1560 г., зодчий – Постник Яковлев, расположенного по адресу Республика Татарстан, Зеленодольский район, село Свияжск, Успенская площадь. Том 2; М.: ООО «ИГИТ», 2015. – 107 с.
- 5. Отчет об инженерно-геологических изысканиях № 5955. Казань, ТАТИНВЕСТГРАЖДАНПРОЕКТ, 2010.
- 6. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
- 7. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*.
- 8. СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах.
- 9. СП 28.13330.2012. «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).
- 10. ГОСТ 9.602-2005. «Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования и защита от коррозии».
- 11. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства.
- 12. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции».
- 13. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
- 14. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.



# глава **2**

УСПЕНСКИЙ СОБОР: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



#### ГЛАВА 2.

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

# УСПЕНСКИЙ СОБОР: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1 АРХЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ БОГОРОДИЦЕ-УСПЕНСКОГО МОНАСТЫРЯ В С.СВИЯЖСК

А.Г. Ситдиков, А.С. Старков

#### Резюме

Материалы статьи освещают результаты археологических исследований на территории Свияжского Богородицкого-Успенского монастыря с конца 70-х гг. XX века по настоящее время, территория охваченная исследованиями достигает 5500 м<sup>2</sup>.

В статье представлены результаты археологических работ, которые позволяют осветить вопросы истории возникновения Свияжского Богородицкого-Успенского монастыря, развития каменной застройки, исторического развития монастырской территории, особенностей залегания культурного слоя и обнаруженных археологических объектов. Впервые, были получены материалы по границам монастырского некрополя, этапах его развития в XVI-XX вв. Выявлены следы поселения эпохи бронзы на территории монастыря. Представлены материалы, связанные с деятельностью спецучреждений на монастырской территории в XX в.

#### **Summary**

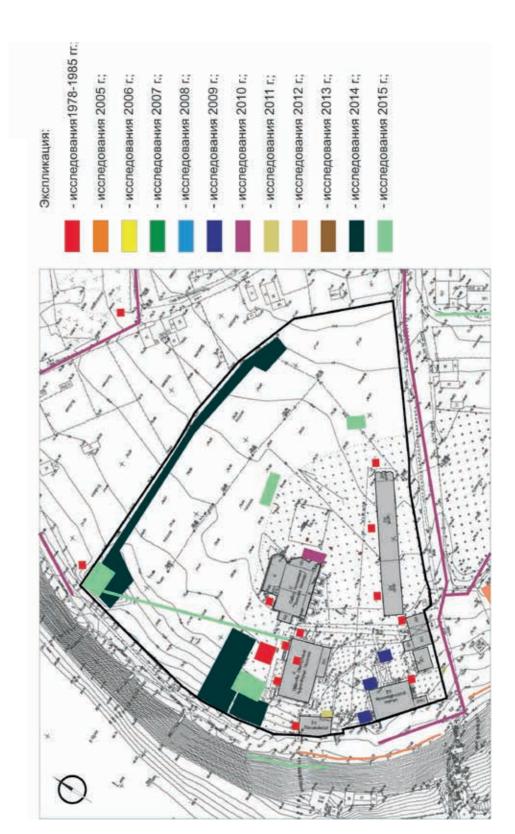
The materials contained in the article cover the results of archaeological research conducted in Sviyazhsk Holy Dormition Monastery since late 1970s until the present time. The territory studied within the scope of research amounts to 5500 square meters.

The article features the results of archaeological works allowing to clarify the issues of the foundation of Sviyazhsk Holy Dormition Monastery, the development of its stone construction, the historical development of the monastery grounds, and the characteristics of the occurrence of the cultural layer and the uncovered archaeological sites. The researchers were the first to obtain the materials determining the boundaries of a monastery necropolis and the stages of its development in 16th-20th centuries. Traces of a settlement dating back to the Bronze Age have been discovered within the monastery. The article contains materials related to the activities of special institutions on the monastery grounds in 20th century.

вославных храмов, часть земель передается в управление монастырям. Крупнейшими

С включением Среднего Поволжья в сере- (Успенский, Троицкий, Предтеченский) и 9 дине XVI в. в состав Российского государства церквей, которые расположились на площав регионе начинается строительство пра- ди около 80 га, первом русском городе в По-

Свияжский Богородице-Успенский монаочагами распространения христианства ста- стырь был основан в 1555 г., одновременно новятся города Свияжск и Казань. В Сви- с учреждением Казанской епархии, являлся яжске, по данным Писцовой книги города одним из крупнейших и богатейших мона-1565-1567 гг., насчитывалось 3 монастыря стырей. На территории монастыря в середи-



Богородице-Успенского монастыря.



и Никольская церковь с трапезной и колоон становится архиепископом Казанским.

место в списке 1105 монастырей Российской империи. В 1924 г. - закрытие монастыря. 1928 г. - открытие детской трудовой 1980 г. - начало реставрационных работ. колонии с выселением из монастыря всех постояльцев и жильцов. 1929 г. – преобразование трудколонии в трудкоммуну для беспризорных подростков с целью перевос-

Рис. 2. Титульный лист Отчета об археологических исследованиях за 1979 г.



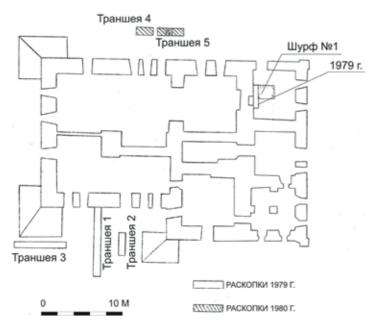


Рис. 3. Ситуационный план раскопов 1979-1980 гг. близ Никольской церкви Успенского монастыря.

не XVI в. построены в камне Успенский собор питания принудительным трудом. 1933 г. – закрытие колонии-коммуны с передачей её кольней, оба храма были теплыми. Первым хозяйства в ведение НКВД ТАССР. 1936 г. настоятелем монастыря с 1555 по 1564 гг., ста- - преобразование колонии в тюрьму с линовится Герман впоследствии в 1564 - 1566 гг. митом в 200 человек. 1937-1948 гг. – функционирование тюрьмы, преимущественно для К началу XX в. монастырь занимал 7-е политзаключённых. 1948-1953 гг. – перемещение тюрьмы на ст. Свияжск с сохранением сельхозучастка ведомства НКВД ТАССР.

Ныне территория монастыря составляет 3,5 га и в плане представляет собой неправильный многоугольник. Она огорожена кирпичной стеной XVII – XIX вв (рис. 1).

Свияжск и его архитектурные памятники начали исследоваться силами казанских археологов с 50-х годов XX века. Так в 1955 г. был проведен осмотр территории Свияжска, составлен акт осмотра и подготовлена небольшая заметка в газету «Правда». Фотофиксация и акварельные рисунки выполнены корифеями казанской школы археологии Н.Ф. Калининым и Т.А. Хлебниковой. Была произведена относительно подробная для того времени фотофиксация состояния фасадов и конструктивных частей, фресковой росписи и ее отдельных фрагментов Успенского собора. В материалах отмечается, что «от сырости многие части фресок уже погибли, разрушен даже подфресковый слой, обнажена каменная кладка».

Планомерные археологические исследования Свияжска были начаты в 1978-1982 гг. под руководством Л.А. Беляева и М.Ф. Фролова (рис. 2, 3). Работы были организованы институтом «Спецпроектреставрация» в связи с необходимостью изучения культурного слоя и определения его исторической ценности. Исследования ограничивались методом локальной шурфовки, закладкой небольших разведочных траншей и расчисткой отдельных архитектурных объектов. Это позволило установить не только общую мощность культурного слоя, но и последовательность и время возникновения культурных напластований на разных участках. Помимо этого, были сделаны важные историко-архитектурные наблюдения о сложении строительных



Рис. 4. Фотофиксация шурфа 1. Отчет об археологических исследованиях за 1980 г.





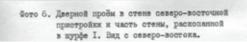


Рис. 5. Фотофиксация шурфа 1. Отчет об археологических исследованиях за 1980 г.

ансамблей Свияжска, в первую очередь -Успенского Богородицкого монастыря.

До исследований 1978-1980 гг. на острове не проводилось археологических раскопок, за исключением археологических наблюдений при реставрации деревянной Троиц-



Рис. 6. Фотофиксация шурфа 1. Отчет об археологических исследованиях за 1980 г.

Вид с запада.

кой церкви XVI в. в Иоанно-Предтеченском монастыре, которые были произведены сотрудниками Татарской СНРПМ в середине 1970 гг. Однако в архивных материалах Института археологии АН РТ (рис. 4-6) хранятся фотографии без подписи, на которых



ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 7. Общий вид шурфа у Архимандритского корпуса. 2009 г.

ся карандашные пометки «1950».

Одним из объектов археологического стала Никольская церковь Богородице-Успенского монастыря, построенная псковскими мастерами в 1555-1556 гг. Писцовая книга середины XVI в. сообщает, что траполагалась каменная «сытня». Здание пред-

изображен раскоп глубиной более 2 метров, Монастырская опись 1613 г. упоминает прис влажным культурным слоем и значитель- строенные к трапезной каменные поварню и ны количеством деревянных построек, так поваренную избу. В XVII в. храм перестраинапоминающий стратиграфическую ситу- вается. Для выявления этих объектов были ацию в культурном слое посадской части заложены 5 траншей шириной до 1 метра Свияжска. На обороте фотографий находят- с южной и северной сторон храма, а также шурф внутри церкви.

Данные работы обнаружили следы шиисследования в г. Свияжске в 1979-1980 гг. рокой отмостки с южного фаса Никольской церкви. В траншеи с северной стороны также была выявлена отмостка и фундаменты, шириной до 80 см от не сохранившихся пристроек. Внутри северо-восточной пристройпезная Никольской церкви имела каменную ки к Никольской церкви, сооруженной во паперть на уровне второго яруса, длиной 6 второй половине XVII в., у ее западной стеи шириной 3 сажени, а под папертью рас- ны был заложен шурф. Первоначально это была восточная стена церкви, и здесь сущеставляло собой двухэтажную постройку, ствовало крыльцо, следы которого (срубленверхний этаж которой занимала одностолп- ные ступени) на стене «видны в настоящее ная трапезная палата, в нижнем этаже рас- время». Шурф был заложен для того, чтобы полагались службы: хлебня, просвирня, попытаться найти остатки этого крыльца в хлебодарня, две мукосейки. С востока к тра- земле и определить направление схода – сепезной примыкала одноглавая безапсидная верное или восточное. Результатом работ церковь псковского типа, четырехъярусная стало обнаружение первоначальных белокаколокольня и келарская. Все стены и своды менных кладок прохода в церковь с арочным были выложены из тесаного белого камня. перекрытием вверху и выложенным из плит



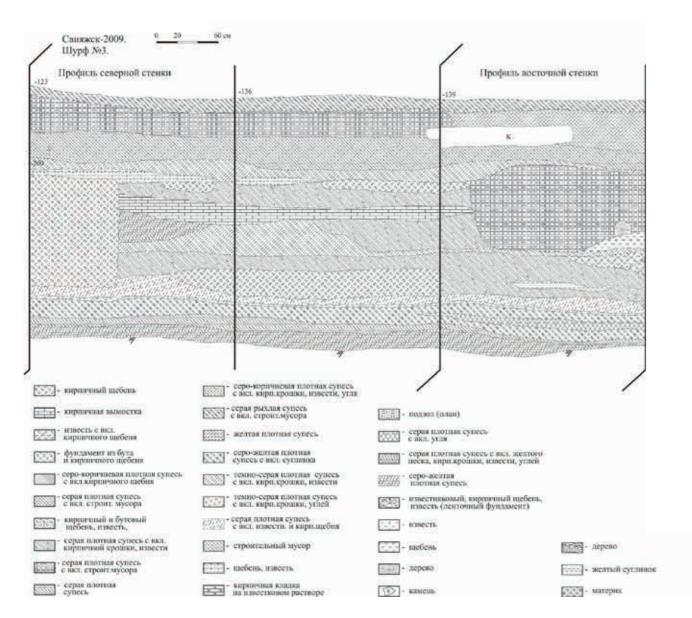
Рис. 8. Стратиграфический разрез в шурфе у Архимандритского корпуса. 2009 г.

примыкала фундаментная кладка, устроенная также из крупных белокаменных блоков на известковом растворе с примесью песка и располагавшаяся перпендикулярно к восточной стене храма. Установить назначение данного объекта тогда не удалось.

Новый этап регулярных археологических исследований на территории Свияжска начинается с 2005 г. С 2009 году (по настоящее время) ведутся исследования на ритории занимает монастырский погост. территории Богородице-Успенского мона-

порогом внизу. Кроме того, ко входу с севера Болгар», направленного на возрождение памятников истории и культуры на территории города Болгар и села Свияжска. В результате современных археологических исследований известно, что на территории монастыря распространяется насыщенный археологическими артефактами, остатками фундаментов утраченных сооружений культурный слой второй половины XVI-XX вв. мощностью до 2 метров. Часть тер-

В 2009 г. у Архимандритского корпуса стыря. С 2010 г. работы осуществляются в (XVII в.) Богородице-Успенского монастырамках комплексного проекта «Культурное ря были заложены 3 шурфа (рис. 7-9), они наследие - остров-град Свияжск и древний располагались у крыльца и на месте при-



66

мыкания здания с каменной монастырской оградой. Целью данных работ было обследование особенностей структуры и глубины залегания фундамента здания (исследования З.Г. Шакирова).

ной до 140 см от современной поверхности земли вплотную к стенкам котлована. Фундамент Архимандритского корпуса представлял собой монолитную ленту из залитого известковым раствором бутового щебня и кирпичного боя высотой до 65 см, над ним выполнена прослойка известкового раствора до 15 см, выше был уложен бутовый щебень и кирпичное крошево, скрепленные известковым раствором, высотой 30 см. Поверх данной конструкции фундамента покоится кладка цоколя из красного кирпича, уложенного на ребро.

Исследования в шурфах зафиксировали остатки кирпичной вымостки возле крыльца, были также обнаружены фрагменты более раннего крыльца. Вероятно, при строительстве Архимандритского корпуса и каменной Здание было построено в котловане глуби- монастырской стены была проведена нивелировка площадки, вследствие чего более ранние слои были уничтожены. А также повляло то, что со времен постройки в XVII в. Архимандритский корпус, в частности участок крыльца, активно перестраивался.

> При работах 2009 г. был исследован фундамент монастырской ограды. Он был устроен вплотную к стенкам котлована, подошва фундамента располагалась на глубине 240 см от современной поверхности. Ленточный фундамент в нижней части представлен монолитом из залитого известковым

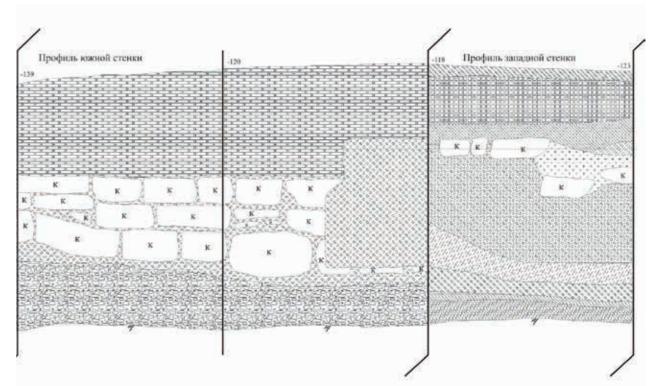


Рис. 9. Профиль стенок шурфа №3 у Архимандритского корпуса. 2009 г.

боя толщиной до 60 см, над ним выполнена вестковом растворе на высоту около 100 см, выше начинается стена из красного кирпича. была пристройкой братского корпуса. Вероятно, фундамент был сделан в XVII в., во второй половине XVIII в. Возможно, для устройства кирпичной монастырской ограды был задействован фундамент более ранней постройки. Также в стратиграфических отложениях были прослежены горизонты с поздним ремонтом стены в XX в. Общая мощность культурных отложений на данограде достигала более 2 метров.

ских наблюдений у фундамента среднего крыльца Братского корпуса (XVII в.) была бурой плотной супесью, мощностью от 30 обнаружена россыпь монет (исследования Ф.А. Ахметгалина, М.Б. Шигапова). Мо- XVIII вв.; четвёртый горизонт перемешаннеты делились на три группы. 1). Пять из ного коричневого суглинка с подзолом мощних являются деньгами, чеканены от имени ностью до 30 см. Данный горизонт является Ивана IV, четыре после 1547 г., одна из них в выбросом грунта при строительстве соору-Твери в 1535 г., 2). Двадцать монет чеканены жения из камней. В составе данных горизонот имени Михаила Фёдоровича, 3) 41 моне- тов слоя присутствует значительное количеча. Большая часть определённых монет яв- отдельные прослойки известковой крошки.

раствором бутового щебня и кирпичного ляется копейками. 18 монет определить не удалось. Вероятно, находки монет связаны кладка из крупных бутовых блоков на из- с функционированием на этом месте в кон. XVI-XVII вв. казначейской избы, которая

Под фундаментом зафиксированы кульа верхняя его кирпичная часть перестроена турные напластования в спокойном залегании, датированные XVII в. Непосредственно под фундаментом залегает слой тёмно-серой плотной супеси, насыщенный угольками.

При производстве археологических наблюдений на площади между Успенским собором и братским корпусом, на участке между Архимандритским корпусом и Моном участке примыкания к монастырской настырским училищем была выявлена следующая стратиграфическая картина из 6 В 2010 г. при производстве археологиче- прослоек: верхние два горизонта датируются XIX-XX вв.; третий горизонт представлен до 130 см., датируется второй пол. XVII та чеканена от имени Алексея Михайлови- ство камней, известковой крошки, а также



Рис. 10. Раскоп у апсид Успенского собора — 2010 г., сводный план сооружений и погребений.

Погребение №4. -230. -238 коричневый плотный пестроцветный суглинок с прожилками подзола

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 11. Раскоп у апсид Успенского собора – 2010 г., план погребения в веригах



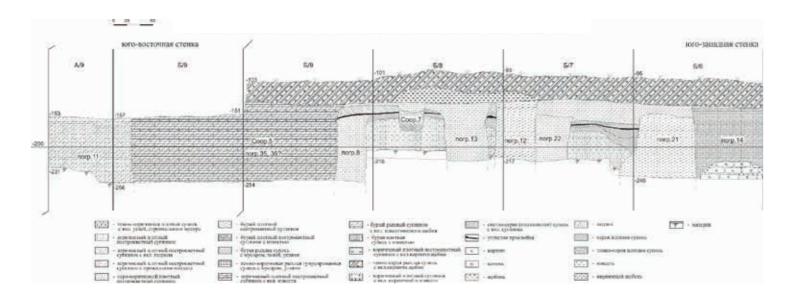
Рис. 12. Фрагмент могильного камня из раскопа у апсид Успенского собора. 2010 г.



Известно, что во второй пол. XVII - нач. XVIII вв. в монастыре проводится активное каменное строительство. Пятый горизонт тёмно-серой плотной супеси мощностью до 20 см датируется второй половиной XVI - концом XVII в. Интересным обнаруженным объектом стал каменный дренажный сток, датируемый временем до XVII в. Самый нижний горизонт слоя состоит из серой супеси мощностью до 50 см, датируется по стратиграфии и находкам фрагментов поволжско-финской керамики серединой XVI в., то есть временем основания монастыря.

В 2010 г. в ходе раскопок и наблюдений были зафиксированы погребения, связанные с функционированием Успенского монастыря (исследования З.Г. Шакирова, И.Ю. Мирсияпова, Ф.А. Ахметгалина, М.Б. Шигапова (Рис. 10). Раскопом к востоку от апсид Успенского собора изучена часть погоста конца XVI - начала XX вв.

Рис. 13. Расчистка гульбища Успенского собора. 2011 г.



Общая площадь раскопа, вытянутого по линии C3 – ЮВ, составила 54 м<sup>2</sup> (18 x 3 м). Все могильные ямы вытянуты по линии ЗЮЗ -

пах XX в. также были собраны фрагменты костных останков людей. Среди них исследователями выделяется погребение № 4 (рис. 11, 12), в котором на костяке, от шеи связанных с функционированием детской к поясу, расчищены вериги.

Вериги представляют собой железную цепь, обвивавшую тело, опускаясь от плеч до пояса, со звеньями 5 х 2 см, к одному из которых, в ВСВ, в некоторых из них в виде древесного районе груди был прикреплен железный четлена прослежены остатки истлевших гробов. тырехлопастной крест. Ношение вериг на теле Из 37 погребений полностью изучено для смирения плоти в виде разнообразных 5, кроме того, в поздних ямах и переко- железных цепей, полос, колец и т.п. практиковалось христианскими аскетами.

> В результате исследований раскопом было изучено 7 поздних объектов XX вв. (рис. 14), трудовой колонии (1924-1936 гг.), тюрьмы с



Рис. 15. Общий вид раскопа у Монастырского училища. 2011 г.

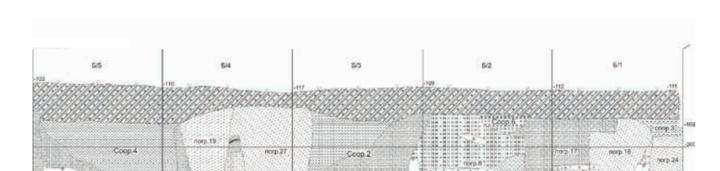


Рис. 14. Раскоп у апсид Успенского собора – 2010 г., профиль юго-западной и юго-восточной стенок раскопа.

лимитом в 200 человек (1936-1953 гг.), пси- слои серой и темно-серой супеси мощнохиатрической больницы до 1994 г.

Следует отметить, что общая мощность изученных слоев на раскопе достигала всего 80 см, где были выделены культурные напластования конца XVI-XX вв. Слой XX-XXI вв. представлен задернованной темно-серой рыхлой супесью с включением кирпичного щебня. Мощность слоя достигает 60 см. С освоением монастырской территории и прожилки строительного мусора и выбросы функционированием погоста в конце XVI - начале XX вв. связаны прослойки пестроцветного суглинка с различными включениями, являющимися выбросами из могильных ям. С началом освоения монастырской территории в конце XVI в. увязываются следования А.С. Старкова) также были

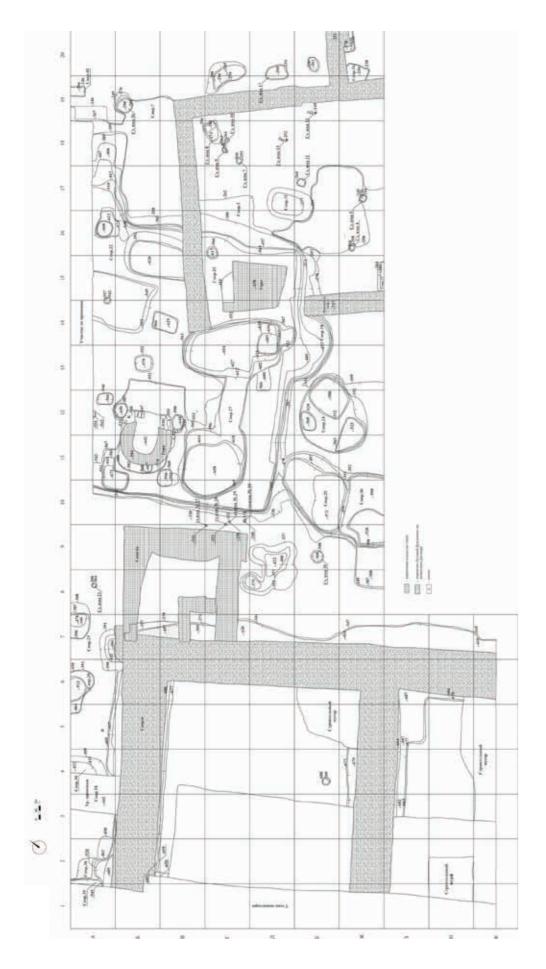
стью до 10 см.

В 2011 г. были проведены небольшие исследования у здания Монастырского училища (рис. 13), в раскопе площадью 18 м<sup>2</sup>. зафиксированы остатки кирпично-каменного пристроя/крыльца к основному объему здания (рис. 15). В культурных напластованиях XVII-XVIII вв. фиксировались многочисленные материкового суглинка, свидетельствующие об активной хозяйственной деятельности на территории монастыря в этот период (Исследования А.С. Старкова) (рис. 16-20).

В археологическом раскопе 2014 г. (ис-



Рис. 16. Общий вид раскопа I-2014 севернее Никольской церкви Успенского монастыря. 2014 г.



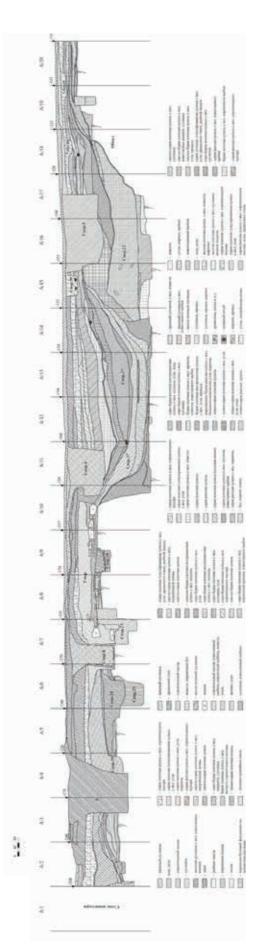


Рис. 18. Раскоп І-2014, профиль северной стенки раскопа.

остатками котлована средневековой по- гребница дубовая рублена, да ледник...». стройки производственного характера. ме каменных храмов, известны довольно ных построек.

зафиксированы мощные культурные на- многочисленные хозяйственные постройпластования, достигающие 220 см. Следу- ки, вероятно, заглубленные в землю: «...да ет отметить, что мощность культурного на монастыре кузница каменная в длину слоя нарастает к кирпичной монастыр- две стены по 3 сажени, а поперечиные то ж ской ограде, в центральной части терри- в монастыре ж 20 келии, да на монастыре тории монастыря он составляет около же 3 житницы сосновых, да житница ли-100 см. В данном раскопе было зафикси- повая, да мшеник сосновой на росольнев ровано около 30 разновременных архео- поставлен, да казна лес липовой срублен и логических объектов, они представлены келья казенная липовая, а промеж казны, как небольшими хозяйственными яма- и кельи сени бревенные в столбех заметами, так и остатками крупных каменных ны, да на мопастыре ж поварня естовная и построек в руинированном состоянии и квасная дубовые, да погреб летней, да по-

В центральной части раскопа были за-В соответствии с описанием, сохранив- фиксированы остатки средневекового шемся в Писцовой книге Свияжска 1565- производства II пол. XVI - I пол. XVII в. 1567 гг., на территории монастыря кро- Оно представляло собой остатки 2 круп-



Рис. 19. Общий вид раскопа І-2014, остатки кузницы. 2014 г.



Рис. 20. Раскоп I-2014, фотограмметрия кузницы XVII в. 2014 г.

8 х 9,80 м., подпрямоугольной формы. Глуби- но, на этом участке, ступеньки сильно «оплына котлована постройки достигала 2 метров от уровня строительства. В северо-восточной уровне дна в постройке фиксировалось крупчасти сооружения, в подпрямоугольным выступе, вероятно, в месте входа в постройку были устроены широкие уступы на глубине от кровлю конструкций. Вдоль стенок котлована 40 до 80 и шириной до 70 см. В центральной были обнаружены следы деревянной, дощатой части уступов/ступенек(?), на протяжении 2 м, конструкции данного сооружения.

Постройка №1 имела размеры в раскопе фиксировался сильно покатый спуск, возможли» в процессе функционирования здания. На ные хозяйственные ямы, обнаружены следы несколько столбовых ям, от поддерживающих



Рис. 21. Раскоп I-2014, остатки горна для обжига кирпича. 2014 г.

ный при строительстве постройки №2.

Кладка из сырцового кирпича была выв топочной части. Сохранность кладки нием суглинка. в основании достигала 6 рядов. Степень

покатые стенки. Южная стенка котлована нечного горна.

В юго-восточном углу на основании имела уступы шириной 10 - 25 см, распоиз желтого суглинка был устроен горн ложенные с разницей около 30 см. В котло-(рис. 21), который сохранился в раско- ване сооружения была устроена деревянпе участком 270 х 230 см, прямоугольной ная конструкция 780 х 660 см, вероятно, формы, из сырцового кирпича, разрушен- из досок. Прослеженное вдоль стенок пространство между стенкой котлована и деревянной конструкцией было забутовано полнена толщиной в кирпич (22 х 12 см) светло-бурой плотной супесью с включе-

В северо-западном углу на основании прокаленности кирпича составляла до 1/4 из известняковых камней был установлен его размера. Вероятно, горн использовал- горн 235 х 230 см округлой формы из сырся для сушки кирпича(?), следует отме- цового кирпича (Рис. 22). Толщина стенок тить, что функционирование горна было горна в топочной части была около 60 см, недолгим. Вероятно, данное сооружение сложены из кирпича 24,5 х 12,5 х 5,5 см. является помещением для сушки кирпича, Размеры топочной камеры 110 х 185 см. хронологически относится ко II пол. XVI в. Сохранность кладки горна достигала 7-8 Постройка №2, подквадратной формы, рядов. Степень прокаленности топочной имела размеры в раскопе 9,30 х 9,95 м. Кот- камеры достигала 50% толщины кладки лован имел глубину до 220 см, имел чуть горна. Вероятно, является остатками куз-



Рис. 22. Раскоп I-2014, остатки кузнечного горна. 2014 г.

**- 76** 

На уровне дна в постройке фиксирова- имела покатые стенки, чашевидное дно лось несколько столбовых и хозяйствен- на глубине около 90 см от верхнего края. ных ям. В юго-восточном углу постройки В юго-западном углу постройки фиксиропрослежена яма 445 х 245 см подовальной валась яма 310 х 290 см подовальной форформы, вытянутая по линии СЗ-ЮВ, она мы с ровным дном на глубине около 100 см



Рис. 23. Раскоп I-2014, фотограмметрия каменного здания XVII-XVIII вв. 2014 г.

юго-западных углах постройки были соеженностью 260 см, глубиной около 60 см.

постройки фиксировались мощные отложения известнякового щебня, что может указывать на каменный характер первоначального здания, впоследствии перестроенного (рис. 23). Вероятно, данный объект является полуземлянкой, хронологически относится к I половине XVII в.

ны фундаменты и подвальная часть каменного здания подпрямоугольной формы, размерами 21,55 х 10,60 м, с продолжением в южную стенку раскопа, ориентирован- полнена на глиняном растворе.

от верхнего края. Ямы в юго-восточном и ного параллельно монастырской ограде. Стены были сложены из крупных, до 240 динены каналом шириной 115 см и протя- х 90 х 60 см, хорошо тесанных известняковых блоков, использованных с внутренней С южного и частично с восточного края стороны помещения, на всю высоту, снаружи внешнего фасада здания качественно обработанные блоки сохранились на 3 ряда кладки, общей высотой около 60 см. Сооружение делилось перегородкой шириной до 185 см на комнаты: с внутренними размерами 8,7 х 8,7 м, и 9,0 х 8,5 м. Мощность стен достигала 230 см. Внутреннее В западной части раскопа были выявле- пространство стен было заполнено кирпичным боем, известняковыми камнями с проливками известковым раствором, при устройстве перегородки кладка была вы-



ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 24. Общий вид раскопа I-2014 севернее Никольской церкви Успенского монастыря. 2014 г.

торые, вероятно, перекрывались сводом С восточной стороны к данному зданию (рис. 24-26). Мощность каменных стен добыл устроен, пристроен, также каменный, стигает 180 – 200 см. При устройстве фун- 5,40 х 4,90 м., в котором были выявлены дамента со стороны котлована построй- остатки кирпичной печи. ки были использованы плохо тесанные

Глубина подвала достигала 4 метров, ко- известняковые блоки разного размера.



Рис. 25. Общий вид раскопа I-2014 севернее Никольской церкви Успенского монастыря. 2014 г.



Рис. 26. Общий вид раскопа I-2014 севернее Никольской церкви Успенского монастыря. 2014 г.

ных данных строительство данной построй- поля Свияжского Богородице-Успенского моки датируется II пол. XVII - нач. XVIII вв., настыря. В разных частях монастырской терразрушено в I половине XX века (рис. 27). ритории были заложены 5 раскопов общей Одним из свидетельств функционирования площадью 839,5 м<sup>2</sup>. Погребения были выявпсихиатрической больницы на территории лены в раскопах, расположенных в северной монастыря стали обнаруженные в засыпи и западной частях монастыря. На территории этого здания мусорные ямы, наполненные центральной части современной монастырмедицинскими ампулами.

По предварительному анализу получен- 2015 г. были направлены на изучение некроской территории и в восточной половине по-Основные исследования в полевом сезоне гребений в раскопах не зафиксировано.



Рис. 27. Общий вид раскопа II-2014 севернее Никольской церкви Успенского монастыря. 2015 г.

Рис. 29. Раскоп II-2015, план раскопа на уровне

Так, в раскопе площадью 208 м<sup>2</sup> (раскоп II - 2014 г. исследования Э.И. Карпова, Р.Н. Хамзина) (рис. 28), расположенном с северной стороны Никольской церкви, были зафиксированы остатки православного некрополя, датируемого второй половиной XVI-XVII вв. В раскопе было зафиксировано 28 погребений. Все могильные ямы вытянуты по линии ЮЗ-СВ с небольшими отклонениями, практически во всех прослежены остатки деревянных гробов в виде древесного тлена толщиной 2-3 см. В полностью расчищенных могильных ямах все погребенные лежали вытянуто, на спине, в анатомическом порядке головой на юго-запад, руки сложены (скрещены) в районе живота у некоторых в районе груди, все расчищенные могилы имели отвесные ровные стенки и относительно ровное дно. Только в двух погребениях нами были зафиксированы нательные медные крестики очень плохой сохранности, в остальных погребениях инвентарь отсутствует. Также в раскопе были собраны фрагменты костных останков людей из погребений, относящихся к этому же некрополю, но разрушенных в результате хозяйственной деятельности человека в XVIII-XXI вв. В целом находки из раскопа представлены татарско-русской серой керамикой различных вариаций, татарско-русской белоглиняной керамикой и в развитии белоглиняной, изделиями из стекла и железа. Нумизматический материал в основном представлен монетами (чешуйками) XVI-XVII вв.

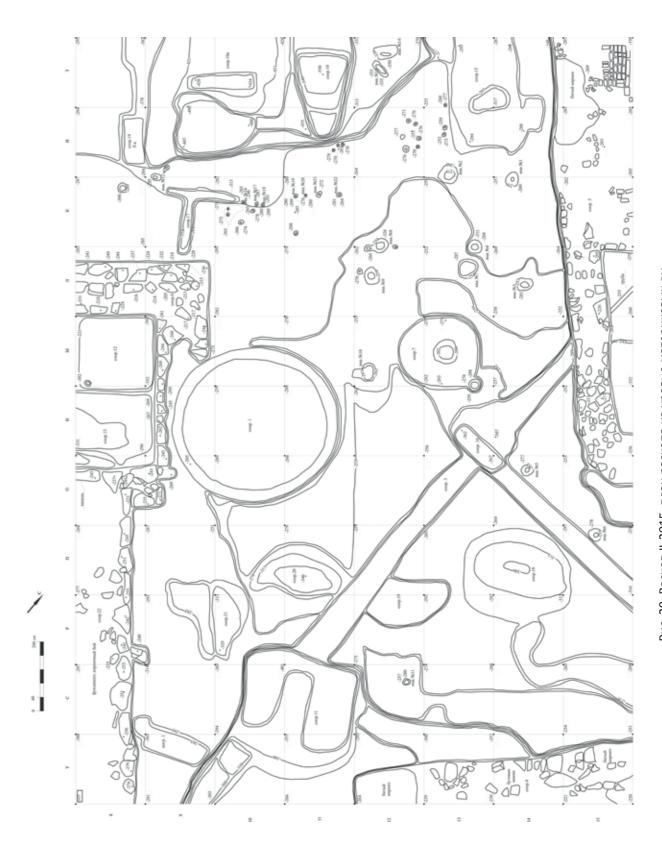
В северо-западной части Никольской церкви в продолжение исследований 2014 года был заложен археологический раскоп №2-2015 г. (исследования А.В. Беляева, Р.Н. Хамзина) площадью 352 м<sup>2</sup> (рис. 29, 30).

ровалось большое количество столбовых и он представлен одним погребением.



Рис. 28. Раскоп II-2014 севернее Никольской церкви Успенского монастыря. Фундамент II половины XVII в. 2015 г.

Данный раскоп вплотную примыкал к хозяйственных ям, а также остатков транраскопу №I и раскопу №II 2014 г. Культур- шей и колодцев, коммуникаций XX в. Кроные напластования раскопа практически ме того, в раскопе удалось зафиксировать полностью были срезаны в ходе строитель- границу могильника, который был обнаруных работ прошлых лет. В раскопе фикси- жен в раскопе №II-2014 г., в раскопе 2015 г.



на толщиной 1-2 см. Больше погребений в второй половины XVII-XVIII вв. раскопе обнаружить не удалось.

направлении, и основная его часть фик- Успенского собора.

Расчищенный скелет человека был вы- сируется в раскопе №II- 2014 г. Вероятно, тянут по линии Ю3-СВ, лежал в анато- он имел продолжение в часть раскопа №Імическом порядке, головой на юго-запад, 2014 г., где был разрушен кирпично-калицом на юго-восток, руки сложены в менной постройкой, устроенной вдоль районе живота, погребальный инвентарь ограды монастыря, т. к. некоторые погреотсутствует. В погребении прослежены бения данного некрополя прорезаны фуностатки гробовища в виде древесного тле- даментом кирпично-каменной постройки

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Вероятно, территория под некрополь в Таким образом, могильник не имел данной части монастыря продолжалась дальнейшего продолжения в восточном вдоль монастырской стены, а не в сторону



Рис. 30. Общий вид раскопа под строительство котельной Успенского монастыря. 2015 г.

риторию монастыря.

Общая площадь раскопов составила периодом XX в.

Археологические исследования на месте 250 м<sup>2</sup>. В результате проведенных на данстроительства котельной и прокладки ин- ных участках работ были зафиксированы женерных коммуникаций (исследования остатки монастырского некрополя. В раско-А.В. Беляева, Р.Н. Хамзина), показали, что пах было прослежено 61 одно погребение здание котельной было спроектировано в различной степени сохранности, предварисеверо-западном углу монастырской терри- тельно датируются второй половиной XIX тории, таким образом, коммуникационная началом XX в., многие погребения разрушетраншея проходила через всю западную тер- ны более поздними сооружениями, время функционирования которых увязывается с



Рис. 31. Раскоп под строительство котельной Успенского монастыря. Склеп XIX в. 2015 г.

Целые костяки, зафиксированные в ре- анатомический порядок которого был зультате работ, были ориентированы по нарушен. Следует отметить, что в больлинии Ю3-СВ (рис. 32, 33), лежали вытя- шинстве погребений были обнаружены нуто на спине головой на юго-запад, руки бутылочки разного размера с остатками шен. У всех могильных ям зафиксирова- правым или левым плечом погребенного. ны ровные стенки и относительно ровное В остальном погребальный инвентарь со дно. Все умершие были похоронены в всех могильных ям представлен нескольгробах, о чём свидетельствуют остатки кими нательными крестиками и двумя древесного тлена. Интерес представля- монетами плохой сохранности. Мощют остатки кирпичного склепа, разру- ность культурных напластований в расшенного более поздним сооружением. сматриваемых раскопах составила от 60 В склепе удалось зафиксировать костяк, до 140 см.

сложены в районе живота. Анатомиче- жидкости (возможно, елейного масла), ский порядок костей обычно был не нару- которые обычно располагались рядом с

\_\_\_\_\_ 82 -





изучение и сохранение

Рис. 32. Раскоп под строительство котельной Успенского монастыря. Погребение. 2015 г.



Рис. 33. Раскоп под строительство котельной Успенского монастыря. Погребение. 2015 г.

В 2015 г. проводилась шурфовка внутри и снаружи Успенского собора с целью изучения состояния фундамента. Так в шурфе №1, который был заложен с северной стороны собостырскому погосту.

Также в этом году была обследована территория северо-восточнее Успенского собора, раскоп №4-2015 г. имел площадь 126 м<sup>2</sup> (рис. 34-36). В восточной части монастырра вплотную к апсиде, были зафиксированы ской территории был заложен раскоп №5 остатки человеческого костяка, к сожалению, (площадь 72 м<sup>2</sup>), который располагался в точно привязать его по глубине залегания не 20 м к северо-востоку от церкви Германа удалось, но, вероятно, он относится к мона- Казанского и Митрофана Воронежского (исследования А.В. Беляева, Р.Н. Хамзина).



Рис. 34. Общий вид раскопа 4-2015 на территории Успенского монастыря. 2015 г.





изучение и сохранение

Рис. 35. Общий вид раскопа 4-2015 на территории Успенского монастыря. 2015 г.



Рис. 36. Общий вид раскопа 4-2015 на территории Успенского монастыря. 2015 г.

зовать границы монастырского кладбища, и лица. По соотношению этих размеров а также определить границу монастыря лицо резко ортогнатное. По краниологи-XVI-XVII вв. Однако погребений в них не ческим характеристикам мужские черепа обнаружено. В результате работ 2015 г. на погребений, датируемых XIX-XX веками, обоих этих раскопах следов монастырско- также относятся к низколицему брахиго кладбища (могильника) зафиксировать кранному европеоидному типу. не удалось, также результатом работ стало отсутствие в раскопах каких-либо монументальных построек в виде остатков фундаментов стен или зданий, что, вероятно, потребует в будущем более масштабных археологических исследований.

территории Успенского монастыря проведены масштабные исследования, выявившие значимый археологический материал. Некрополь Успенского монастыря, про-

Исследования палеоантропологии полученных антропологических серийзультаты (исследования Е.М. Макаровой).

Мужская выборка из погребений, датируемых XVI-XVII вв., представлена бра- репов из погребений, датируемых XIX-XX хикранными черепами. Размеры черепной веками, показало: несмотря на принадкоробки средние. Лицевой скелет средне- лежность к одному и тому же краниокомширокий, по высотным размерам низкий, лексу, женские черепа несколько более узкие орбиты и низкий нос. Лицо орто- массивные, по сравнению с мужскими. гнатное, хорошо профилировано как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. В данном случае основная часть относится к низколицым брахикранным европеоидным комплексам.

ского уклонения свидетельствуют о некомпонентов выделено не было, что характерно для городского населения.

Целью раскопов была попытка локали- лых значений длины оснований черепа

Анализ коэффициентов квадратического уклонения и на этот раз выявил завышенные значения сигм по основным расово-диагностическим признакам, что указывает на неоднородность выборки. При внутригрупповом статистическом Таким образом, за последние годы на анализе противоположные типы в серии не выделяются. Таким образом, данные на XIX-XX вв. показывают искусственно смешанную выборку.

Женские черепа погребений, датируесуществовавший с середины XVI-XX вв., мых XVI-XVII вв., отличаются от мужских исследователями делится на II хронологи- относительно более высоким и широким ческих периода: XVI-XVII вв. и XIX-XX вв. лицом и незначительным увеличением высоты свода черепа. В целом женские черепа относятся к тому же низколицему останков предоставили следующие ре- брахикранному европеоидному комплексу, что и мужские черепа этой выборки.

> Сопоставление мужских и женских че-Таким образом, население Свияжска относится к низколицему брахикранному европеоидному комплексу.

Сопоставление серий 2015 года с сериями предыдущих лет выявило существен-Величины коэффициента квадратиче- ные различия между сравниваемыми материалами. Абсолютно обособлена серия однородности серии по некоторым расо- монастырского кладбища. Аналогии ей во-диагностическим признакам. Однако не были найдены и во время предыдущих при проведении внутригруппового ста- исследований антропологических колтистического анализа противоположных лекций с территории Свияжска. Различия между сборной приходской серией и синхронной серией 2015 г. с территории Мужская серия из погребений, датируе- Успенского монастыря, вероятно, имеют мых XIX-XX веками, по своим краниоло- следующие причины: малая численность гическим характеристикам практически обеих серий; сборное происхождение прине отличается от данных XVI-XVII вв., за ходской серии; на территории монастыря исключением низкого свода черепа и ма- хоронили своих усопших определенные





ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 37. Исследования при прокладке инженерных сетей по ул. Набережная р. Щука, братские могилы. 2015 г.

лись по своему антропологическому типу раскопок, проведенных по ул. Набережот остальных жителей города.

времени функционирования с XVI - нач. XX вв. хоронило своих усопших одно и Братские могилы датируются XX в. то же население. Различия, которые фиклей Свияжска.

ские постройки с 1930-х гг. были преобразованы в колонию, а затем в тюрьму. С 1937-1948 гг. функционирование тюрьмущественно политзаключённых.

В 2012 г. были проведены археологические исследования на участке прилегающей с западной стороны Успенского монастыря. В траншеях под устройство ливневой канализации были зафиксироставляющих собой 3 небольших ямы шириной в профиле от 160 до 300 см.

инженерных сетей к зданию Монастыр- внутри не выделяются.

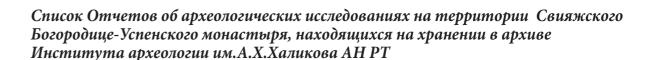
слои населения острова, которые отлича- ского училища. В ходе археологических ная р. Щука, в траншее площадью око-Результаты сравнения материалов из ло 100 м были зафиксированы остатки 4 раскопов 2015 г., с данными предшеству- братских могил, представляющих собой ющих лет, вероятно, указывают на то, что 4 небольшие ямы шириной от 120 до 350 на территории монастыря на протяжении см, в которых в несколько слоёв были уложены человеческие костяки (рис. 37).

Исследования палеоантропологии посируются при сравнении серий 2015 г., лученных антропологических серийобусловлены мобильностью городского останков из Братской могилы (исследонаселения, что постепенно привело к из- вания Е.М. Макаровой). Мужская серия менению антропологического типа жите- из Братской могилы представлена отличающимся краниокомплексом от данных, Трагические события XX века, связан- полученных из могильников XVI-нач. ные с историей монастыря, также нашли XX вв. с территории Свияжска. Для чесвое отражение в археологии. Это время, репов этой выборки характерны средние когда территория монастыря и монастыр- размер мозговой капсулы. По соотношению диаметров черепа мезокранные. Лицевой скелет средней высоты, узкий. Грушевидное отверстие малых размеров. мы было направлено на содержание преи- Широкое переносье сочетается с резко выступающими носовыми костями. В пропорциях орбит нет различий с предыдущими сериями. По угловым размерам лицо хорошо профилировано в обеих плоскостях, ортогнатное. По своим характеристикам мужские черепа Братской ваны остатки 3 братских могил, располо- могилы относятся к мезоморфному узкоженных в 3-5 метрах между собой и пред- лицему европеоидному типу. Выявляется морфологическая неоднородность черепов. Статистический межгрупповой ана-В 2015 году исследования данной тер- лиз указывает, что выборка искусственритории продолжилось при прокладке но смешанная, антропологические типы



Рис. 38. Исследования при прокладке инженерных сетей по ул. Набережная р. Щука, братские могилы. 2015 г.

and the same of the same



- 1. Беляев Л.А. Проект реставрации. Раздел научно-исследовательские работы. Археологические исследования 1979 г.
- 2. Беляев Л.А. Проект реставрации. Раздел научно-исследовательские работы. Археологические исследования 1980 г.
- 3. Старков А.С. Отчет об археологических исследованиях на территории о.Свияжск в Зеленодольском районе Республики Татарстан в 2009 году.
- 4. Ахметгалин Ф.А. Отчет об археологических охранно-спасательных раскопках на погосте Свияжского Успенско-Богородицкого монастыря за 2010 год.
- 5. Старков А.С. Отчет об проведении спасательных археологических полевых работ на территории достопримечательного места «Остров-град Свияжск» на объекте «Монастырское училище Успенского монастыря» в Зеленодольском районе Республики Татарстан в 2011 году.
- 6. Старков А.С. О проведении спасательных археологических полевых работ на территории Богородице-Успенского монастыря в с. Свияжск Зеленодольского района Республики Татарстан в 2014 году. Раскоп-І.
- 7. Старков А.С. О проведении спасательных археологических полевых работ на территории Богородице-Успенского монастыря в с. Свияжск Зеленодольского района Республики Татарстан в 2014 году. Раскоп-II.
- 8. Старков А.С. Отчет о проведении спасательных археологических полевых работ на территории Богородице - Успенского монастыря в с. Свияжск Зеленодольского района Республики Татарстан в 2014 году. Наблюдения.
- 9. Беляев А.В. Отчет. Археологические исследования объекта «Участок теплотрассы от «Отдельно стоящей котельной» на территории Успенского монастыря в 2015 году.
- 10. Беляев А.В. Отчет. Археологические исследования объекта «Строительство теплотрассы к зданию Монастырского училища Успенского монастыря» в 2015 году.
- 11. Беляев А.В. Отчет. Археологические исследования объекта «Успенский монастырь» на территории с. Свияжск в Зеленодольском районе Республики Татарстан в 2015 году. Раскоп-II.
- 12. Беляев А.В. Отчет. Археологические исследования объекта «Успенский монастырь» на территории с. Свияжск в Зеленодольском районе Республики Татарстан в 2015 году. Раскоп-IV.
- 13. Беляев А.В. Отчет. Археологические исследования объекта «Успенский монастырь» на территории с. Свияжск в Зеленодольском районе Республики Татарстан в 2015 году. Раскоп-V.





### 2.2 ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ДАТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СОБОРА

Д.В. Тишин, Д.К. Нургалиев, А.В. Долгих, А.Г. Ситдиков, А.А. Терехин, Р.Г. Чугунов

### Резюме

Знание технологических процессов изготовления деревянных конструкций Успенского собора и их дендрохронологический анализ позволяют с высокой точностью датировать время его возведения и перестройки. Датировка хронологий храма осуществлялась с помощью перекрестного датирования относительно шкал, полученных по местной исторической древесине. Для определения места происхождения древесины был использован банк данных хронологий лаборатории дендрохронологии Института географии РАН. В ходе исследования собора также применялся метод радиоуглеродного датирования, который в отсутствие абсолютных дендрохронологических датировок дает возможность получения дат, максимально приближенных к абсолютной шкале времени, для внешних древесных колец. Объектами датирования стали деревянные балки, замурованные в каменные стены Успенского Собора, из его алтарной и храмовой части.

### Summary

Knowledge of the manufacturing processes used in the construction of wooden structures of the Assumption Cathedral coupled with their tree-ring analysis provide highly accurate dating of its erection and reconstruction. Dating of the Cathedral's chronological periods was performed with the use of the cross-dating technique on the basis of the scales obtained from local historical wood. In order to determine the origin of wood, the researchers used the chronological data bank of the tree-ring analysis laboratory of the Institute of Geography under the Russian Academy of Sciences. Cathedral researchers also used the radiocarbon dating technique which facilitate dating of outer tree rings with maximum proximity to the absolute time scale in the absence of absolute tree-ring dating results. The objects of dating were wooden beams embedded in the stone walls of the Cathedral Mosque from its altar room and temple section.

### Дендрохронологическое исследование

эти деревянные перемычки были отпилены более десяти таких перемычек (рис. 1-7).

При строительстве Успенского собора и сразу же начались проблемы с устойчибыла использована технология упрочения востью храма. Появились трещины в своколонн с использованием деревянных упо- довой части - началось движение колонн ров-перемычек между колоннами. В колон- и стен. После отпиливания перемычек их нах были оставлены пазы, в которые были часть, находящаяся внутри стены, сохравставлены бревна. Эта технология, дей- нилась. Это была замечательная находка, ствительно, была эффективной. Об этом открывающая огромные возможности для свидетельствует тот факт, что в XX веке датирования строения. Было обнаружено

древесина относится к сосне, имеет общее тирования. В 2015 году из деревянных пегеографическое происхождение и одина- ремычек, расположенных на высоте 5 м от ковую календарную дату рубки. Для это- пола, были отобраны пробы на различные го подтверждения использованы методы анализы (табл. 1).

Было предположение, что изучаемая дендрохронологии и радиоуглеродного да-

ТАБЛИЦА 1 Описание исследуемых деревянных балок

Шифр объекта	Местонахождение	Примечание
№ бревна	столп	грань
USP 01	Юго-западный	западная
USP 02	Южная стена	-
USP 03	Юго-западный	северный
USP 04	Северо-западный	западная
USP 05	Юго-восточный	канжо
USP 06	Северо-восточный	восточная



Рис. 1. Фотография спила деревянной перемычки №01





Рис. 2. Фотография спила бревна №02



Рис. 3. Фотография спила деревянной балки №03



Рис. 4. Фотография спила деревянной балки №04



Рис. 5. Фотография спила деревянной балки №05



Рис. 6. Фотография спила деревянной балки №06

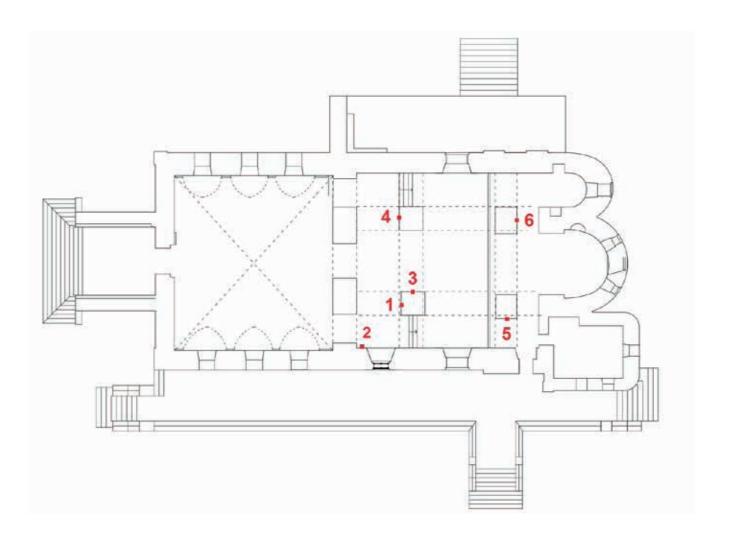


Рис. 7. Карта-схема расположения исследованных деревянных балок №1-6

**—** 96 — 97 —

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Так как изучаемые бревна были спилены вровень стены (рис. 1), не было возможности отобрать керны буром перпендикулярно продольной оси ствола. Для решения этой проблемы был применен метод цифровой фотографий годичных колец. С этой целью были зачищена, отшлифована поверхность и сделана макрофотосъемка спилов цифровой камерой Canon S100 (рис. 8). При помощи программы CooRecorder 7.3 (Larsson, 2013) была проведена разметка годичных колец и измерена их ширина. На основе измерений были построены древесно-кольцевые хронологии.

Датировка хронологий осуществлялась с помощью перекрестного датирования относительно шкал, полученных по местной исторической древесине. Для определения места происхождения древесины был использован банк данных хронологий лаборафии РАН (г. Москва). Качество датировки оценивалось в программе Cofecha (Holmes, 1995). Для перекрестного датирования использовались статистические характеристисинхронности, CDI - индекс перекрестного датирования, Tv - достоверность и др.



изучение и сохранение

Рис. 8. Зашлифованный спил бревна (UPS01) в храмовой части собора

Ксилотомический анализ пяти образцов, взятых с представленных бревен, показал, что исследованная древесина относится к виду Pinus sylvestis L. (Сосна обыкновенная).

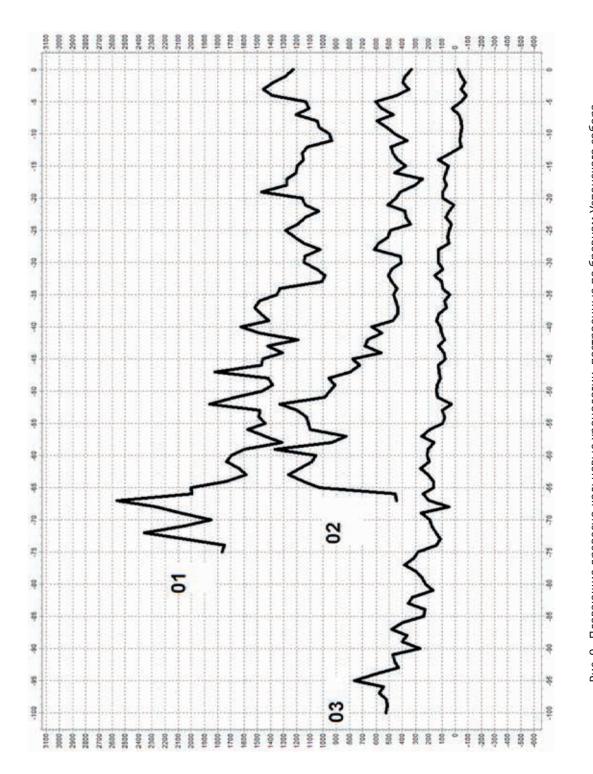
В результате дендрохронологического тории дендрохронологии Института геогра- анализа было построено три обобщенных древесно-кольцевых хронологии различной длины (рис. 9).

Возраст деревьев, срубленных для постройки храма, в среднем составил ки, рассчитываемые в программе Rinntech 82 года, максимальный - 101 года (USP01). TsapWin (Rinn, 2003), где Gkl - коэффициент Сопоставление хронологий между собой показало высокие связи, особенно между USP 05 и USP 06 (Табл. 2).

ТАБЛИЦА 2 Корреляционные связи между хронологиями USP

I/ 6	Значения	н корреляции и синхр	онности
Код образца	Glk	TV	CDI
USP01/05	62	5.7	22
USP01/06	64	3.8	21
USP05/06	65	9.6	25

На основе полученных результатов, можно предположить, что деревья из одного леса и были срублены в одно и то же время.



кольцевые хронологии, построенные по бревнам Успенского собора, 01- USP06, 02-USP05, 03-USP01



строенными по местной древесине, были церковь Николая Чудотворца, Костромская взяты ряды (банк данных хронологий DEN- обл., церковь в Пияле (Архангельская обл.), DROCHRON лаборатории продукционной Собор Богородицы (Костромская обл.). экологии КФУ), построенные по объектам, В результате перекрестной датировки USP расположенным в Республике Татарстан. с другими хронологиями были получены Была проведена перекрестная датировки низкие значения корреляции и синхроннохронологий Успенского собора с образ- сти (t-value меньше 4). Поэтому надежной цами из других регионов России (Кирил- дендрохронологической даты получить не ло-Белозерский монастырь (Вологодская удалось.

Для поиска связей с хронологиями, по- обл.), церковь на Ишне (Ярославская обл.),

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

### Радиоуглеродная датировка

для внешних древесных колец.

Объектами датирования стали дере- па (Hajdas, 2008; Stuiver, Polach, 1977). вянные балки, замурованные в каменные каждой балки были отобраны по два обвен USP01, 03-06 (табл. 1).

нической школы Цюриха (ETH Zurich, зультаты были представлены в табл. 3.

При отсутствии абсолютных дендрохро- Швейцария). Образцы древесины были нологических датировок радиоуглеродное очищены от органических примесей податирование дает единственную возмож- следовательными процедурами с примененость получения максимально прибли- нием HCl и NaOH (ABA 60), в дальнейшем женных к абсолютной шкале времени дат был получен графит, в котором на ускорителе было измерено содержание <sup>14</sup>С изото-

Калибровка радиоуглеродных дат простены Успенского Собора, из его алтарной водилась в программе OxCal v4.2.4 (Bronk и храмовой части. Из поперечных спилов Ramsey, 1995; Bronk Ramsey, Lee, 2013) на основе калибровочной кривой IntCal 13 разца внешних и внутренних колец (по 3 (Reimer et al., 2013). Процедура согласовагодичных слоя в образце) и измерено рас- ния вариаций радиоуглеродных дат «wigстояние между кольцами для проведения gle-matching» проводилась в той же простатистической процедуры согласования. грамме OxCal v4.2.4. с использованием Было отобрано и продатировано пять брефункции "D\_Sequence" (Bronk Ramsey et al., 2001; Bronk Ramsey, 2009). Для статисти-Отобранные образцы были датированы ческой обработки полученных серий дат методом ускорительной масс-спектроме- использовались в та же программа OxCal трии (УМС или AMS) в радиоуглеродной v4.2.4. функции "Combine", "R\_Combine" лаборатории Швейцарской Высшей тех- (Bronk Ramsey, Lee, 2013). Полученные ре-

ТАБЛИЦА 3 Результаты радиоуглеродного датирования деревянных балок Успенского собора

Обра- зец	Кольца	Разни- ца (шаг)	Лаборатор- ный индекс	14С возраст, лет назад	Калиброванный возраст, AD; 2σ (95,4%)	Смоделирован- ный возраст, AD; 2σ (95,4%)
USP01	внутрен-	93	ETH-64345	356±21	1456-1526 (0,477) 1555-1633 (0,477)	1449-1508 (0,780) 1525-1528 (0,008) 1537-1562 (0,166)
USP01	внешние	93	ETH-64344	293±21	1516-1595 (0,646) 1618-1653 (0,308)	1542-1601 (0,780) 1618-1621 (0,008) 1630-1655 (0,166)
USP03	внутрен- ние	76	ETH-64347	368±21	1451-1523 (0,595) 1559-1562 (0,006) 1570-1630 (0,353)	1450-1517 (0,911) 1557-1566 (0,043)
USP03	внешние		ETH-64346	301±21	1512-1599 (0,695) 1617-1649 (0,259)	1526-1593 (0,911) 1633-1642 (0,043)
USP04	внутрен-	02	ETH-64349	359±21	1455-1525 (0,504) 1557-1632 (0,450)	1450-1511 (0,906) 1517-1528 (0,031) 1541-1547 (0,017)
USP04	внешние	93	ETH-64348	312±21	1494-1601 (0,739) 1615-1645 (0,215)	1543-1604 (0,906) 1610-1621 (0,031) 1634-1640 (0,017)
USP05	внутрен- ние	71	ETH-64351	374±21	1449-1522 (0,654) 1573-1627 (0,300)	1451-1515 (0,892) 1563-1578 (0,062)
USP05	внешние	/1	ETH-64350	288±21	1519-1593 (0,601) 1619-1656 (0,353)	1522-1586 (0,892) 1634-1649 (0,062)
USP06	внутрен- ние		ETH-64353	365±21	1452-1524 (0,558) 1558-1630 (0,396)	1466-1515 (0,637) 1575-1605 (0,317)
USP06	внешние	57	ETH-64352	279±21	1521-1578(0,462) 1582-1591 (0,016) 1623-1662 (0,476)	1523-1572 (0,637) 1632-1662 (0,317)

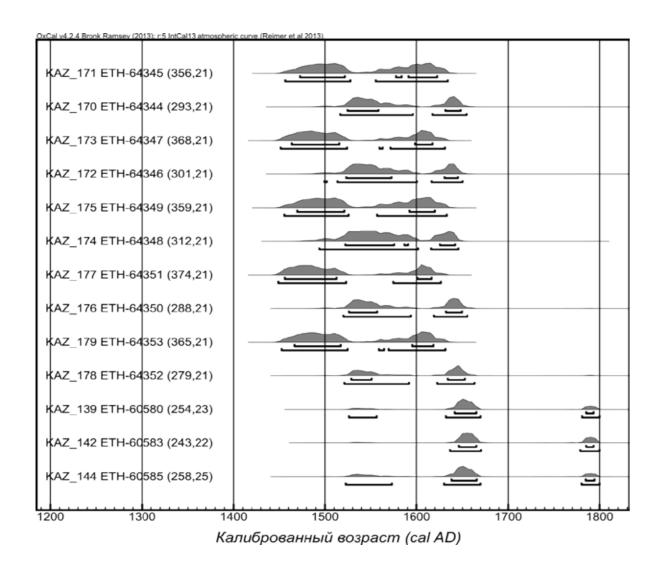


Рис. 10. Распределение калиброванных радиоуглеродных дат. Слева для дат обозначены лабораторные индексы и некалиброванные интервалы. Черными скобками показаны калибровочные интервалы для дат (с меньшим расстоянием - 1 $\sigma$ , вероятность 68,2%, с большим - 2 $\sigma$ , вероятность 95,4%)

кривой (фрагмент калибровочной кривой ко увеличивается до 200 лет.

Полученные калибровочные данные представлен на рис. 11). Для исходных дат имеют широкие интервалы от 150 до 300 с невысокой погрешностью (например, лет (2о, вероятность 95,4%) (рис. 10). Дан- USP03 368±21 л.н. и 301±21 л.н., табл. 3; ные проблемы калибровки радиоуглерод- рис. 11) на калибровочной кривой может ных дат характерны для мест «изгибов» и оказаться два и более пересечения. В связи «плато» радиоуглеродной калибровочной с этим, интервал калиброванной даты рез-

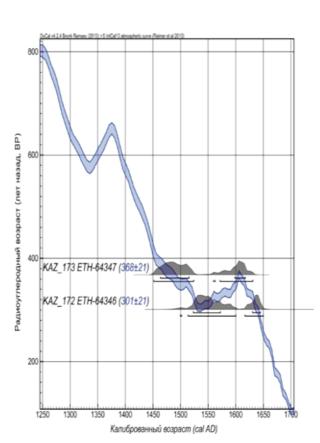


Рис. 11. Результаты калибровки радиоуглеродных дат из образцов древесины USP03, представленные на калибровочной кривой IntCAL13

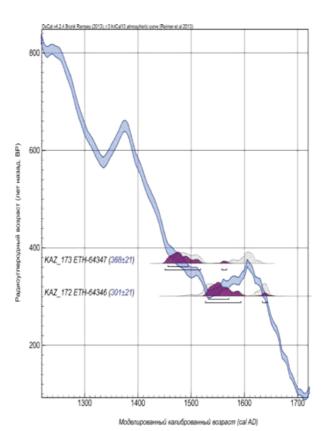


Рис. 12. Радиоуглеродные даты USP03 на калибровочной кривой IntCal 13. Синим текстом обозначены некалиброванные радиоуглеродные даты. Распределение вероятности калиброванных дат показано темно-серой заливкой, распределение вероятности смоделированной даты – фиолетовой заливкой. Черными скобками показаны калибровочные интервалы (с меньшим расстоянием - 1 о, вероятность 68,2%, с большим - 2 о, вероятность 95,4%) смоделированных дат

Поэтому получение узких временных интервалов калиброванных радиоуглеродных дат стандартными методами затруднительно. В таких случаях для древесины, где известна последовательность древесных колец, получить узкие калиброванные интервалы позволяет использование статистического метода согласования вариаций радиоуглеродных дат (wiggle-matching). Процедура wiggle-matching (метод согласования вариаций, или метод стыковки флуктуаций) использует уже известную разницу (шаг) в последовательности древесных колец и позволяет значительно сузить интервалы ве-Ramsey et al., 2001). В России данная методи- Voronin et al., 2015; Matskovsky et al. 2016).

ка ранее применялась при радиоуглеродной датировке памятников 1-го тыс. до н.э. – 1 тыс. н.э. (Западная Сибирь, Алтай, Тува) на основе плавающих дендрохронологических датировок (сосна, лиственница) (Slusarenko et al., 2001; Kuzmin et al., 2004; Зайцева и др., 2007; Панин и др., 2014). Таким же методом датированы отдельные конструкции первых фортификационных сооружений Новгородского Детинца XI в. (Олейников, Долгих, 2015). На основе использования абсолютных дендрохронологических шкал по сосне и процедуры согласования вариаций сравнительно датированы дендрохронологическим роятностей получаемых калибровочных дат и радиоуглеродным методами иконные дона основе байесовской статистики (Bronk ски XV-XVII в. (Воронин и др., 2014; 2016;

- 102 103



тервал радиоуглеродных дат для бревен из USP06 - 30 (105).

Таким образом, получить статистически алтарной части получился разорванным достоверный узкий временной интервал за счет того, что процедура согласования калиброванной радиоуглеродной даты для («wiggle-matching») для всех бревен не смогдревесины Успенского собора стало возмож- ла полновесно сузить интервалы из-за макно при использовании процедуры статисти- симально широких изгибов калибровочной ческого согласования. После проведения кривой в 1450-1650 AD (рис. 11-12). Для испроцедуры согласования были получены следуемых балок получены смоделированболее узкие калиброванные интервалы для ные калиброванные интервалы USP01 - 87 внешних колец исследуемых бревен (Табл. 3, лет (до моделирования – 114 лет), USP03 – рис. 12-13). Однако смоделированный ин- 76 (119), USP04 - 78 (137), USP05 - 79 (111),

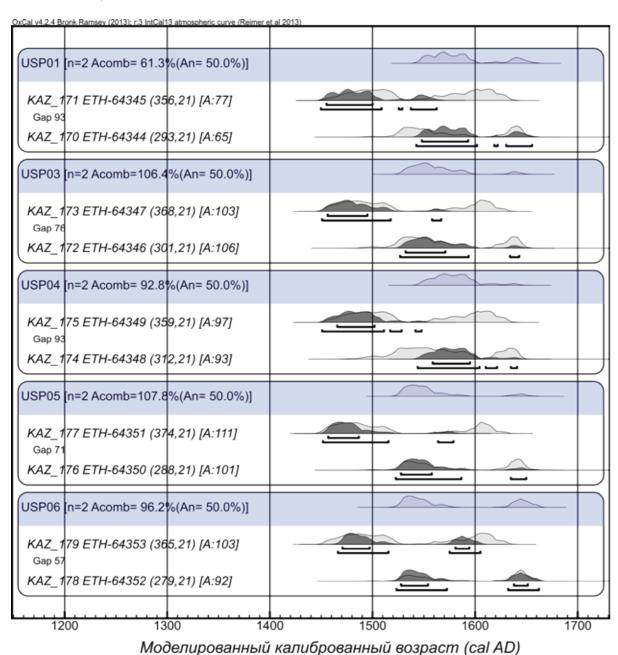


Рис. 13. Результаты процедуры согласования (wiggle-matching) для радиоуглеродных дат

ского перекрестного датирования бревен ные по USP05, 06 близки, можно приме-USP01-06, можно предположить, что дере- нить статистическую процедуру Combine вья USP01, 03, 04 (храмовая часть) произ- в программе OxCal для последовательрастали в одно время и в одном регионе, ностей USP01, 03, 04 и USP05-06. Радиоуи можно с высокой вероятностью считать глеродный смоделированный возраст для корректным использование комбиниро- балок алтарной части – 1524-1560 (вероят-

Учитывая данные дендрохронологиче- для балок USP05-06. В силу того, что данвания всех бревен USP01,03,04. Такие же ность 88,8%), для храмовой части - 1547дендрохронологические данные получены 1591 (95,4%) (Табл. 5).

## ТАБЛИЦА 5 Результаты комбинирования (функция Combine в программе OxCal) смоделированных дат по деревянным балкам Успенского собора

Объект	Смоделированный (Combine) возраст, AD; $1\sigma$ (68,2%)	Смоделированный (Combine) возраст, AD; 2σ (95,4%)	Acomb
Алтарная часть, балки USP05- 06: n=2	1530-1549 (0,682)	1524-1560 (0,888) 1563-1568 (0,014) 1638-1649 (0,052)	131,9%
Храмовая часть, балки USP01, 03, 04; n=3	1550-1558 (0,183) 1561-1574 (0,417) 1584-1588 (0,082)	1547-1591 (0,954)	114,8%

Таким образом, смоделированный радиоуглеродный возраст балок алтарной части храма Успенского собора – 1524-1560 гг. (вероятность 88,8%), храмовой части – 1547-1591 гг. (95,4%).

### Литература

- 1. Воронин К.В., Долгих А.В., Мацковский В.В. Сравнительное радиоуглеродное и дендрохронологическое датирование иконы «Богоматерь Иерусалимская» // Краткие сообщения Института археологии, 2014. - Вып. 236. - С. 349-354.
- 2. Воронин К.В., Мацковский В.В., Долгих А.В. Сравнительное дендрохронологическое и радиоуглеродное датирование краснофонной иконы «Святой Николай Мирликийский со сценами жития» // Краткие сообщения Института археологии, 2016. - Вып. 242. - С. 212-220.
- 3. Зайцева Г.И., Семенцов А.А, Лебедева Л.М., Панкова С., Кызласов Л.Р., Васильев С.С., Дергачев В.А., Юнгер Х., Соннинен Е. Новые данные о хронологии памятника Оглахты-6 //Радиоуглерод в археологических и палеогеографических исследованиях. С-Пб, 2007. - С. 300-307.
- 4. Олейников О.М., Долгих А.В. Результаты УМС радиоуглеродного датирования Городни Детинца Великого Новгорода из раскопок М.Х. Алешковкого в 1959 г. // Краткие сообщения Института археологии, 2015. - Вып. 241. - С. 307-318.

- 104 105



- 5. Панин А.В., Аржанцева И.А., Бронникова М.А., Успенская О.Н., Фузеина Ю.Н. Интерпретация раннесредневекового памятника Пор-Бажин (Тува) в свете естественно-научных данных. Труды IV (XX) Всероссийского Археологического Съезда в Казани. Том IV. Казань: Отечество, 2014. С. 331-334.
- 6. Bronk Ramsey C. 1995. Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program // Radiocarbon. Vol. 37. No. 2. P. 425-430.
- 7. Bronk Ramsey C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. Vol. 51. No. 1. P. 337-360.
- 8. Bronk Ramsey C., Lee S. 2013. Recent and planned developments of the program OxCal. Radiocarbon. Vol. 55. No. 2-3. P. 720-730.
- 9. Bronk Ramsey C., van der Plicht J., Weninger B. 2001. 'Wiggle matching' radiocarbon dates // Radiocarbon. Vol. 43. No. 2A. P. 381-389.
- 10. Hajdas I. 2008. Radiocarbon dating and its applications in Quaternary studies // Quaternary Science Journal. Vol. 57. P. 2-24.
- 11. Hajdas I., Trumm J., Bonani G., Biechele C., Maurer M. Roman Ruins as an Experiment for Radiocarbon Dating of Mortar // Radiocarbon, 2012. Vol 54. No. 3-4. P. 897-903.
- 12. Holmes, R.L. Dendrochronological Program Library [computerprogram]. Laboratory of Tree-Ring Research, The University of Arizona, Tucson, Ariz, 1995.
- 13. Kuzmin Y.V., Slusarenko I.Y., Hajdas I., Bonani G., Christen J.A. The comparison of 14C wiggle-matching results for the 'floating' tree-ring chronology of the Ulandryk-4 burial ground (Altai Mountains, Siberia) // Radiocarbon, 2004. Vol. 46. № 2. P. 943-948.
- 14. Larsson L-A, Larsson P.O., 2013. CDendro and CooRecorder, version 7.3, http://www.cybis.se (accessed 20/10/2015).
- 15. Matskovsky V., Dolgikh A., Voronin K.. Combined dendrochronological and radiocarbon dating of three Russian icons from the 15th–17th century // Dendrochronologia, 2016. Vol. 39. P. 60-68.
- 16. Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., et al. 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP // Radiocarbon. Vol. 55. No. 4. P. 1869-1887.
- 17. Ringbom A., Lindroos A., Heinemeier J., Sonck-Koota P. 19 years of mortar dating: learning from experience // Radiocarbon. Vol. 56. No. 2. P. 619-635.
- 18. Rinn, F. (2003): TSAP-Win. Time Series Analysis and Presentation for Dendrochronology and Related Applications. User Reference. Heidelberg, Duitsland. 91p.
- 19. Stuiver M., Polach H.A. (1977) Reporting of C-14 Data Discussion // Radiocarbon. Vol. 19. No. 3. P. 355-363.



### 2.3 ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: КАМНИ, РАСТВОР

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

P.X. Храмченкова, П.Ю. Каплан, А.Н. Кольчугин, В.П. Морозов,  $A.\Gamma.$  Ситдиков

### Резюме

С целью выявления сырьевого источника строительных камней, использованных при создании Успенского собора, в качестве образцов для оптико-петрографических и эмиссионно-спектрального анализа были отобраны строительные камни из жертвенника и угла стены алтарной части Успенского собора, камни из Ханского дворца, Северной башни и Благовещенского собора Казанского кремля, камни с противоположного берега Свияги и Макарьевского монастыря и камни из Печищ. Для изучения рецептуры строительных растворов, использованных при строительстве храма, были отобраны образцы, относящиеся к различному времени постройки. В ходе работ были проанализированы также строительные растворы из разных мест Успенского собора.

### Summary

In order to determine the source of raw stone material used in the construction of the Assumption Cathedral, construction stones from the credence table and a wall corner in the altar section of the Assumption Cathedral were taken as samples for optical-petrographic and emission spectral analyses together with the stones from the Khan's Palace, the Northern Tower and the Annunciation Cathedral of Kazan Kremlin, stones from the opposite bank of the Sviyaga river and Makaryevsky Monastery. as well as stoned from Pechischi village. Samples related to various construction periods were taken in order to investigate the formulation of building mortars used during the construction of the Cathedral. Building mortars from various sections of the Assumption Cathedral were also analyzed within the scope of research.

В качестве образцов для исследования выбраны следующие строительные камни:

- 1. Камень из жертвенника Успенского собора, о. Свияжск (рис. 1);
- 2. Макарьевский монастырь, камень с плиты (рис. 2);
- 3. Берег Свияги, Рудник, белый камень (рис. 3);
- 4. Макарьевский камень, лес (рис. 4);
- 5. Печищи, камень большой обтесанный (рис. 5, а);
- 6. Печищи, камень с горы (рис. 5, б);
- 7. Камень, Ханский дворец Казанский кремль (рис. 6, а);
- 8. Камень, Благовещенский собор Казанский кремль, подвал (рис. 6, 6);
- 9. Камень, Северная башня Казанский кремль (рис. 6, в);
- 10. Камень, алтарь Успенский собор левая сторона, угол молитвенника, фартук (рис. 7, а);
- 11. Берег Свияги, Рудник, серый камень (рис. 7, 6).



Рис. 1. Камень из жертвенника Успенского собора



a b

Рис. 2. Камень на территории Макарьевского монастыря

**—** 108



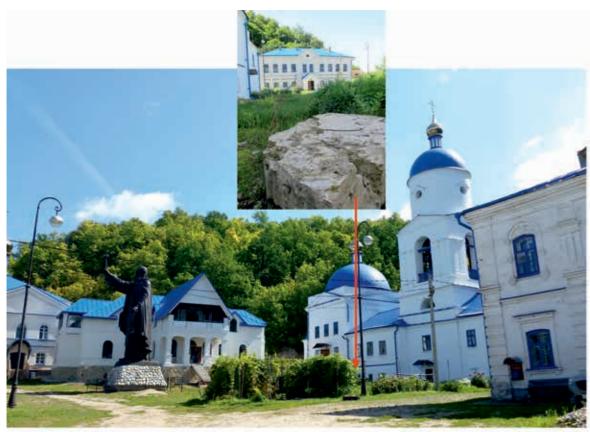


Рис. 3. Камни с берега Свияги: а – белый, б – серый

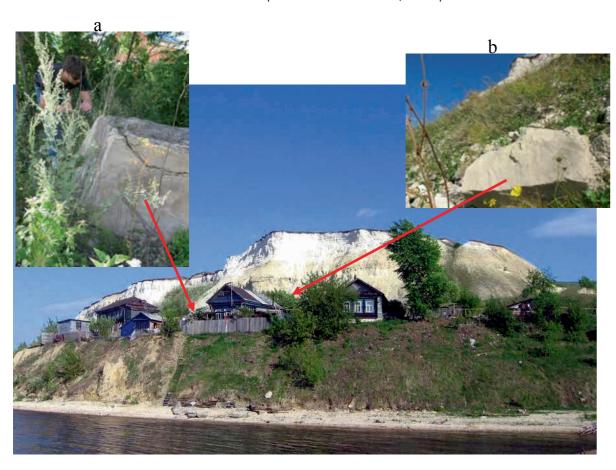


Рис. 4. Макарьевский монастырь, камень в лесу



Рис. 5. Камни из с.Печищи: а – большой серый, б – камень с горы



Рис. 6. Камни из Казанского кремля:

а- Ханский дворец, б – Благовещенский собор, в – Северная башня



спектрального анализа - для определения дом электронной микроскопии. химического состава. Дополнительно для

Отобранные камни были изучены не- пяти проб были получены рентгенографизависимыми аналитическими методами: ческие спектры, позволившие определить оптической петрографии - для выявления минеральный состав камней, а также проминеральной структуры, эмиссионного ведены исследования трех образцов мето-

### Оптико-петрографический и рентгенографический анализы.

ные для исследования фрагменты камней разцов: фрагмента плиты с территории были изучены независимым методом оп- Макарьевского монастыря, камня из Матической петрографии. Описание петро- карьевского леса, Печищи, камня большографических шлифов и рентгенографиче- го обтесанного из Печищ, камня с Северский анализ с расшифровкой выполнялись ной башни Казанского кремля и камня из в литологической лаборатории кафедры алтаря Успенского собора. минералогии и литологии Института гео- Согласно оптико-микроскопическим логии и нефтегазовых технологий Казан- исследованиям, часть изучаемых образцов ского федерального университета к.г.-м.н. хорошо группируется по минералого-пе-А.Н.Кольчугиным и д.г.-м.н. В.П. Морозо- трографическим характеристикам. Так в вым<sup>2</sup>. На рис. 7 представлены фотографии одну группу можно объединить следуюшлифов изученных образцов. На рис. 8 щие образцы (рис. 7, a-f):

Как было сказано выше, все отобран- представлены дифрактограммы пяти об-

- 1. Камень из жертвенника Успенского собора.
- 2. Печищи, камень с горы.
- 3. Камень, Северная башня Казанского кремля.
- 4. Камень, Благовещенский собор Казанского кремля, подвал.
- 5. Камень, Ханский дворец Казанского кремля.
- 6. Камень, алтарь Успенского собора, левая сторона, угол молитвенника.

**—** 112



Рис. 7. Фотографии шлифов исследованных камней в одном (левый) и скрещенных (правый) николях

Порода этих образцов представлена ми- ний размер пор 0,02 мм). Иногда отмечаюткрозернистым по структуре, однородным ся участки вторичной перекристаллизации по текстуре доломитом. Не повсеместно от- в виде гнездовидных выделений зерен кальмечается слабая пористость породы (сред- цита, размером гнезд до 1 мм (рис. 7, b).

— 113 —

доломитом, с незначительной долей кальцита и кварца, (в сумме составляющий 2-3% представляет собой мономинеральный доломит. Структура породы микрозернистая. Помимо доломита, отмечается незначительное присутствие кварца (до 1%). Участками отмечаются фрагменты форменных элементов, в виде изометричных комков, выполразвито слабо и неравномерно (рис. 7, g).

Другую группу составили образцы: №2 камень с плиты из Макарьевского монастыря по своему минералого-петрографическому строению и представлены мономинеральными по составу доломитами. Другие минералы составляют не более 2-3%. Структура микрозернистая, микротекстура однородная. Повсеместно отмечается присутствие тонких изолированных пор размером 0,04 мм (рис. 7, h, i).

рентгенографического изучения обр. 4 (фрагмент одного из тесаных камней, обнаруженных в лесу вблизи Макарьевского монастыря) выбивается из группы изученных и представляет собой известняк, нацело состоящий из кальцита. Среди примесных минералов установлено присутствие кварца и полевого шпата. Кварц различим под микроскопом в виде единичных светлоокрашенных зерен разме-

По данным рентгенографического изучером до 0,05 мм. Также повсеместно отмечаетния порода практически нацело сложена ся равномерное развитие пористости. Средний размер пор составляет 0,1 мм (рис. 7, k).

Изучение фрагментов каменного материобъема породы). Порода большого камня с ала показало, что они представлены долоберега Волги, отобранного в районе Печищ, митами, серыми по окраске, иногда слабо мучнистыми на сколе. Опыт авторов подсказывает, что образцы очень похожи на образцы доломитов из серии «Подлужник» верхнеказанских отложений, представленных серыми, светло-серыми доломитами. Вблизи острова Свияжск данные отложененных микрозернистым по составу доло- ния являются единственными выходящими митом. Пустотно-поровое пространство на дневную поверхность плотными породами, в той или иной степени пригодными для строительства. Именно «Подлужник» (район пос. Печищи)является наиболее и белый камень №3 с берега Свияги (бывшая предпочтительным источником сырья для водная станция Рудник). Эти образцы близки строительства. В районе Печищ была выявлена также пачка «Серый камень», сложенная плотным доломитом. Однако, в связи с созданием водохранилища, этот слой, составляющий примерно 1 м высотой, был подтоплен водами строительства Куйбышевского водохранилища. Образец плотного доломита, отобранный от большого кам-По данным оптико-микроскопического и ня на берегу Волги в селе Печищи, вероятнее всего, происходит именно из этой пачки.

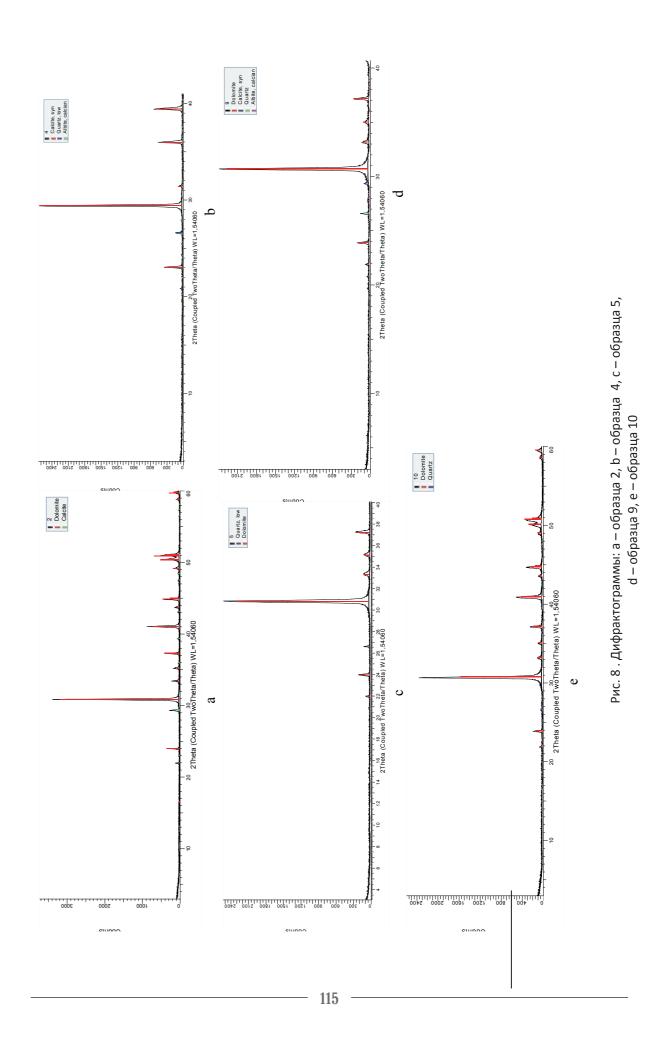
Присутствие известняка среди образцов доломитов указывает на то, что использовалось сырье из относительно удаленных районов, так как в пределах приказанского района в чистом виде известняки практически отсутствуют. Иногда отмечаются органогенные известняки, однако к изученным микрозернистым известнякам они не имеют отношения.

### Эмиссионный спектральный анализ

логии им. А.Х. Халикова АН РТ к.ф.-м.н. ны в таблице 1.

Химический состав всех образцов кам- Р.Х. Храмченковой. Эмиссионный спекней и растворов определялся методом тральный анализ является одним из самых количественного эмиссионного спек- информативных методов, позволяющих трального анализа в реставрационно-а- одновременно определять до 40 химиченалитическом отделе института архео- ских элементов. Его результаты приведе-





ра Казанского кремля, камней с противо-

исследованиям, выделяются три группы

все образцы с противоположного острову

# ТАБЛИЦА

# Химический состав строительных камней и растворов, определенный методом эмиссионного спектpального анализа $^2$

КАМНИ	MnO	TiO	P205	CaO	Fe2O3	CaO Fe2O3 A12O3 K2O		MgO N	Na2O S	SiO2	Ag	As	B Ba		Be Bi	Co	Cr	Cu	Ga	Li	Ni	Pb	Sb	Sn	$\mathbf{Sr}$
серый камень Рудник	0,000	0,1		12,88	0,043	9/0,0				17,66										l			0,7	2,2	2,2
белый камень Рудник	0,0039	0,05		46,2	0,057	0,17			_	0,32													0,65	2,4	2,4
Макарьевский плита	0,0103	0,11		42	0,114	9,000				0,535													0,65	2,3	1,7
Печищи больш. Кам.	0,0097	0,11		46,2	0,286			_	٠,	2,354													8,0	2,4	1,5
Печищи гора	0,0097	0,13		54,6	0,358	0,567		_	0,144 4	4,494													0,7	2,4	2,7
камень Успенский собор	0,023	0,048		54,12	0,644	1,191				1,712			_	_					Ĭ			_	9,0	2,2	2,7
кам. Ханский двор. КК	0,0168	0,12		46,2	1,716	1,323		22,95 0	0,216	7,062	0,01 0	0,045	1,2 0	0,8	0,82 0,75		0,25 0,55	55 0,65	55 0,3	,3 2,5	5 1	0,15	0,65	2,3	3,2
камень Сев.баш.КК	0,0097	0,1		44,8	0,572	1,418				5,992													0,65	2,3	3,4
кам. Благов. Собор КК	0,0097	0,12		46,2	1,716	0,567				1,712			14 8	3,8									0,75	2,25	23
Макарьевский лес	0,011	0,13		54,6	1,287	1,418		1,445 0	,266 5	5,243			1,58	0 8,1									0,7	2,55	14
							H			H	4	Н	-3 -2	Н	Щ	Ш	Ш	Н	Н	Н		ш	-3	4-	-2
PACTBOP	MnO	TiO	P205	CaO	Fe2O3	CaO Fe2O3 A12O3 K2O	_	MgO N	Na2O S	SiO2	Ag		B Ba			_	_	Cu	Ga				qs	Sn	$\mathbf{Sr}$
р-р с кам. из жертвен.	0,0181	0,08	,	54,6	1,359	1,777	,	-	Ĺ		_	0,14		1	0,82 0,9		0,15 0,75			-	1		0,75	2,4	2
р-р 16 век	0,0181	0,05	1	29,4	1,573	1,607	1	_	0,403 2	25,68													0,75	2,4	3
промазка м/у крас.кирп.	0,0206	0,02	1	40,6	1,187	1,418	ı	_		25,68		_											0,65	2,7	2,6
раствор Сев.баш.КК	0,0155	0,2	0,11	30,17	1,144	3,78	0,97	20,4 0		42,51	0,01 0		2,7 2	2,7 0				1,8	8, 0,5	,5 2,6		0,3	0,75	2,35	1,9
р-р Благов. Собор КК	0,0142	0,18	,	35,16	1,573	3,78	0,85			44,23	_												9,0	2,6	2,5
р-р Ханский двор.КК	0,009	0,13	0,45	37,85	0,358	2,457				54,06	_				_								8,0	2,4	2,5
цемент из колодца светл.	0,0116	0,14	0,25	17,5	0,443	3,402	0,73		0,317 6	56,34													1,5	3	0,85
цемент с подокон.	0,0761	0,28	0,5	50,4	6,292	5,481	0,73			21,4													8,0	4,1	5,6
цемент 19 век	0,0581	0,27	0,23	36,4	5,577	3,591				22,26		_											0,75	3	4,4
цемент из колодца т.cep.	0,0542	0,18	0,23	51,8	4,29	4,536	1			15,19								15 2,6					0,7	2,9	4,2
											4	-2	-3 -2	4	4	-3	-3	-3	-3	£-	-3	-3	-3	4	-2
	MnO	TiO	P205	CaO	Fe2O3	CaO Fe2O3 A12O3 K2O	$\vdash$	MgO N	Na2O S	SiO2	Ag	As			Be Bi	Co	H	Cu	Ga	Li	Ņ		$^{\mathrm{q}}$	Sn	$\mathbf{Sr}$
желток	0,0045	0,012	7,56	ı	0,114	1,26 0,114 0,151 0,67		١.,		0,321	0,01		0,27 0,8	0,81 0		3	24 0,1		8	,1 2,2	١.	1,5	0,95	2,25	9,0
белок	0,0013	0,005		0,14	0,014	0,019	2,9	_		0,214	0,01	0,09			0,6			35 0,54					0,75	2,75	0,65
МОЛОКО			0,1				0,16		0,05																

116

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

экспозиции для легколетучих элементов – 30 сек при силе тока 8А, после чего часть диафрагмы перекрывается и образец дожигается при силе тока 18А. Спектр, получаемый на дифракционном спектрографа №3 с 1800 шт/мм с разрешением 0,6 нм. Полученные спектрограммы фотометрируются на спектрофотометре МФ−2. Исследуемые образцы анализируются классическим методом 3-х эталонов. В качестве стандартов для анализа были использованы государственные стандартные образцы СДПС−1, СЧТ−2, СКР−3, МЩ−3 и стандарты предприятия. Проводимый анализ соответствует количественному анализу Ш категории точности. Результаты макроэлементного и микроэлементного составов приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Сравнительный анализ химического ских элементов, обе группы представлены состава камней Успенского собора, Мака- доломитами, однако концентрация алюрьевского монастыря, Ханского дворца, миния, железа, хрома и циркония в первой Северной башни и Благовещенского собо- группе намного меньше, чем во второй. положного острову Свияжск берега реки ных камней в лесу вблизи Макарьевского

Образец, отобранный с одного из тесан-Свияга под Макарьевским монастырем, из монастыря, имеет совершенно отличный леса вблизи Макарьевского монастыря, и от первых двух групп состав и является с берега Волги (месторождение Печищи) чистым известняком с незначительной выявило интересную картину. Согласно примесью доломита (магния). Интересно, что исследование этого камня оптико-микамней, отличающихся по своему хими- кроскопическим методом определило его ческому составу. В первую группу вошли неместное происхождение.

Таким образом, по результатам исследо-Свияжск берега Свияги, на котором нахо- вания химического состава камней можно дится Макарьевский монастырь. Вторая сделать вывод о том, что при строительгруппа сложилась из образца Успенско- стве Успенского собора и всех построек го собора и всех сооружений Казанского Казанского кремля использовался один и кремля. Исходя из соотношений химиче- тот же сырьевой источник - Печищи.

### Электронная микроскопия

Анализ проводился в лаборатории фир- 2 и 3.

Для проверки полученных данных мы «Тескан» (г. Санкт-Петербург) к.ф.были проведены исследования образ- м.н. М.В. Лукашевой. Для проведения цов плиты из Макарьевского монастыря анализа от каждого образца с разных (табл. 2, 3, образец 11), с угла молитвен- сторон были отколоты фрагменты, котоника Успенского собора (табл. 2, 3, об- рые в процессе подготовки шлифов такразец 12), камня с горы Печищ (образец же были разделены на 4 образца. Резуль-13) методом электронной микроскопии<sup>3</sup>. таты анализов приведены в таблицах

# ТАБЛИЦА 2 Минеральный состав, %

	11a	116	12a	126	13a	136
Доломит	99,96	99,96	99,46	99,53	99,16	98,97
Кварц	0,0308	0,0299	0,1450	0,0859	0,3262	0,4049
Анортит	0,0006	0,0015	0,1084	0,0867	0,1708	0,1855
Оксиды и гидрооксиды Fe	0,0030	0,0041	0,2155	0,2533	0,2016	0,2703
Мусковит	0,0005	0,0010	0,0360	0,0172	0,0391	0,0323
Ортоклаз	0,0002	0,0002	0,0048	0,0049	0,0131	0,0109
Альбит	-	1	0,0331	0,0235	0,0909	0,1299
Рутил	-	0,0005	0,0014	0,0013	0,0014	0,0007

Химический состав доломитов



0,06 0,12 0,05 0,07 0,06 0,07 0,03 0,08 0,07 0,08 0,1 0,15 0,22 0,19 0,2 **0,23** Mg (12,52 (12,51 (12,54 (12,47 (12,53 (12,63 (10,95 (10,08 (11,02 (10,08 (11,02 (11,02 (11,02 (11,02 (12,53 (11,02 (11,02 (11,02 (12,53 (11,02 (11,02 (12,53 (12,53 (11,02 (11,02 (12,53 (12,53 (11,02 (11,02 (12,53 (11,02 (11,02 (11,02 (12,53 (11,02)(11,02 (11,02)(11,02)(11,02 (11,02)(11,02 (11,02)(11,02)(11,02)(11,02)(11,02)(11,02 11,1 11,51 11,57 11,02 10,56 11,96 11,31 11,76 12,09 10,94 11,21 11,21 11,31 0,12 0,26 0,18 0,21 0,25 0,23 0,13 49,67 49,92 49,37 49,53 49,23 49,66 49,99 50,3 49,38 49,83 49,9 49,79 15,61 15,43 15,48 115,7 115,5 115,5 115,3 115,3 5,25 5,32 5,38 Доломит, 136 Доломит, 136 Доломит, 136 Доломит, 13а Доломит, 13а Доломит, 126 Доломит, 13а Доломит, 13а

Доломит, 1 Доломит, 1

Доломит, ] Доломит,

118

Доломит, Доломит,

полностью подтверждают результаты, митами, поэтому, вероятнее всего, обжиполученные в результате исследований галась именно доломитовая руда. методами эмиссионного спектрального и оптико-петрографического анализов. Как также, что строительные камни Хансковидно из таблиц, образец, отколотый от го дворца и Северной башни Казанского плиты на территории Макарьевского монастыря, отличается большей чистотой, т.е. в ней отсутствуют такие минералы, как альбит, а концентрация анорита, ми- и камням Благовещенского собора. Это нералов железа, мусковита, ортоклаза и говорит о том, что средневековые каменрутила на порядок меньше, чем в образцах щики уже знали об этом месторождении из Успенского собора и Печищ. Таблица 3 демонстрирует закономерные концентрации элементов, также подтверждая идентичность камней из Свияжского собора и месторождения правого берега Волги.

можно дать однозначный ответ о сырьевом источнике строительного материала, ис- образцы очень похожи на образцы долопользованного при создании уникального памятника культуры XVI в. - собора Успе- занских отложений, представленных сения Пресвятой Богородицы Острова-града Свияжск. Исследования установили тот о. Свияжск данные отложения являются факт, что каменщики, строившие в один и тот же период Успенский и Казанский Благовещенский соборы, брали камни из одной каменоломни, располагавшейся близ села Печищи. Согласно историческим дан- ник», таким образом, являлся наиболее ным, в этом селе, начиная с XVI в., было предпочтительным сырьем для строиналажено производство строительного материала высокого качества. Причем это дохранилища, были подтоплены плотные были не только строительные камни, но и известковая руда, которую обжигали здесь торые также являются плотными пороже в печах. Одна из таких печей сохрани- дами пригодными для строительства, и лась недалеко от села (рис. 9). Необходимо внешне очень схожи с доломитами пачки сделать ремарку относительно характера «Подлужник». Вероятно, и они могли исстроительной муки: исходя из данных на- пользоваться для строительства соборов и ших исследований, можно утверждать, что башен приказанского района.

Данные электронной микроскопии пласты близ села Печищи сложены доло-

Проведенные исследования доказали кремля полностью аналогичны и по химическому и по минералогическому составу материалам Успенского собора о. Свияжск высококачественного строительного материала и использовали его при сооружении зданий в Казанском кремле.

Изучение образцов показало, что они представлены доломитами, серыми по Суммируя данные всех исследований, окраске, иногда слабо мучнистыми на сколе. Опыт авторов подсказывает, что митов из пачки «Подлужник» верхнекарыми, светло-серыми доломитами. Вблизи единственными выходящими на дневную поверхность плотными породами, в той или иной степени пригодными для строительства. Район пос. Печищи «Подлужтельства. Однако, в связи с созданием водоломиты из пачки «Серый камень», ко-

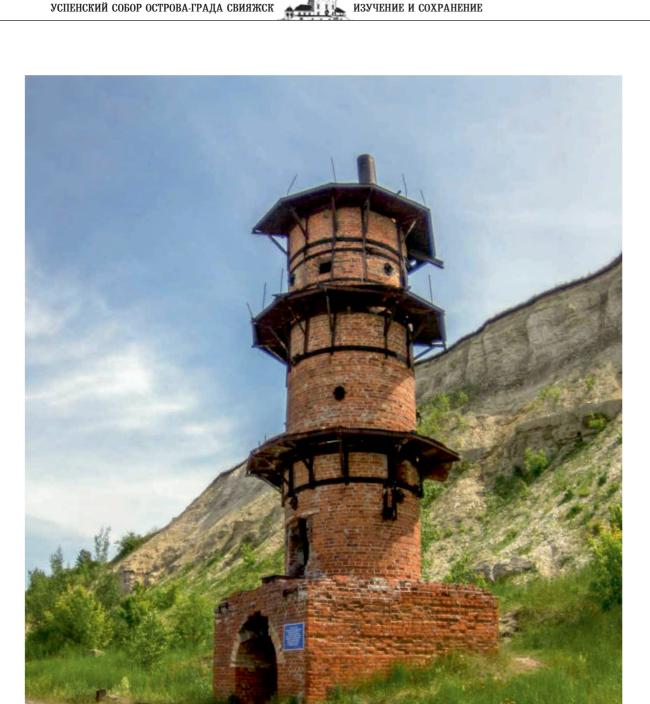


Рис. 9. Печь для обжига строительной муки

- 120

приказанского района в чистом виде отношения.

Присутствие известняка среди об- известняки практически отсутствуют. разцов доломитов указывает на то, что Иногда отмечаются органогенные изиспользовалось сырье из относительно вестняки, однако к изученным микроудаленных районов, так как в пределах зернистым известнякам они не имеют

### Исследование строительных растворов

растворов, использованных при строительцы, были отобраны образцы, относящиеся к различному времени постройки. В ходе работ были проанализированы также строительные растворы из разных мест Успенского собора: с камня из жертвенника, раствор XVI в., растворы из ям, обнаруженных вблизи собора, а также в качестве образцов сравнения растворы Ханского дворца, Северной башни, Благовещенского собора Казанского

Ниже приведен список исследованных растворов:

- 1. Раствор с камня из жертвенника (восточная стена, под окном);
- 2. Раствор XVI в.;
- (молитвенник 1 ярус посередине);
- 4. Раствор из ямы во дворе Успенского со-
- 5. Цемент из колодца во дворе Успенского собора (белый и серый);
- 6. Цемент с подоконника с внешней стороны южной стены;
- 7. Цемент XIX в.;
- 8. Раствор, Ханский дворец;
- 9. Раствор, Северная башня;
- 10. Раствор, Благовещенский собор.

В группу растворов, изученных методом эмиссионного анализа, были включены также растворы из ям, обнаруженных вблизи собора (табл. 1). Первая яма небольшая, и пластификаторов в левкасе и строительном предположительно ее содержимое использовалось в качестве основы для поновления и реставрации фресковой росписи. Вторая яма - колодец, намного больше по размеру, и, вероятнее всего, раствор из нее использовался как строительный цемент. Заметно различие как между составами смесей из разных ям, так и между растворами различных цветов из одной ямы. Так, образец белого цвета из первой ямы содержит меньше кремния, чем серый. Цементный состав из внешней стороны южной стены. второй ямы имеет в своем составе высокие концентрации железа - 4,5-6%, это на поря- ного раствора из ямы, расположенной рядом

Для изучения рецептуры строительных док больше, чем в содержимом первой ямы.

Природа разделения содержимого обнастве собора Успения Пресвятой Богороди- руженных ям на растворы с различным цветом и составом пока не выявлена. В связи с этим, при изучении и сравнении химических составов левкасных и строительных растворов в обязательном порядке необходимо учитывать факт произошедших с ними на протяжении многих лет метаморфических

Изучение химического состава растворов с различных объектов, включая сооружения Казанского кремля, показали, что, несмотря на то, что мастера использовали один источник каменного материала, рецептура скрепляющих составов для всех объектов отличается. Исключением являются образцы растворов из Северной башни и Благо-3. Раствор в красной кирпичной кладке вещенского собора: при строительстве этих зданий использовались очень схожие растворы с той лишь разницей, что в растворе с Северной башни присутствует фосфор, что свидетельствует об использовании разных рецептур органических пластификаторов. Обращает на себя внимание факт наличия в этом растворе, а также в цементах с подоконника Успенского собора и из колодца, обнаруженного рядом с ним, заметной концентрации калия, однако, в отличие от растворов казанских построек, в островном цементе поздних растворов содержание магния намного меньше.

> Для выявления возможных органических растворе нами были проанализированы яичный белок и желток. Согласно результатам анализа, желток содержит существенное количество фосфора, а также заметные концентрации калия и натрия. В яичном белке содержание калия и натрия еще выше, а фосфора меньше. Согласно данным таблицы 1, присутствие заметных содержаний калия и фосфора наблюдается в растворах из колодца и в строительном растворе с подоконника

Химический состав темно-серого цемент-

- 121



с Успенским собором, оказался идентичным составу растворов XIX в.и раствора с подоконника. Возможно, что данный раствор использовался также при реставрации некоторых стеновых участков внутри здания, однако для ответа на данный вопрос необходимы дополнительные исследования.

ров показал, что в постройках XV-XVI вв. мастера использовали в качестве скрепляющего материала доломитовую известь, содержанием магния менее 3%.

Исходя из данных таблицы 1, можно сделать предположение о том, растворы казанских построек представляют собой смесь доломитовой муки и песка в соотношении 1:1. В растворе из жертвенника кремниевая компонента очень мала, что говорит других растворах Успенского собора: в промазке между камнями (XVI в.) и кирпичами (XVII в.) – возможные составляющие доломитовой извести и песка выражаются соболее позднего времени: цементе XIX в., цементе с подоконника (XVIII в.) и темно-се- тическими методами.

ром цементе из колодца - выявлены высокие содержания железа при относительно низких концентрациях кремния. Это может свидетельствовать об использовании в цементном составе в качестве дополнительной добавки к извести глиняной массы.

Таким образом, согласно результатам Результат изучения строительных раство- этой работы, каждая бригада мастеров использовала свой особый скрепляющий состав при укладке камней, источником которых было одно и то же доломитовое меизготовленную, вероятнее всего, из тех же сторождение. Об этом свидетельствует разкамней. Цементный состав XIX в. состоит личный химический состав строительных из слабо доломитизированного известняка с растворов, свидетельствующий как о различных составах известковой компоненты, так и отличающихся минеральных наполнителях. В одних случаях использовался песок, в других - глина, а в растворе с жертвенника использовался чистая доломитовая мука. Сравнение химического состава органических пластификаторов (молоко, об отсутствии песчаной составляющей. В белок и желток куриного яйца) показало, что древние строители использовали различные виды этих добавок. Для получения более точных данных по минеральным и органическим компонентам строительных отношением 3:1. В совпадающих составах растворов необходимы дальнейшие исследования материалов более тонкими анали-

### 2.4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕВКАСНОГО СЛОЯ ФРЕСКОВОЙ ЖИВОПИСИ

Р.Х. Храмченкова, Г.А. Баталин, Б.И. Гареев, П.Ю. Каплан, В.Ф. Косушкин, Е.В. Нуждин, И.Р. Сафина, А.Г. Ситдиков

### Резюме:

Фресковая живопись Успенского собора является одним из шедевров русской стенописи XVI в. В исследовании с целью изучения левкасного слоя образцов фресковой живописи храма представлены результаты его эмиссионно-спектрального, рентгено-флуоресцентного анализа с использованием методов оптической и электронной микроскопии с энерго-дисперсионным анализатором. Полученные данные позволяют определить этапы и технологию создания фресок, установить причины высокой прочности штукатурного основания живописи, создать эффективную методику реставрации стенописи и др.

### Summary

Fresco paintings from the Assumption Cathedral are masterpieces of 16th century Russian wall painting. Research conducted for the purpose of studying the gesso layer of fresco painting samples from the Cathedral comprise the results of its emission spectral and X-ray fluorescence analysis performed with the use of optical and electron microscopy techniques with an energy dispersion analyzer. The obtained data allows to determine the stages and technology of the fresco paintings, establish the causes of the high strength of its plaster

на Русь из Византии вместе с распростране- растворами которых рисовались библейнием христианства и, начиная с XI-XII вв., ские сюжеты. Гарантией яркости красок и русские мастера расписывали стены церк- целостности стенной росписи служит ее вей и соборов на киевских и новгородских основа - левкас, представляющий собой землях. Сложнейшая технология создания слой извести, нанесенный на стену, по монастенных росписей передавалась от учителя к ученику, и секреты нанесения фреско- краски. Особенность фресковой живописи вых рисунков оставались достоянием узко- заключается в физических процессах прого круга мастеров, зачастую уходя вместе со никновения нанесенных красок в известкосмертью старого мастера. К XVI в. ремесло вую структуру левкаса, что обусловливает фресковой живописи достигло творческой целостность красочного слоя с нанесенным зрелости и мастерства, основанного на знаниях предыдущих поколений живописцев (Коловрат, 1969).

древних живописцев обеспечил удивительную сохранность дошедшего до наших ния Пресвятой Богородицы.

Искусство фресковой живописи пришло ли истертые до пудры минералы, водными крой поверхности которого накладывались штукатурным составом (Лукьянова, 2015).

Из древних источников до наших дней дошло множество рецептур левкасных Именно высокий уровень мастерства растворов, однако один компонент в них является обязательным - известь. Древние мастера для придания крепости штукадней фрескового ансамбля собора Успе- турке и для лучшего сцепления со стеной добавляли различные минеральные или В качестве красок чаще всего выступа- органические компоненты. В штукатур-



добавку растительных волокон, русские гослойной техники. живописцы, наряду с византийской техно-

ной основе фресковых картин Помпей три этапа, разделенные по времени, и, веобнаружены частицы пемзы, часто древ- роятнее всего, выполнялась различными ние мастера добавляли также толченый мастерами фресковой живописи. Веромрамор. Для итальянской стенописи ха- ятнее всего, фресковая основа стенописи рактерны известково-песчаные составы, наносилась одним слоем, так как визуальвизантийская традиция предполагала ного разделения на слои не выявило мно-

Для проверки этой гипотезы левкас был логией, использовали отвары зерен злаков изучен тремя независимыми аналитичеи растений. Широко известны также такие скими методами: эмиссионным спектральорганические модификаторы известковых ным, рентгенофлуоресцентным анализарастворов, как куриное яйцо, молоко, ры- ми и методом оптической и электронной бий клей и др. (Киплик, 2002; Винер, 1948). микроскопии с энергодисперсионным Роспись Успенского собора проходила в анализатором.

### Эмиссионный спектральный анализ

фрагменты левкаса:

- 1) левкас первой росписи (нулевой);
- 2) левкас;
- 3) левкас фронтальный северных ворот;
- 4) левкас столб алтарь, дьяконник;
- 5) левкас свод северных ворот;
- 6) левкас Свод 3;
- первого яруса дьяконника алтаря;
- 8) левкас починка;
- (белый);
- (серый);
- собора;
- 12) левкас из подпружной арки 3.

каса представляют соединения кальция рая подгруппа).

В качестве исследуемых образцов ре- и магния, в части образцов присутствует ставраторами были отобраны следующие большой процент SiO<sub>2</sub>. Все компоненты, указанные в таблице в виде окислов, будут называться просто элементами, так как формулу вхождения этих элементов химический анализ определить не позволяет. Данные таблицы 1 показывают, что левкасная основа фресковой живописи Успенского собора делится на четыре ос-7) левкас XVIII в. из оконного проема новных группы. Для первой характерны низкие содержания алюминия и кремния. Концентрации этих элементов во второй 9) раствор из ямы алтарь молитвенник группе выше в несколько раз, однако не превышает значений 1% для Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и 6% для 10) раствор из ямы алтарь молитвенник SiO<sub>2</sub>. Вторая группа состоит из двух подгрупп, отличающихся содержанием меди и 11) раствор из ямы во дворе Успенского ванадия. Первую группу составили так называемый нулевой левкас первой росписи и левкас со столба алтаря в дьяконнике. Во Химический состав образцов приведен вторую группу вошли фресковые основы в таблице 1. Согласно данным анализа, с северных ворот (первая подгруппа), алоснову практически всех образцов лев- тарного столба и подпружной арки 3 (вто-

Химический состав левкаса (данные ЭСА) ГАБЛИЦА 1

ЛЕВКАС											4	-2	ę	۴	ကု
25.09.2015	$P_2O_5$	CaO	$Fe_2O_3$	$\begin{array}{c cccc} CaO & Fe_2O_3 & Al_2O_3 & K_2 \end{array}$	K <sub>2</sub> 0	MgO	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO2	MnO	$\mathbf{Ag}$	As	Cu	Pb	>
левкас нулевой		39,2	0,229	0,019	1	12,07	0,259	0,642	0,003	0,014	0,23	60,0	44	32	ı
левкас	ı	45,12	0,286	0,19	1	16,49	0,691	1,498	0,08	800,0	0,105	0,03	0,75	3,2	ı
-"- ДЬЯКОН	ı	11,9	0,114	0,19	1	5,95	0,029	1,926	0,05	0,01	0,01	0,04	0,39	0,7	ı
из пак 3		49,25	0,358	0,57	1	22,1	0,346	4,494	0,1	0,01	0,04	0,05	0,55	2,3	
левкас столб алтарь	·	25,2	0,286	0,95	·	5,95	0,058	6,206	0,05	900,0	0,01	0,05	0,65	9,0	
левкас фр-т сев.ворот		43,6	0,286	0,57		13,09	0,144	5,992	0,07	0,008	0,1	0,04	4,1	0,45	20
левкас свод сев.ворот		35,21	0,157	0,59		14,11	0,138	2,568	0,015	0,019	0,01	90,0	3,4	1,8	6,5
C <sub>B</sub> 3	ı	42,17	0,572	1,32	ı	16,15	0,518	4,494	0,08	0,01	0,12	90,0	2,1	12	ı
левкас 18в	ı	33,6	0,315	1,81	1	9,18	0,36	5,35	0,03	0,015	1,8	0,31	0,76	25	ı
р-р из ямы белый	0,07	40,84	0,472	1,59		3,57	0,648	11,56	0,042	0,019	0,02	0,04	0,76	2,1	
левкас3	0,07	18,2	1,073	2,27	9,005	9,52	0,216	29,96	90,0	0,018	0,01	0,34	1,1	0,92	0,5
р-р из ямы серый	0,18	5,74	0,315	2,84	896,0	2,04	0,432	62,06	0,16	0,01	0,03	0,73	3,2	4,7	0,7
р-р из ямы	1,01	40,12	0,858	1,89	1	3,57	0,302	95,05	890,0	0,036	0,03	0,25	3,6	0,77	0,85
желток	7,56	1,26	0,114	0,1512	999,0	0,102	0,23	0,321	0,012	0,005	0,01	0,26	1,8	1,5	
белок	0,87	0,14	0,014	0,0189	2,904	0,17	1,224	0,214	0,005	0,001	0,01	0,09	0,54	0,32	
МОЛОКО	0,1				0,16		9,05								

присутствием кремния - от 30 до 60%, что левом» левкасе имеет те же значения. свидетельствует о приготовлении фрескости и песка в различных пропорциях в запоздней переделке Успенского собора.

ным источником для фресковой основы извести с песком в соотношении 1:1.

Третья группа отличается большим со- первых фресковых стенописей Успенского держанием алюминия, серебра и свинца. собора явилась доломитовая руда с про-В эту группу вошел левкас XVIII в. из окон- тивоположного берега Свияги. Об этом ного проема первого яруса дьяконника свидетельствуют низкие концентрации алтаря Успенского собора и левкас свода алюминия, железа и кремния, и содержа-3. Четвертая группа выделяется заметным ние этих элементов в так называемом «ну-

Разделение образцов левкаса на невой основы по классической рецептуре, сколько групп подтвердило предположепредполагающей изготовление смеси изве- ние реставраторов о поэтапной росписи стен. Особо выделился также раствор, висимости от слоя промазки. В этой группе который был использован при реставранаходится левкас из починки, а также рас- ции фресок в начале XX в. От всех групп творы из ям в алтаре и дворе Успенского он отличается низкими концентрациями собора. Исходя из мест отбора образцов, магния, т.е. левкасный раствор приготовпоследняя группа соответствует самой лен из практически чистого известняка. Наличие высоких концентраций кремния Сравнение химического состава левка- и соотношение этого элемента с кальцием са основы и камней показал, что вероят- свидетельствует об использовании смеси

### Рентгенофлуоресцентный анализ

Б.И. Гареевым и Г.А. Баталиным.

магния (12) до урана (92), в том числе легких элементов Mg(12), Al(13), Si(14), P(15), S(16), без использования вакуумного насоса и продувки гелием благодаря уникальным характеристикам кремниевого дрейфового детектора XFlash©c энергетическим разрешением 145 эВ при 100 000 имп/с.

В аналитическую выборку вошли следующие точки:

- молебный зал, западная стена, 1 ярус;
- архангелы, барабан, 2 точки (рис. 1);
- сторона, 3 точки;
- вая сторона, 3 точки;
- столба, первый ярус (рис. 2).

таблице 2. Согласно аналитическим дан- данное предположение верно.

Исследования проводились портатив- ным, образцы левкаса разделились на шесть ным рентгено-флуоресцентным спектро- групп. Для первой группы, в которую вометром S1-TURBO фирмы Bruker в инсти- шел образец из молебного зала, характерны туте геологии и нефтегазовых технологий низкие содержания железа, калия, кремния Казанского федерального университета и серы. Низкая концентрация алюминия является характерной особенностью второй Метод исследования: анализ элементов от группы с образцами из барабана и трапезной. Обе точки из алтаря составили третью группу, отличающуюся низкой концентрацией кремния и высокими содержаниями меди и стронция. Содержания элементов в четвертой группе аналогичны третьей, кроме низких концентраций меди и более высокой концентрации кремния. Образцы из барабана и трапезной вошли в пятую группу с повышенным содержанием мышьяка и меди. Точка левкаса со свода восточной стены образовала шестую группу с высокой - трапезная свод восточной стены левая концентрацией титана и низким содержанием магния - по предположению реставрато-- трапезная свод восточной стены пра- ра В.Ф. Косушкина, этот образец является результатом реставрации начала XX века. - алтарь, дьяконник, южная сторона Принимая во внимание результаты эмиссионного спектрального анализа, можно с Результаты исследований приведены в полной уверенностью говорить о том, что



Рис. 1. Архангел Гавриил, барабан



Рис. 2. Алтарь, дьяконник, южная сторона

- 126

Химический состав левкаса (данные РФА) тАБЛИЦА 2

аналитическая точка	$P_2O_5$ CaO	CaO	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$K_2O$		$SiO_2$	TiO <sub>2</sub>	MnO	S	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CnO	PbO	Sr
Молеб. зал,1 ярус,зап. стена	1,16	30,1	0,04	1,92	0,05		0			0,19			0,07	0,01
Барабан	2,27	70,10	0,49	0	0,30		2,96	0,02	90,0	0,93	0,03	0,03	0,34	60,0
Трепезн, свод вост стены	1,88	61,7	0,51	0	0,63		4,43	0	0,07	1,81	90,0	0,04	6,0	60,0
Трепезн, свод вост стены	1,67	65,4	69,0	0	0,47		7,03		0,05	0,93	0,12	0,18	1,39	60,0
Алтарь, дьяк, юж. стор.столба,1 ярус	1,53	69,00	0,52	2,21	0,37	11,70	1,91		90,0	1,34		1,64	0,07	0,13
Алтарь, дьяк, юж. стор.столба,1 ярус	1,64	67,40	0,70	2,53	0,64		2,54		90,0	0,49		5,18	0,12	0,15
Трепезн, свод вост стены	1,74	66,3	98,0	2,72	0,44		3,16		90,0	-	0,03	0,1	0,22	0,28
Трепезн, свод вост стены	1,65	58,1	0,67	3,74	0,78		5,96	1,7	90,0	2,46		0,02	0,58	0,13
Трепезн, свод вост стены	1,45	44	0,47	2,9	0,31		5,58		90,0	2,45	0,42	0,12	2,2	90,0
Барабан	2,46	2,46 54,50	0,42	4,06	0,27		4,45	0,05	0,07	3,65	0,20		1,06	0,08
Трепезная, свод восточной стены	1,94	57,8	0,58	3,34	0,21		80,9	1,75		1,24		0,02		0,19

128

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Сравнение данных левкасных составов, полученных двумя методами показывает, что они коррелируют между собой: оба метода выделили группу с очень низким содержанием кремния, алюминия, железа - левкас первого этапа росписи стен.

### Оптическая и электронная микроскопия

кроскопии с энергодисперсионным аналиным современным методам, позволяющим выявить структуру и химический состав изучаемого материала. Исследование образцов проводилось на электронном микроскопе AURIGA CrossBeam с энергодисперсионным спектрометром Inca X-Max, синхронизированным с оптическим микроскопом Axio Observer Z1, Axio Imager. участков; Z2m. Анализ проводился в Центре колнотехнологии» Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева И.Р. Сафиной и верхности; Е.В. Нуждиным.

Методика препарирования образцов: производился свежий излом образцов, затем образцы фиксировались на токопроводящий углеродный скотч на алюминиевый держатель изломом вверх, зафиксированные на держатель образцы помещались в камеру электронного мивыбранных участков на поверхности исследуемых образцов.

В ходе электронномикроскопического анализа использовались режимы SE2 (вторичных электронов) для первичной визуализации общей морфологии покрытия в панорамной съемке, а также для прове- зал, западная стена (рис. 3, а); дения микрозондового количественного и качественного анализа (20 кВ, 700 пА) и ем, молебный зал, западная стена (рис. 3, InLens (высокоразрешающий режим вто- б); ричных электронов), который позволяет визуализировать включения, структуру поверхности покрытия с наибольшим разрешением (15 кВ, 180 пА).

Химический состав образцов определялся микрозондовым рентгеноспектральным анализом на базе энергодис-

Метод оптической и электронной ми- персионного спектрометра INCA X-Мах (разрешение 127 эВ). Анализ включает в затором относится к высокотехнологич- себя определение состава образцов, построение спектров.

> Методика работы на энергодисперсионном спектрометре заключается в:

- установке оптимального режима набора имп/с, значения мертвого времени (при режиме микроскопа SE1, 20kV, 800pA);
- наборе спектров с интересующих нас
- получении карт распределения элеменлективного пользования «Прикладные на- тов по выбранным областям образца для получения общей информации о составе образца и распределении элементов по по-
  - построении спектров, сводных таблиц (весового и атомарного % состава), изображении с участками проведенных спектров, а также общего спектра.

Благодаря высокому разрешению, электронная микроскопия позволяет изучать маленькие образцы (менее 0,3 см<sup>2</sup>) с одновременным исследованием поверхностных кроскопа. Зондирование проводилось с и внутренних слоев. Поэтому практически для всех проб, отобранных на анализ красочного слоя, был определен химический состав левкасной подложки.

Аналитическую выборку составили образцы следующих фресок:

- «Мальчик», оконный проем, молебный
- «Неизвестные святые», оконный про-
- «Великий вход», алтарь, южная стена молитвенника (рис. 4);
- правый столб в молебном зале (рис. 5,
- левый столб в молебном зале (рис. 6);
- алтарь, южный столб, восточная сторона, 2 ярус (рис. 7);

- «Союзом любви связуемые апостолы» (рис. 8); «Святой Христофор» (рис. 9); фрески Никольской церкви (рис. 10);

- входные арки в комплекс Успенского монастыря (рис. 11).



изучение и сохранение

Рис. 3. Окно, молебный зал, западная стена: а - «Мальчик», нижняя часть, б - «Неизвестные святые», верхняя часть



Рис. 4. «Великий вход», алтарь, южная стена молитвенника



Рис. 5. Правый столб в молебном зале: а - передняя сторона б - задняя сторона



Рис. 6. Левый столб в молебном зале





Рис. 7. Алтарь, южный столб, восточная сторона



Рис. 8. «Союзом любви связуемые апостолы»



Рис. 9. «Святой Христофор»

132 -**—** 133 **—** 



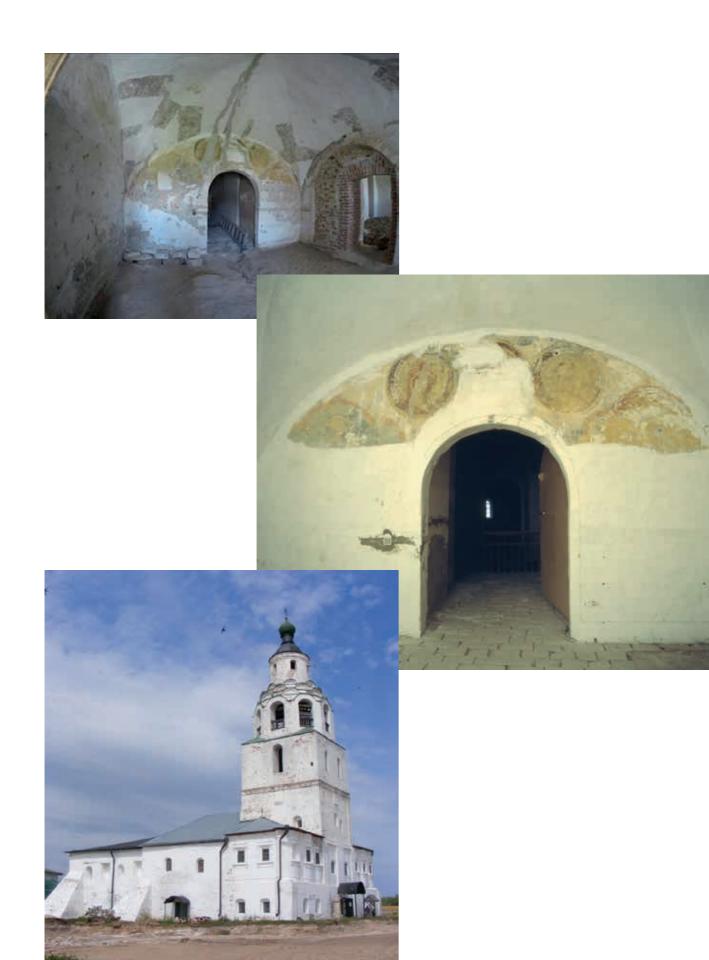


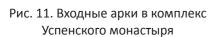


Рис. 10. Никольская церковь

**—** 134 **–** 









изучение и сохранение



отличается высокой концентрацией серы, к песку 1:1. присутствием натрия и калия - свидехарактерны более низкие содержания ломитовая известь.

По химическому составу, определен- магния, большие содержания алюминия, ному методом оптической и электронной кремния и железа, т.е. использовалось микроскопии, образцы разделились на отличное от первых групп минеральное четыре группы. Так же, как в случае эмис- сырье. Состав фресковой основы четверсионного спектрального и ренгено-флу- той группы отличается присутствием пеоресцентного анализов, первая группа ска. На снимках оптического микроскопа отличается низкими содержаниями алю- видны включения кварцевых частиц, расминия, кремния и железа. Вторая группа твор приготовлен в соотношении извести

Можно отметить особенности фресок тельство добавки в левкасный раствор «Святой Христофор», фрески на столбах в органики. На снимках оптического ми- алтаре и молебном зале. Поверхность рокроскопа в этих образцах наблюдаются списи поновлялась, так как в некоторых растительные волокна. Левкасные соста- участках была определена многослойность вы обеих групп были изготовлены из до- как красок, так и левкаса. Наружний слой ломитовой муки, вероятнее всего, с одно- доломитизированный известняк с вклюго месторождения. Для третьей группы чением растительности, нижний слой - до-

- 136

### Изучение поверхностного высола



Рис. 12. Высол белого цвета вдоль трещины

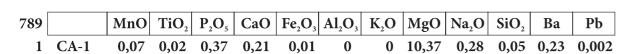
ся к школе раннего слоя (рис. 12).

эмиссионный спектральный анализ, резульпорошок состоит из соединения магния. Для уточнения минерального состава были проведены исследования методом рентгенофака препаратов на дифрактометре XRD-7000 (Шимадзу) в диапазоне брегговских углов  $3-40^{\circ}$  по  $2\Theta$ , шаг сканирования углов -  $0.02^{\circ}$ , скорость -1°/мин, ток на трубке 20мА, напряжение 30кВ, излучение - СиКа. Результат исследований показал, что выявленный минерал - гексадрит сульфида магния (рис. 13).

Как было отмечено выше, все левкасные составы определялись по сколам. На рисунобразца левкасом и красящим слоем и элек- приводит к его быстрому разрушению.

В комплексные исследования был вклю- тронное изображение распределения элечен образец так называемого высола, на- ментов по сколу. Согласно результатам аналета белого цвета, образованного вдоль лиза, желто-бежевая краска определяется трещины на одной из фресок, относящих- кремнием и алюминием (натуральная глина - «земляная краска»). По распределению В качестве экспресс-метода был применен элементов в сколе достаточно четко видно, что в состав левкаса входит магний и кальтаты которого показали, что выявленный ций, причем магний представлен кислородным соединением, а кальций – углеродным. Эти результаты свидетельствуют о том, что рецептура левкаса Успенского собора острозового анализа. Рентгенографическая съем- ва Свияжск отличается от традиционной рецептуры русских мастеров. Согласно литературным данным (Чернышёв, 1954; Лентовский, 1949), в качестве левкаса на Руси использовалась известь, которую медленно гасили в специальных ямах на протяжении нескольких лет. Причем для достижения наилучшего результата выбиралась особо чистая известь, не содержавшая магниевую компоненту, т.к. эта составляющая при взаках 14 и 15 приведены фотография скола имодействии с влагой разрыхляет левкас и

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ



2Theta (Coupled TwoTheta/Theta) WL=1,54060

Рис. 13. Рентгенограмма высола

и вещества, состоящего из соединения ческим и рентгенофазовым методами.

Результаты исследований показали, что кальция с углеродом. Можно сделать предв изучаемом левкасе магний и кальций положение, что соединение кальция - это пространственно разделены и входят в органический пластификатор, скорее всепримерно равных пропорциях (табл. 3). го молочная сыворотка. Однако однознач-Это означает, что в рецептуре использо- ный ответ можно будет получить лишь валась смесь какого-то минерала магния после исследований левкаса петрографи-



Рис. 14. Фотография оптического микроскопа скола образца

# Распределение

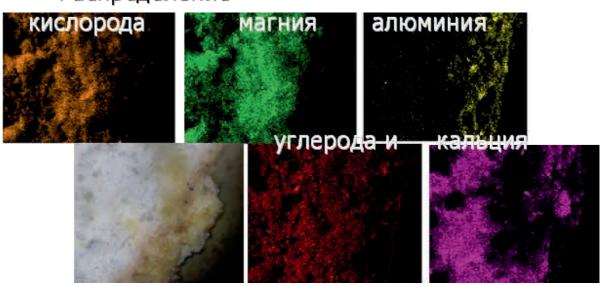


Рис. 15. Изображение электронного микроскопа распределения элементов по сколу

На рисунке 16 приведена фотография электронного микроскопа с пространственным изображением поверхности скола с цветовой дифференциацией по элементам.

# ТАБЛИЦА 3 Химический состав левкаса

Спектр	В стат.	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Cu	О	Итог
Суммарный спектр	Да	29.26	2.55	3.71	0.37	25.30	1.88	0.37	36.56	100.00
Среднее		29.26	2.55	3.71	0.37	25.30	1.88	0.37	36.56	100.00
Станд. откло- нение		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Макс.		29.26	2.55	3.71	0.37	25.30	1.88	0.37	36.56	
Мин.		29.26	2.55	3.71	0.37	25.30	1.88	0.37	36.56	

- 138 - 139



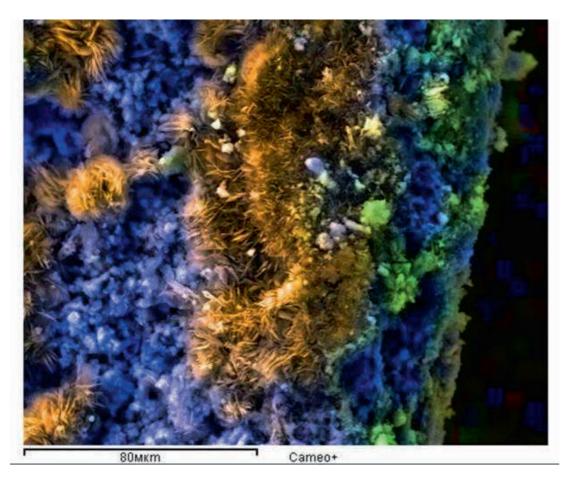


Рис. 16. Фотография электронного микроскопа с пространственным изображением участка скола и цветовой дифференциацией по элементам

на отдельные минералы.

аналитических метода дали очень близ-

На снимке видно разделение соедине- ми содержаниями алюминия, кремния и ния кальция и магния, а также окрашен- железа. Другая группа растворов, относяный глиной наружный слой. Эта картина щаяся ко второму периоду художественявляется демонстрацией физических про- ных работ, отличается присутствием в цессов, произошедших в левкасе в течение растворе элементов, свидетельствующих нескольких столетий - разделение кальция о добавке органической примеси. Снимки и магния из общей доломитовой формулы оптической микроскопии показали наличие в этих образцах растительных воло-Таким образом, все три независимых кон. Третья группа левкаса изготовлена из доломитовой муки или высокодолокие результаты. Левкасная основа первой митизированного известняка. Четвертый группы, относящаяся к самому раннему раствор - известково-песчаный соотнопериоду росписи храма, изготовлена из шением 1:1 - поновление, использованный очень чистой доломитовой муки с низки- реставраторами в начале XX века.

### Литература

- 1. Винер В.А. Фресковая и темперная живопись: Материалы и техника древнерусской стенной живописи XI-XVII веков. - М.-Л.: Искусство, 1948. - 192 с.
- 2. Киплик Д.И. Техника живописи. М.: Сваро и К, 2002. 504 с.
- 3. Коловрат Н. (Н.М. Михайлова). Техника фрески. «Химия и жизнь», 1969. №№ 6 u 9. - http://www.historicus.ru/211
- 4. Лентовский А.М. Технология живописных материалов / А. М. Лентовский. Л.-М.: Искусство, 1949. - 220 с.
- 5. Лукьянова Т.А., Кукс Ю.М. История развития фрески. Перспективы науки и образования, № 1 (13), 2015. http://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-freskichast-4-rastsvet-tehnologii-freski#ixzz4KtF1BSnC
- 6. Чернышев Н.М. Искусство фрески в Древней Руси: Материалы к изучению древнерусских фресок / Художник С. И. Колемаскин. - М.: Искусство, 1954. - 104 с.





# 2.5 ИЗУЧЕНИЕ КРАСОЧНОГО СЛОЯ ФРЕСОК

Р.Х. Храмченкова, Г.А. Баталин, Б.И. Гареев, П.Ю. Каплан, В.Ф. Косушкин, А.Г. Ситдиков

# Резюме

Для изучения красочного слоя Успенского собора были выбраны фрески, отличающиеся по манере исполнения и, вероятно, времени создания. В ходе проведенных технологических исследований неразрушающими методами определен состав различных красок, установлено послойное строение росписей, состояние и состав красочного слоя, техника живописи. Результаты изучение красочного слоя свидетельствуют о раннем создании фресковой живописи в Успенском соборе. Также установлены места поновлений на старых фресках.

#### Summary

Samples of fresco paintings characterized by their painting technique and, presumably, creation period were taken in order to investigate their painting layer. During technological research performed with the use of non-destructive methods the researchers determined the composition of various paints, layerwise structure of the paintings, as well as the compo sition of the painting layer and painting technique. The results of painting layer research signify an early period of the creation of fresco paintings in the Assumption Cathedral. The locations of repainted areas on ancient fresco paintings were also determined during research.

В качестве объектов были исследованы следующие фрески и композиции Успенского собора:

Алтарь:

- 1. Успение Пресвятой Богородицы;
- 2. Исайя Епископ Ростовский;
- 3. «Великий вход» по центру молитвен- вотных и Сотворение Адама. ника алтаря;
- 4. Полотенце по центру молитвенника алтаря;
- 5. Фреска, нижний ярус, восточная грань юго-восточного столба, «Апостол от семидесяти», подпись не сохранилась (левая);
- 6. Фреска, нижний ярус, восточная грань юго-восточного столба, «Апостол от семидесяти», подпись не сохранилась (правая);
- 7. Полотенце в дьяконнике.

Барабан:

- 1. Архангел Гавриил.
- 2. Фрески архангелов в барабане.
- 3. Ранние окна в барабане.
- 4. Поздние окна в барабане.
- 5. Надпись в барабане.

Молебный зал:

- 1. Изображение мальчика в правом откосе окна западной стены.
- 2. Фреска «Почи Господь в День Седь-
- 3. Стык композиций Сотворение жи-
- 4. Фреска Вознесение Богоматери.
- 5. Фреска Знамение Пресвятой Богородицы.
- 6. Стык композиций Сотворение светил и Благословение вод.
- 7. Юго-восточная сторона основания барабана Евангелист Матфей.

Трапезная:

142

- 1. Разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (правая).
- 2. Разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (левая).

Изучение фресковой живописи проводилось методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии посредством обследова- энергетическим разрешением 145 эВ при ния окрашенных участков спектрометром 100 000 имп/с. S1-TURBO фирмы Bruker (рис. 1). Анализ элементов от магния (12) до урана (92), в более 350 точек с 27 фресок и изобратом числе легких элементов Mg(12), Al(13), жений. На каждой фреске проводилась Si(14), P(15), S(16), без использования ва- съемка участков различной окраски. куумного насоса и продувки гелием благо- Были также сняты спектры в тех медаря уникальным характеристикам крем- стах, где был открытый выход левкасной ниевого дрейфового детектора XFlash©c основы.

В общей сложности было исследовано

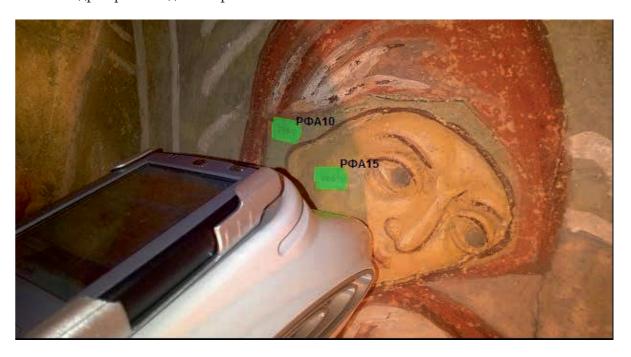


Рис. 1. Обследование окрашенных участков спектрометром S1-TURBO (Bruker)

новлено, что имеется два вида левкасной сто известковый левкас. Эту фресковую ососновы. Первый тип составлен из каль- нову изготовили по классическому рецепту ций-магниевого композита, что может из смеси извести и песка, о чем свидетельсвидетельствовать об использовании в ка- ствует наличие в образцах кремнезема. честве сырой подложки доломитизированного известняка или доломита. Согласно за состава красок различных фресок все аналитическим данным, соотношение этих полученные данные сведены в табличную элементов соответствует и тому и другому типу минеральной компоненты. Наряду с было выявлено 11 основных цветов: беэтим, в левкасе присутствует фосфор, что лый, желтый, оранжевый, розовый, коричявляется индикатором органической компоненты. Для более точного определения голубой, синий. В результате детального того, какая органика выступила в качестве изучения и были выявлены различные пластификатора, необходимо проведение группы для каждого цвета, отличающиеся более тонких аналитических методов. На- по химическому составу. Ниже приведеряду с основным типом левкаса, который но описание полученных результатов для нанесен практически на все стены, имеются каждого цвета.

В результате исследований было уста- фрагменты стен, на которых обнаружен чи-

Для проведения сравнительного аналиформу и распределены по цветам. Всего невый, красный, серый, черный, зеленый,



# Белый цвет

группы. Первая группа не содержит каких лись, к примеру, с сернокислым свинцом либо привнесенных красителей, т.е. можно говорить, что левкасная кальциево-магниевая основа не окрашивалась. В эту группу быть и факт присутствия этого элементы вошли следующие фрески:

- Успение Пресвятой Богородицы.
- полотенце по центру молитвенника ал-
- стык композиций Сотворение животных и Сотворение Адама;
  - Архангел Гавриил в барабане.

В эту группу входят все фрески, относящиеся к одним из первых, нанесенных мастерами на стены. К этой же группе сторона основания барабана). бессвинцовой краски можно отнести и фреску нижнего яруса восточной грани кое поновление, поэтому и концентрация юго-восточного столба в алтаре «Апостол от семидесяти» (правый). Однако в ней присутствует повышенное содержание меди, кобальта, никеля и кремния. Этот факт вполне объясним, если учесть, что содержание калия.

краски с содержанием свинца от 3 до 6,5%. В этих образцах отмечается повышенное содержание серы и мышьяка. Люди получали свинцовые белила ещё в глубокой древности. Так, римский историк Плиний архангела (барабан); (І в. н. э.) сообщал, что эта краска получалась «действием острейшего уксуса на мельчайшие свинцовые оскребки» (Плиний). Наряду с традиционными известковыми белилами, свинцовые белила в больших количествах употреблялись в стенной живописи по сухой штукатурке, преисях Архангельского Собора, Грановитой зуется цифрами 5:3 (Чирвинский, 1953). палаты, Успенского Собора, и результа-

Краски белого цвета делятся на четыре часто фальсифицировались и смешива-(Шифервейс, 1890). Однако объяснением повышенному содержанию серы может в левкасной основе. Белая краска второй группы присутствует во фресках:

- Успение Пресвятой Богородицы в поновленной части;
- Сотворение Адама;
- «Великий вход» по центру молитвенника алтаря;
- Исайя Епископ Ростовский;
- Евангелист Матфей (юго-восточная

Судя по мазкам, это скорее всего, легсвинца невысокая.

Третья группа состоит из образцов с высоким содержанием свинца - 8,5-42,5%. Для этой группы также характерны большие концентрации серы и мышьяка, содержаэта белая краска нанесена поверх голубой. ние которого в образце фрески «Арханге-В этих же образцах мы видим повышенное лы в барабане» достигает 11%. Безусловно, учитывая экспрессность метода, необхо-Вторую группу составляют свинцовые димо проверить эти данные другим независимым аналитическим методом. Белой краской этого типа написаны фрески:

- «Почи Господь в День Седьмый»;
- низ фрески (поновление) безымянного
- «Апостол от семидесяти» (левый) (правая сторона).

Все три первых группы красок имеют кальциево-магниевую основу, что свидетельствует о том, что при изготовлении левкаса использовалась или доломотизированная известь, или чистый доломит. В пользу мущественно для прокладки пробелов и последнего предположения свидетельствубликов, о чем свидетельствуют архивные ют два фактора: очень высокое содержание «росписи» (заявки на закупку) царских магния и то, что соотношение кальция и иконописцев, участвовавших в роспи- магния по весу в этом минерале характери-

В отличие от этих групп, в четвертую ты химического анализа красочного слоя группу вошли краски, в аналитических древнерусских стенных росписей (Виннер, данных которых отсутствует магний. Это 1948). Как известно, свинцовые белила свидетельствует об отличающейся фрепеском. В эту группу вошли фрески:

- Полотенце по центру молитвенника (доломита).
- «Апостол от семидесяти» (правый).

четвертым типом белой краски соответностью говорить о том, что левкас, изго- доломита.

сковой технологии, когда в качестве лев- товленный для замазывания утраченных касной основы была применена известь с фрагментов, имел в своей основе чистую известь без малейших примесей магния

Таким образом, можно говорить, что при создании первых фресок, к числу ко-Необходимо отметить, что участки с торых относится фреска «Успение Пресвятой Богородицы», художники не закрашиствуют места, прошедшим реставрацион- вали те участки, которые по рисунку были ные процедуры. Учитывая тот факт, что белыми. Можно также говорить о том, что на этих фресках обнаружена белая краска первая левкасная основа была изготовлена других групп, можно с полной уверен- из доломитизированного известняка или

#### Желтый цвет

Краски желтого цвета также делятся (правая). на пять групп. Первые три группы имеют практически один и тот же состав. В качестве желтого красителя в данном случае выступает минерал, содержащий кремний. Вероятнее всего художники использовали желтую охру, что доказывает наличие алюминия и невысокая концентрация железа. Отличие группы заключается в более высоких содержаниях кремния, алюминия, титана, железа. Это может свидетельствовать как о другом источнике красящего состава, так и о другой технике нанесения краски - более концентрированной. Однако нельзя исключать факт систематической ошибки, которая допускается при экспрессных видах анализа.

В первую группу вошли фрески:

- Сотворение Адама.
- «Великий вход» по центру молитвенника алтаря.
- Полотенце по центру молитвенника
- стык композиций Сотворение животных и Сотворение Адама.

Во вторую группу вошли фрески:

- Исайя Епископ Ростовский;
- Архангел Гавриил;
- «Почи Господь в День Седьмый»;
- Вознесение Богоматери;
- Евангелист Матфей;
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора

Третью группу составили:

- Успение Пресвятой Богородицы (починенная сторона);
- «Почи Господь в День Седьмый»;
- «Апостол от семидесяти» (правый).

Четвертая группа похожа на первые три с тем лишь отличием, что в краске этой группы содержится больше серы и мышьяка. Высокое содержание серы отмечалось также во второй и третьей группах по белой краске. Видимо, присутствие этого элемента свидетельствует об особой органической добавке, которая использовалась при изготовлении левкасного слоя. Повышенное содержание мышьяка определяет иной источник желтой краски, в качестве которой в данном случае использовалась та же сиена.

В эту группу вошли фрески:

- «Апостол от семидесяти» (правый), подпись;
- «Апостол от семидесяти» (левый),
- стык композиций Сотворение светил и Благословение вод;
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора

Пятая группа желтых красок имеет ту же левкасную основу, однако наличие больших концентраций титана и цинка говорит о явных поновленных местах.

**— 144** 145



новленные места фресок с Архангелами в окнах в барабане.

Шестая группа красок написана на из- барабане, «Знамение Пресвятой Богородивестковой основе, т.е. исследованы по- цы» и «Херувимы и Серафимы» в ранних

# Оранжевый цвет

На данном этапе исследований были рабана Евангелист Матфей. выбраны точки с фресок:

- Архангел Гавриил;
- фреска Вознесение Богоматери;
- юго-восточная сторона основания ба-

Особых отличий от желтой краски не - полотенце по центру молитвенника ал- наблюдается, лишь в одном из образцов содержания железа достигают 8,72%, который, по-видимому, подкрасили охряной краской.

# Розовый цвет

Согласно проведенному анализу, окраска розовым цветом получена тремя различными красителями - свинцовым суриком, охрой и жженой сиеной. Краски нанесены на ствие алюминия в образцах. Как известно тем, что в ней практически отсутствует глинистая составляющая, т.е. это практически «кремневожелезная соль». Распределение алтаря, Архангел Гавриил. по группам выглядит следующим образом:

- 1. Вознесение Богоматери, Разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (левая);
- 2. «Почи Господь в День Седьмый», доломит - известковую основу. Доказатель- Знамение Пресвятой Богородицы, осством последней является полное отсут- нования барабана Евангелист Матфей, разновременные левкас и живопись на (Киплик, 1953), сиена отличается от охры бывшей наружной западной стене собора (правая);
  - 3. Полотенце по центру молитвенника

# Коричневый цвет

- 146

Несмотря на то, что краски этого цвета разделились на пять групп, можно говорить о трех основных. Анализ составов показал, что коричневый цвет был полу-

- 1. Умброй для фресок:
- Успение Пресвятой Богородицы;
- полотенце по центру молитвенника алтаря;
- Архангел Гавриил;
- Вознесение Богоматери;
- основания барабана Евангелист Мат- барабане);
- для фресок:
- Сотворение Адама;
- «Великий вход» по центру молитвенника алтаря;

- Архангел Гавриил;
- Фреска «Почи Господь в День Седьмый»;
- стык композиций Сотворение животных и Сотворение Адама;
- Фреска Вознесение Богоматери;
- Фреска Знамение Пресвятой Богородицы;
- Евангелист Матфей;
- стык композиций Сотворение животных и Сотворение Адама;
- Херувимы и серафимы (ранние окна в
- разновременные левкас и живопись на 2. Охрой темной или железистой землей бывшей наружной западной стене собора
  - 3. Оксидом свинца РьО, для фресок:
  - «Почи Господь в День Седьмый»;
  - Знамение Пресвятой Богородицы;

- «Апостол от семидесяти» (левый);
- «Апостол от семидесяти» (правый);
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (левая).

художников и реставраторов, использовавших свинцовосодержащий краситель, была окраска белой краской, но с течением времени свинцовые белила окислились и шенное содержание титана, проявившегопотемнели. Коричневая умбра использовалась также при закрашивании понов-

ленного известью левкасного слоя фресок «Полотенце» по центру молитвенника алтаря и «Знамение Пресвятой Богородицы». Можно говорить о высоком профессионализме реставраторов, использовавших ту Вероятнее всего, первоначальной целью же краску при подправлении красочного слоя, которая была использована первыми художниками, работавшими в соборе. На некоторых образцах выделяется повыся в результате поновления темно-серым цветом.

# Красный цвет

сильно различаются между собой. Первая краска - свинцовый сурик, использовавшийся при написании самой первой фрески - «Успение Пресвятой Богородицы». Этой же краской расписаны фрески:

- «Почи Господь в День Седьмый»;
- Вознесение Богоматери;
- изображение мальчика в правом откосе окна западной стены;
  - Евангелист Матфей.
- барабане);
- в барабане).

жений Херувимов и Серафимов является Учитывая точно подобранную окраску чи- пока не обнаружено.

Две основные красные краски, которы- неных и новообразованных поверхностей, ми расписан Успенский собор, достаточно можно предположить, что при перестройке собора у мастеров были сведения о том, какие краски закупались при начале расписных работ в храме.

Анализ неразрушающим методом показал, что еще одной красной краской, использованной художниками, была охра. Ее использовали при написании остальных исследованных в работе фресок. В дополнение на фреске с изображением мальчика в правом откосе окна - Херувимы и Серафимы (ранние окна в западной стены была зафиксирована единственная точка, на которой опреде-- Херувимы и Серафимы (поздние окна лилась киноварь. Основным носителем красной окраски на этом изображении Раскраска свинцовым суриком изобра- является свинцовый сурик, поэтому можно сделать предположение, что кисвидетельством того, что мастера XVIII в. новарь использовали при одной из рехорошо знали, какими красками были на- ставрационных процедур. Других свидерисованы изображения первых фресок. тельств использования этого красителя

# Серый цвет

основных группы, не включая краску, на- ную основу. Данный элемент определить несенную на чистую известь фрагментов портативным спектрометром невозможфресок «Исайя Епископ Ростовский» и Ар- но. Более детальную информацию о носихангелов в барабане. Краска первой груп- теле черного цвета в этой группе могут дать пы не содержит никаких видимых элемен- другие аналитические методы. Согласно тов, свидетельствующих о минеральном (Киплик, 1953; Фармаковский, 1950), все красителе. С большой долей вероятности черные краски получали пережиганием в можно говорить об использовании орга- уголь растительного или животного мате-

Краски серого цвета делятся на четыре нического красителя, имеющего углерод-

— 147 *—* 



риала. В зависимости от способа изготовления получались краски, состоящие либо из чистого углерода, либо углерода с органическими веществами, либо углерода с минеральными веществами. Последние в некотором роде можно считать минеральными красками. Эта группа включает следующие фрески:

- «Апостол от семидесяти» (правый);
- барабане);
- надпись в барабане.

первую с тем лишь отличием, что содержание кремния в ней существенно выше. Это может объясняться отличием органической компоненты, в качестве которой использовали золу других растений. В эту группу вошли фрески:

- Успение Пресвятой Богородицы;
- «Апостол от семидесяти» (левый);
- «Апостол от семидесяти» (правый).

Третья краска – титановая – обнаружена на фресках:

- фрески архангелов в барабане;
- Херувимы и Серафимы (позднее окно);
- разновременные левкас и живопись на - полотенце по центру молитвенника ал- бывшей наружной западной стене собора (правая).

Определяющей особенностью четвер-- Херувимы и Серафимы (ранние окна в той краски выступает наличие свинцовой компоненты. Вероятно, что эта краска была получена смешением свинцовых бе-Краска второй группы очень похожа на лил с углем. Эту краску использовали на

- фрески архангелов в барабане;
- «Апостол от семидесяти» (правый);
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (правая).

# Черный цвет

148

Краски черного цвета можно разделить на 3 основных группы. Четвертую группу составляют так называемые «свинцовые» образцы, первоначально имевшие белый таря; цвет. К ним можно отнести части одежды, глаз, различные полосы на фресках:

- Архангелов в барабане;
- «Апостол от семидесяти» (правый);
- композиции Сотворение светил и Благословение вод;
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора

красителя в первой группе не определяет- пы: ся никакой химический элемент, доступный для аналитических возможностей РФА-анализа. Так же, как для серой краски первой группы, в данном случае можно говорить об использованной в качестве красящей добавки органике. Необходимо отметить также, что черная краска этой группы нанесена на кальциево-магниевый левкас с низким содержанием серы и мышьяка. В эту группу вошли фрески:

- «Великий вход» по центру молитвенника алтаря;
- полотенце по центру молитвенника ал-
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (правая).

Вторую группу черных красок, использованных при росписи стен Успенского собора, составляют образцы с повышенным содержанием железа, алюминия и кремния. Это может свидетельствовать об использовании какой-либо растительной В качестве непосредственно черного золы, богатой железом. Фрески этой груп-

- фрески архангелов в барабане;
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (правая).

Интересной является третья группа, так как в ее составе выявлена высокая концентрация железа. Можно осторожно предположить, что в данном случае художники использовали золу растений, богатых кальцием. Рекордсменами по содержанию кремния являются древнейшие растения: хвощи, мхи, папоротники, полынь. Однако однозначного ответа на вопрос о природе красителя этой группы пока дать не-

возможно. В эту группу вошли фрески:

- «Апостол от семидесяти» (правый);
- Херувимы и Серафимы (позднее окно).

# Зеленый цвет

149

Для облегчения задачи и упрощения обработки не проводилось разделения по оттенкам и использовалась общая категория зеленого цвета. В связи с этим было определено 6 групп, включая группу, краска на которой нанесена на известково-песчаную основу.

Первая краска не выделяется особыми ных и Сотворение Адама. химическими элементами, поэтому можно сделать вывод о том, что в данном случае была использована так называемая «зеленая земля», или зеленая охра. Этот минеральный краситель имеет специфическую (по отношению к глине) натуральную окраску благодаря присутствию закиси железа. Эта краска, в зависимости от качества, может иметь достаточно чистый травянисто-зеленый цвет. Фрески первой

- «Великий вход» по центру молитвенника алтаря;
- полотенце по центру молитвенника ал-
- стык композиций Сотворение животных и Сотворение Адама;
  - евангелист Матфей;
- разновременные левкас и живопись на бывшей наружной западной стене собора (правая).

Во вторую группу, краска которой содержит титан, вошли фрески:

- стык композиций Сотворение животных и Сотворение Адама;
- херувимы и Серафимы (позднее окно). Отличительной особенностью третьей

группы является повышенное содержание кремния, калия и железа. К этой группе относятся фрески:

- Успение Пресвятой Богородицы;
- «Апостол от семидесяти» (левый);
- Исайя Епископ Ростовский;
- стык композиций Сотворение живот-

Возможно, что эта группа красок - результат реставрационных работ, так как на зеленом фоне фрески «Успение Пресвятой Богородицы» видны мазки белого цвета, в состав которого входит свинец с никелем, другая зеленая часть этой фрески покрыта сверху легким цветом серой краски, в состав которой входит титан.

Четвертая группа похожа на первую с той лишь разницей, что анализ показывает высокое содержание серы и мышьяка. Фресками этой группы являются:

- «Апостол от семидесяти» (правая);
- Евангелист Матфей;
- Херувимы и Серафимы (позднее окно).

В пятую группу входят эти же фрески, за исключением изображения «Апостол от семидесяти» (правый). В состав краски этой группы входит хром. Краска, содержащая этот элемент, появилась у живописцев лишь в конце XVIII в., а изумрудно-зеленая (подобная краска нанесена на изображениях Херувимов) и вовсе была создана в 1838 году (Алексеев-Алюрви, 2004). Таким образом, можно говорить, что бирюзовый цвет - однозначно работа реставраторов позднего времени.



# Синий и голубой цвет

Среди образцов красок синего цвета высподь в День Седьмый», имеющий в своем составе повышенные содержания кобальизготовлена из синего стекла по рецептуре ви, 2004). венецианских художников, создавших ее в начале XVI в. Однако эта краска показа- составе высокое содержание свинца, что ла плохую укрывистость и, возможно, на фресках она быстро осыпалась, поэтому синей краски на основе смеси свинцовых художники со временем отказались от ее белил. Отсутствие других высоких кониспользования (Алексеев-Алюрви, 2004).

группы, вероятнее всего, включает ультрамарин, так как здесь можно отметить повышенную концентрацию алюминия и кремния. К сожалению, третьей компоненты этого минерала рентгено-флуоресцентный анализ не определяет. В число фресок, окрашенных этим видом красителя, вошли:

- «Почи Господь в День Седьмый»;
- «Апостол от семидесяти» (правый);
- Благословение вод;
- Знамение Пресвятой Богородицы.

держание калия, что может свидетельствовать об остатках «стеклянной краски». Исходя из этого, можно предположить, что при создании двух следующих фресок в со всех первых фресок уже осыпалась.

В третью группу вошло полотенце в дьяделяются четыре группы. В первую группу коннике (первый ярус). На нем синяя кравходит один образец фрески «Почи Го- ска имеет в своем составе медь, которая, как известно, входит в большинство традиционных красок синего цвета - азурит, та, мышьяка и калия. Возможно, эта краска киан, бергблау, голубец (Алексеев-Алюр-

Краски четвертой группы имеют в своем позволяет предположить изготовление центраций каких-либо других элементов, Краска, которая входит в состав третьей которые могли бы указать на какой-либо минерал, позволяет предположить, что в белила была добавлена органическая краска - индиго (Алексеев-Алюрви, 2004).

> Фреска «Знамение Пресвятой Богородицы» окрашена синим составом, содержащим титан.

Образцы красок голубого цвета фресок с изображением мальчика в правом откосе окна западной стены и стык композиций «Сотворение светил и Благословение - стык композиций Сотворение светил и вод» содержат, подобно синей краске третьей группы, кобальт, калий и кремний. Здесь также отмечается присутствие ти-На первых отмечается повышенное со- тана, что можно объяснить подкрашиванием осыпавшихся участков в более поздние времена.

Результаты сравнительного анализа полученных данных приведены в таблице 13. более поздний период синяя краска почти В ней дано распределение групп красок по фрескам.

Распределение групп красок по фрескам ТАБЛИЦА 1

	желтый	оранжевый	розовый	коричневый	красный	серый	черный	зеленый	синий голубой
3, 4, 5, 9		4, 7, 10, 16	10, 21	1, 6, 4, 10, 16 1, 5, 8, 10,16, 4, 13, 17, 18,17	1, 5, 8, 10,16, 18,17	4, 13, 17,		3, 4, 22 3, 4, 9, 16, 22	~
1, 2, 3, 16 2, 6, 8, 10, 16,22			8, 12, 16, 22	8, 12, 16, 22 3, 6, 8,9,10, 12,16, 22, 17	2, 8, 9, 14 1, 13, 14	1, 13, 14	7, 22	9,18	2, 8, 12, 14,
7, 8, 14   13, 14, 15, 21			4,6	12, 13, 14	1, 3, 4, 8, 14, 15, 18, 20, 21, 14	1, 18, 22	13, 18	1, 2, 9, 13	19, 5, 16
1, 8, 13				8, 21	5	7, 14, 18	7, 14, 15,21	7, 14, 18 7, 14, 15,21 14, 16,18	18, 21, 22
7, 12, 17				4, 12	17	2,7		16, 18	12
								9	



Проведенные исследования показали вавшихся видах красочных составов и старых фресках. левкаса.

Изучение красочного слоя показало хорошие возможности неразрушающего наличие 11 основных цветов. Это свидеметода изучения фресковой живописи. тельствует о раннем создании фресковой Несмотря на то, что портативный спектро- живописи в Успенском соборе. Сравниметр не позволяет определять некоторые тельный анализ химического состава поэлементы, например натрий, обработка зволил выявить три основных группы, нааналитических данных дает объективную писанных различными красками. Удалось информационную картину об использо- также установить места поновлений на

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

# Литература

- 1. Алексеев-Алюрви Ю.В. Красочное сырье и краски, используемые в живописи. -M., 2004.
- 2. Виннер А. Фресковая и темперная живопись // Искусство. М.-Л., 1948 г.
- 3. Киплик Д.И. Техника живописи // Искусство. М.-Л., 1950.
- 4. Плиний. Натуральная история, І в. Кн.34., параг. 18, 54.
- 5. Фармаковский М.В. Акварель. Техника, реставрация и консервация. Л., 1950.
- 6. Чирвинский П.Н. Средний химический состав главных минералов изверженных, метаморфических и осадочных пород// Изд-во ХГУ, 1953.

152

7. Шифервейс // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 m. (82 m. и 4 доп.). - СПб., 1890-1907.

# 2.6 КАРТОГРАММИРОВАНИЕ ФРЕСОК

Е.Ф. Шайхутдинова, А.В. Касимов, В.Ф. Косушкин, А.Г. Ситдиков

#### Резюме:

Серьезной исследовательской и практической задачей является применение эффективных методов проведения мониторинга изменений живописного полотна Успенского собора с целью выявления рисков и угроз его состояния и выработки комплекса мероприятий по обеспечению сохранения стенописи. Одним из решения этой задачи является периодическое картограммирование фресок с универсальным систематизированным представлением их состояния во времени, путем синтеза классических методов с компьютерными технологиями. Метод регулярного мониторинга состояния фресок храма с фиксацией их состояния позволяет оптимизировать исследовательскую и реставрационную деятельность.

#### Summary

The application of efficient methods of monitoring changes in wall paintings of the Assumption Cathedral represents a serious research and practical task aimed at the determination of risks and threats to the its condition and the development of a series of measures on the preservation of the wall paintings. One of the solutions of this task is periodical mapping of the fresco paintings with universal systematized representation of their condition by means of synthesizing classical methods with computer technologies. The method consisting in regular monitoring of the condition of fresco paintings with registration of their condition allows to optimize the conducted research and restoration activities.

153

Для всестороннего изучения и сохране- XX в. Комплект картограмм состояния ропозволяет создавать полные копии всех росписей в форме разверток стен помещения, выполненных в цвете с точным учетом массанного интерьера (Крылов, 1998).

фресок Успенского собора проводилось в основном путем описания в отчетах. В 1891 г. руководитель реставрационных ра-

ния фресковых ансамблей Успенского со- списи до и в процессе реставрации в масбора большое значение имеют масштабные штабе 1:20 на бумажном носителе (калька) обмеры архитектуры и живописных компо- был создан «Межобластной специальной зиций храма. Современная методика карто- научно-реставрационной производственграммирования древних стенописий собора ной мастерской объединения Росреставрация» Министерства культуры РСФСР (составитель И.П. Ярославцев).

Такой формат данных не дает полного штабных соотношений всех частей распи- пространственного представления о размещении и современном состоянии фресок и До 60-х гг. XX в. фиксация состояния деградации красочного слоя во времени. Методика фиксации сюжета и состояния фресковой живописи практически не менялась с конца XIX в. Она состояла в выполнении бот профессор Казанского университета масштабного цветного и черно-белого изо-Д.В. Айналов выполнил один акварель- бражения основных элементов живописи ный рисунок композиции купола собора на бумаге вручную. Такой метод имеет ряд (Айналов, 1906). Известные на данный недостатков. Прежде всего, чертеж выполмомент картограммы фресок Успенского нялся в единственном экземпляре на один собора датируются серединой 80-х годов сюжет фрески без привязки к внутренним архитектурным элементам здания. Зачастую масштаб таких изображений варьируется в фресковой живописи; широких пределах. Также на одной картовремени, в который они выполнялись, что сти и полноте; затрудняет его расшифровку. Цветные изохудожественными копиями и не передают полную картину разрушения фресок. Несмотря на то, что картограммы являются обязательной частью научно-производственной документации реставраторов древнерусских существует до сих пор. В конце XX - нач. XXI в. появилась возможность фиксировать состояние фресок с помощью цветной фотографии. Однако использование фотометрии ограничивается только фотофиксацией фресок. Огромное количество художественных деталей фресок на фотографии затрудняет чтение дефектов, а следовательно, и анализ во всей полноте и последовательности; состояния живописи.

методы не позволяют провести мониторинг изменений живописного полотна с слоя; целью выявления рисков и угроз состояпо обеспечению их сохранения.

С целью создания эффективной модели визуализации состояния фресок Успенского собора был разработан и применяется метод периодического картограммирования фресок с универсальным рого пришествия. систематизированным представлением их состояния во времени. Регулярный мониторинг фресок с применением компьютерных технологий позволяет как оптимизимасштаб реставрационных и исследовательских работ.

выявила ряд серьезных причин для выграмм. Среди них:

- художественно-историческая уникальность фресок собора;

мониторинг состояния памятника

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

- расположение росписей в труднодограмме размещались все дефекты живопис- ступных местах и отсутствие возможноного полотна, имеющие место на тот момент сти увидеть фрески во всей их целостно-
- крупномасштабность некоторых изображения, по своей сути, являются лишь бражений, не поддающихся зрительному охвату в тесной архитектурной среде.

Для решения этих проблем создана автоматизированная система мониторинга состояния и учета междисциплинарных исследований Успенского собора острофресок, единой системы их выполнения не ва-града Свияжск в виде динамичных двухмерных масштабных изображений с систематизацией фресок и их состояний во времени.

> В ходе разработки автоматизированной системы были поставлены и решены следующие задачи:

- воспроизведение храмовых росписей
- систематизация существующих кар-Таким образом, вышеперечисленные тограмм и создание новых на основе знаний о современном состоянии красочного
- создание виртуального музея фресок ния и выработать комплекс мероприятий Успенского собора на основе сформировавшейся коллекции копий.

Проведенная систематизация фресок выявила 4 полноценных цикла живописи (табл. 1): Цикл бытия, Протоевангельский цикл, Христологический цикл и Цикл вто-

В Цикле бытия живописцами отображены 2 темы - «Семь дней творения» (7 сюжетов) и «История Адама и Евы» (13 сюжетов). Протоевангельский цикл состоит ровать работу реставратора, так и оценить из 27 сюжетов. В Христологическом цикле всего 3 сюжета. В Цикле второго пришествия 15 фресковых композиций. Кроме Современная практика реставрации этого, еще 66 сюжетов расположены на арфресковой живописи Успенского собора хитектурных элементах собора. В барабане 7 изображений архангелов, 1 ангела храниполнения работ по систематизации суще- теля и на куполе - фреска «Отечество». На ствующих и созданию современных карто- столпах четверика изображены 12 святых. В алтарной части на столпах - 15 святителей (митрополиты, епископы и др.). В алтаре на 20 фресках изображены сюжеты из Нового Завета. Также в процессе реставрации выявлены изображения на простенках окон собора (7 сюжетов). Четыре сюжета не входят в вышеперечисленные группы.

циклов и сюжетов, содержат в себе информацию об их расположении на архитектурных элементах собора и ссылки на 2 литературных источника с фотографическим изображением фресок (табл. 1).

Все названия архитектурных элементов были проверены и унифицированы для единой системы идентификации фресок (Куприянов, 2005). На рис. 1 приведена просмотра; схема элементов в зависимости от расположения в интерьере храма. Известные ния картограммы. архитектурные элементы внутреннего пространства храма были обозначены в соответствии с направлением по сторонам света, так как такая идентификация является универсальной.

Перечень имеющихся на 2015 г. карто- ших к 1986 г. дефектов. грамм в виде черно-белых схематических изображений на бумажном носителе приведен в таблице 2.

ты были размещены на них схематично с мой работы в отдельности. нумерацией сюжетов фресок (рис. 1). Например, на схеме росписей северной стены Успенского собора изображены 12 сюжетов (рис. 2):

- Земные труды наших прародителей;
- Рождество Богоматери: Рождество, Омовение младенца, Ласкание родителями младенца Марии;
- Отвержение даров Иокима;
- Моление о чадородии;
- Встреча у Золотых ворот;
- Анна со служанкой;
- Благословение девы Марии иереем;
- Благословение младенца или обрезание;
  - Сретение;
  - Бегство в Египет;
  - Спас Нерукотворный;
- Преполовение.

Также на схему были наложены контуры фресок (рис. 3).

Далее на общую схему архитектурного элемента были наложены масштабные Собранные данные, кроме названий контурные изображения сюжетов. Реализованы следующие функции просмотра:

- состояние фресок до, в процессе и после реставрации 1986 г.;
- состояние фресок, в процессе до и после реставрации 2010-2015 гг.;
- включение и отключение индикаторов вида дефекта красочного слоя;
- увеличение и уменьшение области
- фильтры дефектов времени составле-

На рис. 4 представлена картограмма фресок северной стены Успенского собора до реставрации 1986 г., на которой отображено состояние фрески на развертке северной стены с обозначением всех возник-

На рисунке 5 отображены виды работ по реставрации фресок северной стены.

При этом существует возможность про-Для наглядного отображения фресок смотра картограмм фресок как со всеми были созданы развертки архитектурных условными обозначениями (рис. 4-5), так элементов Успенского собора. Все сюже- и по каждому виду дефекта и производи-

> Например, при размещении на достаточно малом и простом архитектурном элементе как «паруса свода» всех условных обозначений приводит к зашумлению картограммы (рис. 6, а; 7, а). Поэтому разделение дефектов (рис. 6, 6-г) и видов производимой реставрационной работы (рис. 7, б-г) на картограмме позволяет упростить визуальное восприятие и провести мониторинг данного объекта.

В результате:

- 1. Проведена систематизация фресок по циклам и составляющим их сюжетам;
- 2. Обработаны существующие картограммы росписей Успенского собора с указанием сюжетов:
- состояния живописи до, в процессе и после реставрации;
- схемы росписей;

- 154 155

- ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ
- рым сюжетам;
- списей Успенского собора;
- 5. Разработана методика мониторинга жутки времени. состояния и систематизации сведений о фресковой живописи Успенского собора зована в виде отдельного модуля с ограпутем компиляции традиционного мето- ниченными функциональными возможда картографирования фресок с приме- ностями. К 2017 г. после своей доработки нением современных средств визуализа- база картограмм фресковой живописи ции.

лом, что позволяет отслеживать состояние собора.

3. Произведены уточнения в соответ- фресок собора во времени. В дальнейшем ствии с замерами прорисовки по некото- планируется наполнение базы информацией о состоянии красочного слоя на раз-4. Составлен электронный каталог ро- личных этапах реставрации и состояния их в будущем через определенные проме-

К настоящему времени работа реалистанет частью общей системы автомати-Была создана база картограмм фресок зированного учета результатов исследовапо сюжетам с расширенным функциона- ния и мониторинга состояния Успенского



Систематизация фресковой живописи Успенского собора ТАБЛИЦА 1

Тема	Название композиции	Источник 1 (ссылка $M$ сточник $2*$ $M$ 9 картограмна книгу)	Источник 2*	№ картограм- мы	Архитектурный элемент	Архитектурный элемент
	Отечество	244-245	нет	нет	Купол	
	Архангел Михаил	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Архангел Гавриил	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Архангел Рафаил	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Архангел Уриил	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Архангел Селафиил	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Архангел Иегудиил	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Архангел Варахиил	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Ангел хранитель	нет	нет	1, 2	Барабан	Простенки
	Книга Бытия	244-245, 246	нет	8.4	Северная верхняя арка	Восточный склон
	Творение земли и вод	244-245, 247	нет	8.1	Южная верхняя арка	Восточный склон
	Творение животных	250	нет	8.3	Северная верхняя арка	Западный склон
	Благословение вод и земли	249	нет	8.2	Южная верхняя арка	Западный склон
	Одухотворение Адама	251	нет	7.3	Северная верхняя арка	Люнета
	Творение солнца, луны и звёзд	289	нет	7.4	Южная верхняя арка	Люнета
	«Почи Господь в День Седьмый»	251	нет	7.2	Западная верхняя арка	Люнета
	Введение в Рай	252	нет	нет	Северная подпружная арка	Восточный склон
	Адам нарекает имена животным	253	нет	нет	Южная подпружная арка	Восточный склон
	Сотворение Евы	253	нет	нет	Южная подпружная арка	Западный склон
Цикл Бытия	Изгнание из Рая	254-255, 256	нет	8.5	Западная подпружная арка	Северный склон
	Грехопадение Адама и Евы	254-255, 256	нет	8.6	Западная подпружная арка	Южный склон
	Труд на земле Адама и Евы	242, 257	нет	12.1	Северо-западный коробовый свод	Северный склон
	Изгнанные из Рая	257	нет	нет	Северо-западный коробовый свод	Южный склон
	Жертвоприношение Авеля и Каина	258	нет	нет	Северная подпружная арка	Западный склон
	Убийство Авеля	242, 259	нет	нет	Северо-западный коробовый свод	Люнета
	Раскаяние Каина	259	нет	10.2	Юго-западный коробовый свод	Люнета
	Оплакивание Адамом и Евой Авеля	260	нет	10.3	Юго-западный коробовый свод	Северный склон
	Погребение Адама	261	нет	10.8	Юго-западный коробовый свод	Южный склон
	Ангел возвещает Адаму скорую смерть	326	нет	11.1	Западная стена	Верхний регистр

, A	
	изучение и сохранение

Тема	Название композиции	Источник 1 (ссылка источник 2* № картограм- на книгу)	Источник 2*	№ картограм- мы	Архитектурный элемент	Архитектурный элемент
	Логос	262-263	нет	13.4	Западная верхняя арка	Центр
	Христос - солнце правды	262-263, 264	нет	13.5	Западная верхняя арка	Северный склон
	Новозаветная троица	262-263, 265	нет	13.1	Западная верхняя арка	Южный склон
	Отвержение даров	242	нет	12.3	Северная стена	Центральный регистр
	Благовестие Иоакиму	309, 331	нет	нет	Северо-западный столп	Северная грань
	Анна со служанкой	310	нет	12.6	Северная стена	Центральный регистр
	Благовестие Анне	242, 331	нет	12.4	Северная стена	Центральный регистр
	Встреча у золотых ворот	нет	нет	12.5	Северная стена	Центральный регистр
	Рождество Богородицы	243	нет	12.2.1	Северная стена	Верхний регистр
	Омовение младенца Марии	243, 311	нет	12.2.2	Северная стена	Верхний регистр
	Ласкание родителями младенца Марии	243, 312	нет	12.2.3	Северная стена	Верхний регистр
	Благословение девы Марии иереем	243, 313	нет	12.7	Северная стена	Центральный регистр
	Спас нерукотворный	307	нет	12.11	Северная стена	Нижний регистр
.Іротоевангель- ский пикл	- Преполовение	307	нет	12.12	Северная стена	Нижний регистр
MAIN HAIN	Введение во храм	314	нет	10.1	Южная стена	Верхний регистр
	Моление о посохах	314	нет	10.4	Южная стена	Центральный регистр
	Благовещение у источника (кладезя)	314	нет	10.10	Южная стена	Нижний регистр
	Благовещение	314, 316	нет	10.5	Южная стена	Центральный регистр
	Встреча Марии и Елизаветы	315, 317	нет	10.7	Южная стена	Центральный регистр
	Сон Иосифа	нет	нет	нет	Юго-западный стопп	Южная грань
	Уверение Иосифа	314, 315, 316	нет	10.6	Южная стена	Центральный регистр
	Рождество Христово	317	нет	10.9	Южная стена	Центральный регистр
	Не рыдай Мене, Мати	314, 318	нет	10.11	Южная стена	Нижний регистр
	Моление Богоматери	314, 320, 321	нет	10.12	Южная стена	Нижний регистр
	Приуготовление Богоматери к Успе- нию	314, 320	нет	10.13	Южная стена	Нижний регистр
	Собор апостолов (фрагмент)	315, 321	нет	10.14	Южная стена	Нижний регистр
	Успение Пресвятой Богородицы	288	нет	6	Восточная подпружная арка	Люнета
Хымстопогиче-	Благословение младенца или обре- зание	306	нет	12.8	Северная стена	Нижний регистр
жетологиче- ский цикл	Сретение	306	нет	12.9	Северная стена	Нижний регистр
	Бегство в Египет	306	нет	12.10	Северная стена	Нижний регистр

Название композиции	Источник 1 (ссылка на книгу) 328	Исте	№ картограм- мы	Архитектурный элемент	Архитектурный элемент Вырхний регистр
	328	нет	11.2	Западная стена	Берхнии регистр
	328	нет	11.3	Западная стена	Берхний регистр
Пророк Иоанн Предтеча		нет	11.4	Западная стена	Верхний регистр
	326	нет	11.8	Западная стена	Центральный ре-
	326, 327	нет	11.9	Западная стена	Центральный ре- гистр
_	327, 330	нет	11.10	Западная стена	Центральный ре- гистр
	330	нет	11.11	Западная стена	Центральный ре- гистр
	332	нет	11.14	Западная стена	Центральный ре- гистр
	332	нет	11.15	Западная стена	Центральный ре- гистр
	328	нет	11.16	Западная стена	Центральный ре- гистр
	333	нет	11.17	Западная стена	Центральный ре- гистр
	331	нет	11.18	Западная стена	Центральный ре- гистр
	335	нет	нет	Северо-западный столп	Западная грань
	334	нет	нет	Юго-западный столп	Западная грань
	274	нет	нет	Северо-западный столп	Северная грань
	272	нет	нет	Северо-западный столп	Восточная грань
	273	нет	нет	Северо-западный столп	Восточная грань
	270	нет	13.6	Северо-западный столп	Южная грань
	271	нет	13.7	Северо-западный столп	Южная грань
7	268-269, 266-267	нет	нет	Северо-западный столп	Западная грань
	276	нет	13.1	Юго-западный столп	Северная грань
	277	нет	13.2	Юго-западный столп	Северная грань
	278	нет	нет	Юго-западный столп	Восточная грань
	279	нет	нет	Юго-западный столп	Восточная грань
	279	нет	нет	Юго-западный столп	Южная грань
	275	нет	нет	Юго-западный столп	Западная грань

Тема	Название композиции	Источник 1 (ссылка $M_{\rm CTOЧ} = 10^{-1}  {\rm M}_{\odot} = 10^{-1}  {\rm M}_{\odot}$ на книгу)	Источник 2*	№ картограм- мы	Архитектурный элемент	Архитектурный элемент
	Святитель Леонтий, епископ Ростов- ский	281	нет	нет	Северо-восточный столп	Северная грань
	Святитель Иона, митрополит Мо- сковский	281	4927	нет	Северо-восточный столп	Северная грань
	Святитель Петр Александрийский	282	4681, 4690, 137009	нет	Северо-восточный столп	Восточная грань
	Святитель Алексий, митрополит Московский	282	1370010	нет	Северо-восточный столп	Восточная грань
	Святитель Кирилл Александрийский	280	330, 593	нет	Северо-восточный столп	Южная грань
	Святой Аверкий Иерапольский	283, 280	330, 593	нет	Северо-восточный столп	Южная грань
	Святитель Афанасий Александрий- ский	280, 301	4494, 4815, 4816	16.6	Юго-восточный столп	Северная грань
	Святитель Николай Чудотворец	280, 301	1370013	16.7	Юго-восточный столп	Северная грань
Столпы алтаря	Стоппы алтаря Святитель Игнатий, епископ Ростовский	нет	4513, 4825	16.3	Юго-восточный столп	Восточная грань
	Преподобный Иван Лествичник	284	5053	16.4	Юго-восточный столп	Восточная грань
	Апостолы от семидисяти	нет	из презента- ции	16.5	Юго-восточный столп	Восточная грань
	Святитель Исаия, епископ Ростов- ский	284	4583, 4831	16.1	Юго-восточный столп	Южная грань
	Святитель Григорий Декаполит	285	6909	16.2	Юго-восточный столп	Южная грань
	Святитель Климент Римский	305	4627, 4644, 4492, 4493, 1370012	14.8	Жертвенник	Простенок между жертвенником и алтарём
	Святитель Пётр, митрополит Ростов- ский	304	1370012	14.9	Жертвенник	Простенок между жертвенником и алтарём
	Никита Переяславский	нет	нет	11.13	Западная стена	Правое окно
	Алипий столпник	нет	нет	11.12	Западная стена	Правое окно
	Даниил столпник	326	нет	11.6	Западная стена	Левое окно
Простенки	Симеон столпник	326	нет	11.7	Западная стена	Левое окно
ОКОН	Преподобный Сергий Радонежский	нет	нет	нет	нет	
	Преподобный Никон Радонежский	нет	нет	нет	нет	
	Преподобные Дмитрий и Вениамин Прилуцкие (По Айналову)	нет	нет	нет	нет	

ент Архитектурный элемент	Конха	Барабан	Центр	Арка	Арка	Конха	Верхний регистр	Северная стена	Восточная стена	Северная стена	Южная стена	Южная стена	Южная стена	Южная стена	ый свод Восточный склон	Восточная стена	pyc	yc	22	oyc	бовый Люнета	ый свод	Нижний регистр	Нижний пегистр
Архитектурный элемент	Алтарь	Алтарь	Алтарь	Алтарь	Алтарь	Жертвенник	Жертвенник	Жертвенник	Жертвенник	Жертвенник	Жертвенник	Дьяконник	Дьяконник	Дьяконник	Юго-восточный коробовый свод	Дьяконник	Северо-восточный парус	Юго-восточный парус	Юго-западный парус	Северо-западный парус	Северо-восточный коробовый свод	Юго-восточный коробовый свод	Южная стена	Зопесинова
№ картограм- мы	нет	нет	нет	нет	нет	14.2	14.4	14.1	14.6	14.5	14.7	15.2	15.3	15.4	15.6	15.8	6.1	6.2	6.4	6.3	14.10	15.5	10.15	11 10 11 20
Источник 2*	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	4361	4546	нет	E 0 **
$M$ сточник 1 (ссылка $M$ сточник $2^*$ $N^{\underline{o}}$ картограмна на книгу)	286-287	286-287, 289, 290-291, 292-293	288	286	286	294-295	294, 297	294, 296	294	294, 298	294, 299	301	301	нет	нет	301, 302, 303	244-245	244-245	244-245	244-245	нет	нет	314, 315	
Название композиции	«Великий вход»	Поклонение жертве	Ветхий деньми	Престолы (Троны)	Силы небесные (Шестикрылый херувим)	Богоматерь Знамение	Высшая небес	Преломление хлеба	Агнец Божий	Семь архидиаконов	Иоанн Предтеча Ангел пустыни	Отрыгну сердце мое слово благо	Иоанн Креститель	Давид Пророк	Деисус	Древо Иесеево	Евангелист Матфей	Евангелист Марк	Евангелист Лука	Евангелист Иоанн с Прохором	Херувим	Серафим	Начало летописи храма	
Тема								Алтарь											Евангелисты					

Примечание:  $^*$ личный архив фотографий реставратора высшей категории ФГУП (Межобластное научно-реставрационное художественное управление) Косушкина В.Ф.

# ТАБЛИЦА 2

изучение и сохранение

# Перечень картограмм

No	Номер листа	Название листа
		Храмовая часть
1	1a	Схема-картограмма живописи барабана до реставрации
2	16	Барабан в процессе реставрации
3	2a	Барабан до реставрации
4	26	Барабан в процессе реставрации
5	3a	Северо-западное и северное окна до реставрации
6	36	Северо-западное и северное окна в процессе реставрации
7	4a	Северо-восточное, восточное, юго-восточное окна до реставрации
8	46	Северо-восточное, восточное, юго-восточное окна в процессе реставрации
9	5a	Южное и юго-западное и западное окна до реставрации
10	56	Южное и юго-западное и западное окна в процессе реставрации
11	6a	Паруса до реставрации
12	66	Паруса в процессе реставрации
13	7a	Восточный, западный, северный и южный своды до реставрации
14	76	Восточный, западный, северный и южный своды в процессе реставрации
15	8a	Южная и северная подпружная арки и западный свод до реставрации
16	86	Южная и северная подпружная арки и западный свод в процессе реставрации
17	9a	Успение алтарь до реставрации
18	96	Успение алтарь в процессе реставрации
19	10a	Южная стена до реставрации
20	106	Южная стена в процессе реставрации
21	11a	Западная стена до реставрации
22	116	Западная стена в процессе реставрации
23	12a	Северная стена до реставрации
24	126	Северная стена в процессе реставрации
25	13a	Южная грань северо-западного столба и северная грань юго-западного столба до реставрации
26	136	Южная грань северо-западного столба и северная грань юго-западного столба в процессе реставрации
27	14a	Жертвенник до реставрации
28	146	Жертвенник в процессе реставрации
29	15a	Дьяконник до реставрации
30	156	Дьяконник в процессе реставрации
31	16a	Алтарный южный столп до реставрации
32	166	Алтарный южный столп в процессе реставрации
		Трапезная
1	1a	Свод трапезной до реставрации
2	16	Свод трапезной в процессе реставрации
3	1в	Свод трапезной после реставрации
4	2a	Восточная стена трапезной до реставрации
5	26	Восточная стена трапезной в процессе реставрации
6	2в	Восточная стена трапезной после реставрации
7	3a	Южная стена трапезной до реставрации
8	36	Южная стена трапезной в процессе реставрации
9	3в	Южная стена трапезной после реставрации
10	4a	Западная стена трапезной до реставрации
11	46	Западная стена трапезной в процессе реставрации
12	4в	Западная стена трапезной после реставрации
13	5a	Северная стена трапезной до реставрации
14	56	Северная стена трапезной в процессе реставрации
15	5в	Северная стена трапезной после реставрации



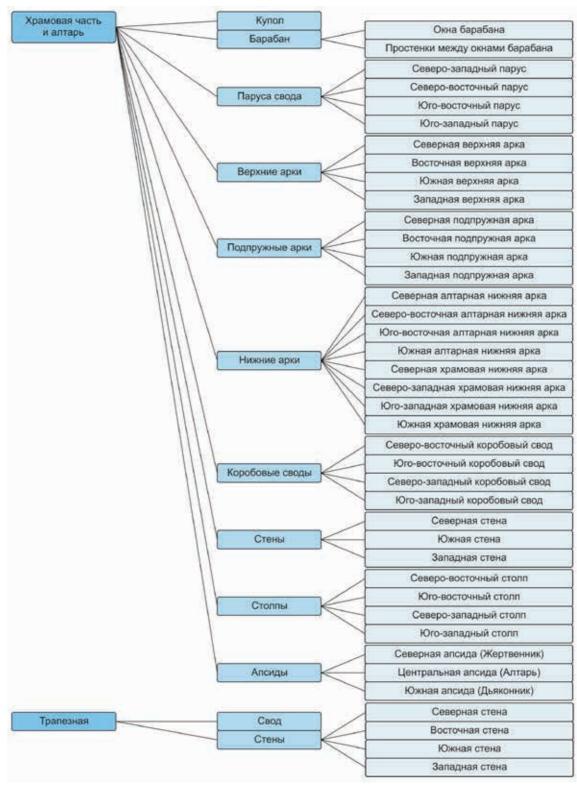
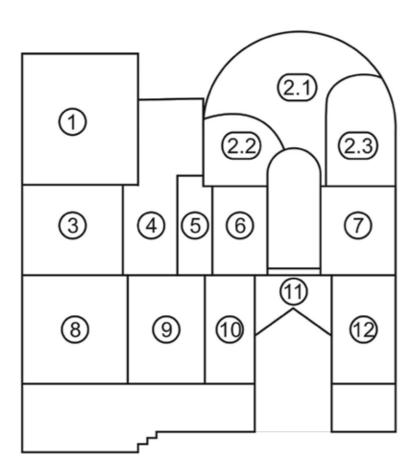


Рис. 1. Перечень внутренних поверхностей Успенского собора



изучение и сохранение

Рис. 2. Схема росписей северной стены Успенского собора:

- 1. Земные труды наших прародителей;
- 2. Рождество Богоматери;
  - 2.1. Рождество;
  - 2.2. Омовение младенца;
  - 2.3. Ласкание родителями младенца Марии;
- 3. Отвержение даров Иокима;
- 4. Моление о чадородии;
- 5. Встреча у Золотых ворот;
- 6. Анна со служанкой;
- 7. Благословение девы Марии иереем;
- 8. Благословение младенца или обрезание;
- 9. Сретение;
- 10. Бегство в Египет;
- 11. Спас Нерукотворный;
- 12. Преполовение.

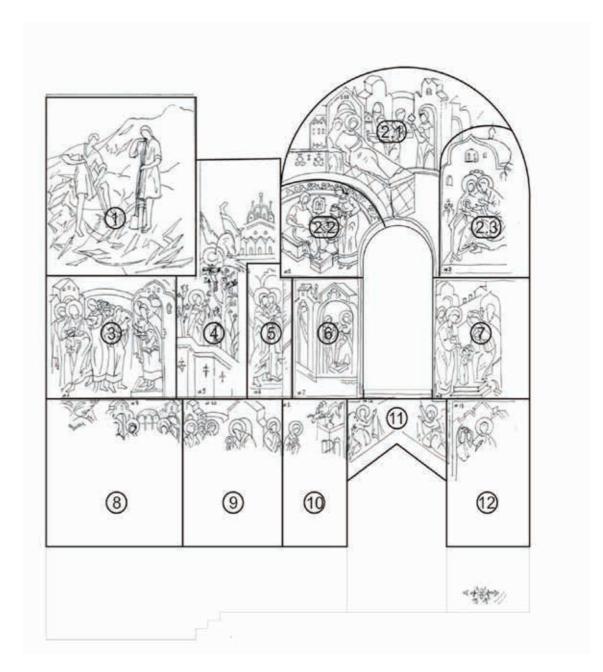
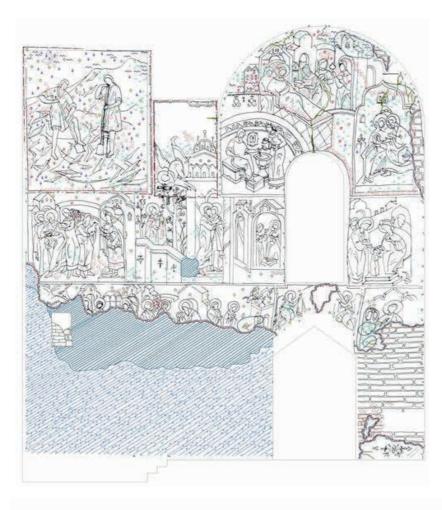
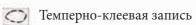


Рис. 3. Сюжеты северной стены Успенского собора







Поверхностные загрязнения

Отставание штукатурки от кладки (однослойное)

Трещины в культурном слое

Утраты штукатурки (левкаса) на местах левкасных гвоздей

Утраты штукатурки с обнажением кладки из белого камня





Стекловидные высолы (ямчуга)

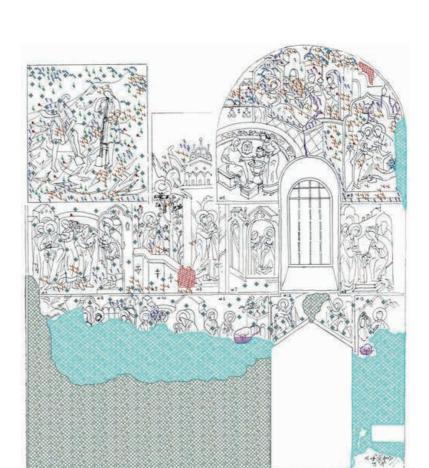
Деструктированный верхний слой штукатурки

Распыление красочного слоя

Шелушение красочного слоя

Рис. 4. Состояние фресок северной стены до реставрации

- 166



Укрепление красочного слоя

Укрепление штукатурного слоя (шат и вздутие)

Заделка трещин штукатурного слоя

Укреплённый красочный слой (распыление)

Укреплённые участки деструктированной штукатурки

Трещины кладки, заполненные раствором

Заштукатуренные места левкасных гвоздей

Удалённые вставки цементной штукатурки заменены новой известковой штукатуркой и левкасом белым известковым

Штукатурный слой, прикрытый известковым левкасом

Удалённые пушистые высолы

Удалённые поверхностные загрязнения

Укреплённый шелушащийся красочный слой



\_\_\_\_\_



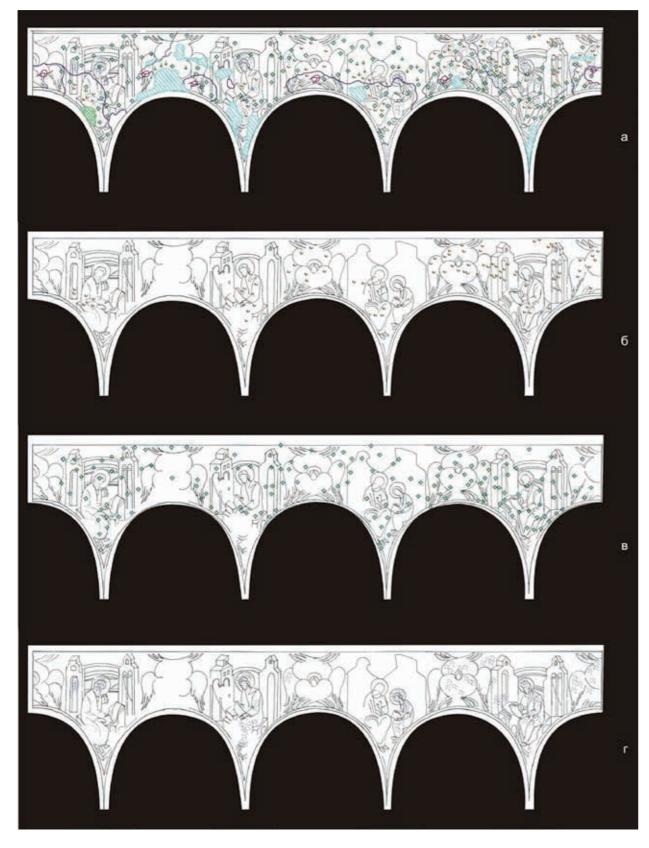


Рис. 6. Пример картограмм состояния парусов свода до реставрации: а – все условные обозначения состояния росписей до реставрации; б - шелушение красочного слоя; в - утраты штукатурки (левкаса) на местах левкасных гвоздей; г - распыление красочного слоя

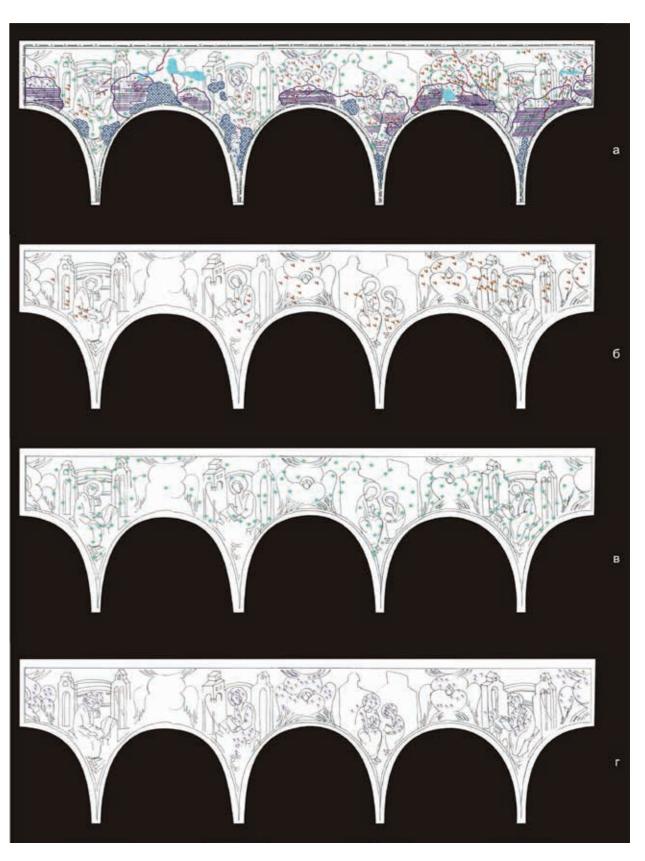


Рис. 7. Пример картограмм состояния парусов свода во время реставрации: а - все условные обозначения состояния росписей во время реставрации; б - укрепление шелушащегося красочного слоя; в оштукатуривание мест левкасных гвоздей; г - укрепление красочного слоя

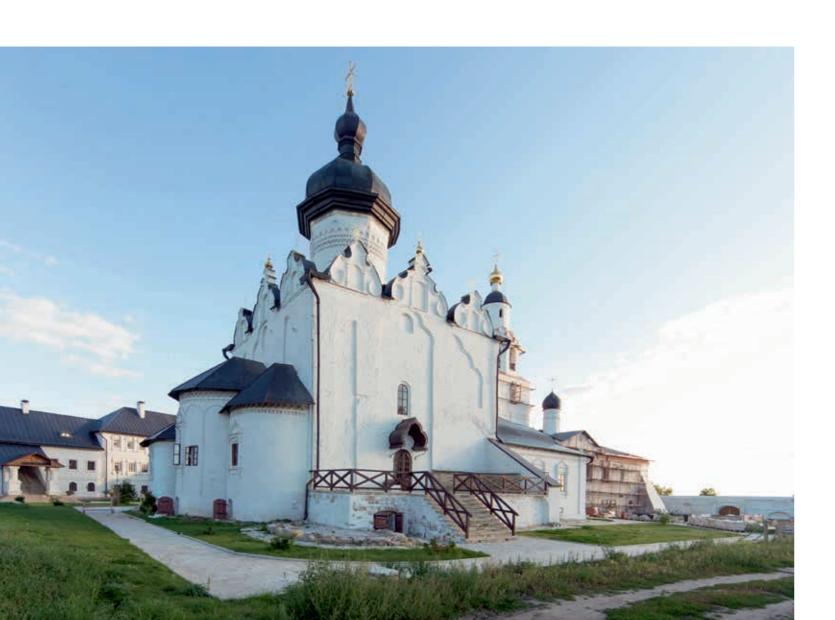
\_\_\_\_\_ 168 — 169

Литература

- 1. Айналов В.Д. Фресковая роспись храма Успенья Богородицы в Свияжском мужском Богородицком монастыре. Древности // Труды Московского Археологического Общества, 1906. - Т. 21. - Вып. І.
- 2. Косушкин В.Ф. Проблемы реставрации фресок Успенского собора Свияжского Богородицкого Успенского монастыря // Историко-культурное наследие Свияжска: сборник материалов Международной научно-практической конференции «Историкокультурное и духовное наследие острова-града Свияжск». - Казань: Центр инновационных технологий, 2015. - С. 109-128.

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

- 3. Крылов А.К., Крылова О.Ю. Итоги работ по копированию и картограммированию фресок XVI в. церкви Св. Троицы в селе Большие Вяземы // Троицкие чтения 1997. Сборник научных исследований по материалам конференции. - Большие Вяземы, 1998. - C. 22-33.
- 4. Куприянов В.Н. Свияжск / Куприянов В.Н., Копсова Т.П., Агишева И.Н. Казань: КГАСУ, 2005. - 414 с.



# 2.7 МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Р.И. Тухбатова

#### Резюме

Геохимическая деятельность микроорганизмов, развивающихся на стенах памятников архитектуры, приводит к биоповреждению материалов, которое выражается как в изменении цвета, так и в снижении прочности материала, осыпанию отдельных участков известняка, штукатурного слоя, разрушению кирпича, вспучиванию покрасочного слоя. Чем выше физиологическая активность микроорганизмов, тем интенсивнее идут процессы разрушения, вызванные продуктами клеточного метаболизма бактерий, микроскопических грибов, микроводорослей (Lyalikova N.N., Petushkova Y.P., 1991, 91-101; Urzi C., Krumbein W.E., 1994). Одним из важнейших объектов для сохранения от биодеградации в Республике Татарстан является Свияжский Богородице-Успенский мужской монастырь. В данной работе были предприняты попытки выделить и идентифицировать гетеротрофные микроорганизмы, вызывающие разрушения фресок и настенных росписей в Успенском соборе острова-града Свияжска.

#### Summary

The geochemical activity of microorganisms spreading across the walls of architectural monuments causes biological damaging of materials resulting in colour changes and reduction of material strength, powdering of the individual sections of limestone and plaster layers, shattering of bricks and swelling of the painting layer. The higher the physiological activity of microorganisms, the more intensive are the destructive process caused by products of cellular metabolism of bacteria, microfungi, and microalgae (Lyalikova N.N., Petushkova Y.P., 1991, 91-101; Urzi C., Krumbein W.E., 1994). One of the most significant sites requiring protection from biological degradation in the Republic of Tatarstan is the Sviyazhsk Dormition Monastery of the Mother of God. Researchers attempted to determine and identify the heterotrophic microorganisms causing the destruction of fresco and wall paintings in the Assumption Cathedral in the Island Town of Sviyazhsk

Около 60% объектов культурного насле- которые содержат широкий спектр оргадия в мире разрушается в результате дей- нических и неорганических субстратов, ствия биологических агентов. Субвоздуш- тем самым обеспечивая различные эколоная среда церквей и храмов представляет гические ниши с большим разнообразием собой полузакрытые экосистемы, в кото- микробов. В частности, настенные роспирых микробные сообщества заключены в си содержат пигменты, разведенные в воде мезокосмы, частично изолированные от или масле, часто в смеси с казеином или внешней среды и относительно стабиль- молоком в качестве связующего материаные, в сравнении с местами на открытом ла в известковой штукатурке. Кроме того, воздухе (Blaiotta G, Pepe O, Mauriello G, Vil- спектр доступных субстратов расширяlani F, Andolfi R, Moschetti G., 2002, 25:520-7; Gorbushina AA, Heyrman J, Dornieden T, алов при реконструкции и реставрации GonzalesDelvalleM, Krumbein WE, Laiz L, 2004, 53:13-24). Гетеротрофные микроорганизмы, такие как бактерии и плесени, видов зависит от многих факторов, таких

ется при использовании новых матери-(Ciferri O., 1999, 65:879–85).

Деятельность грибных и бактериальных растут на поверхности картин и фресок, как относительная влажность окружаю(Valentı'n N., 2003). Таким образом, эко- S., 2002, 4:392-400). логические условия могут способствовать 65:879-85).

коррозию строительного материала, вырабатывая кислоты (Tomaselli L., 2003; AK, 1995, 167:255-71). Karpovich-Tate N., Rebrikova N.L., 1991, также были исследованы на способность производить органические кислоты, коповерхности (Tomaselli L., 2003; Urzı C., 1998, 7:13-32; Perito B, Mastromei G., 2003, нических субстратах, содержащих следы органических соединений, которые оседают на поверхности. Гетеротрофные бакся наиболее частыми видами, выделяемыми из настенных росписей (Ciferri O., 1999, L., 2000, 46:319-26). 65:879-85; Bassi M., Ferrari A., Realini M., и идентификации бактерий из фресок, а

щей среды, колебания температуры и све- М, Urzı C, 2000, 21-38; Saiz-Jimenez C., Laiz та, характера питательных веществ и их L., 2000, 46:319-26; Schabereiter-Gutner C., влажности, физических свойств поверх- Pinar Dietmaret Vybiral G., Lubitz W., Rolleke ности объекта, рН, концентрации кисло- S., 2001, 176:347-54; Schabereiter-Gutner C., рода и углекислого газа в атмосфере и др. Pinar Dietmaret Vybiral G., Lubitz W., Rolleke

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Деградирующая активность грибов на образованию особой микрофлоры на фре- строительных материалах хорошо изуческах и усугубить повреждения, вызван- на и доказана. Показано, что большинство ные физико-химическими факторами и таксонов, изолированных с поверхности естественным старением (Ciferri O., 1999, настенных росписей, являются почвенными обитателями (Ciferri O., 1999, 65:879-Первыми колонизаторами поверхно- 85; Jeffries P., 1986, 22:11-3; Sorlini C, Sacchi сти являются хемолитотрофные бакте- М, Ferrari A., 1987, 23:167-79; Bravery AF., рии, которые вызывают биологическую 1988, 466-85; Sampo S., LuppiMosca A., 1989, 25:343-53; Garg KL, Kamal KJ, Mishra

Специфические метаболические актив-27:281-96). Хемоорганотрофные бактерии ности были использованы для разработки новых методов биоремедиации на основе микробных клеток и их ферментов для удаторые солюбилизировали минеральные ления органики или образований кальция компоненты фресок и влияли на цвет с поверхности (Ranalli G., Alfano G., Belli C., Lustrato G., Colombini MP, Bonaduce I., 2005; Cristo G., Pernice A., 1991, 9:81-90; Tiano P., 98:73-83; Beutel S., Klein K., Knobbe G., Konigfeld.P, Petersen K., Ulber R., 2002, 80:13-21; An-30:113-4). Обычно их находят на неорга- tonioli P., Zapparoli G., Abbruscato P., Sorlini C., Ranalli G., Rigetti P.G., 2005,5:2453-9; Castanier S, Le Metayer-Levrel G, Perthuisot J-P., 1999, 126:9-23; Fernandes F., 2006, 73:291-6). Более терии включают в себя различные роды, того, биоремедиация объектов искусства такие как Alcaligenes, Arthrobacter, Bacillus, основывается на использовании сульфатре-Paenibacillus, Flavobacterium, Pseudomonas, дуцирующих бактерий, которые переводят Micrococcus, Staphylococcus, Nocardia, сульфаты в сероводород, и нитратредуциру-Mycobacterium и Sarcina, которые являют- ющих бактерий, которые переводят нитраты в азот и оксид азота (Saiz-Jimenez C., Laiz

Одним из важнейших объектов для со-Sorlini C., 1986, 22:201-5). Использование хранения от биодеградации в Республимногофазного подхода для обнаружения ке Татарстан является Свияжский Богородице-Успенский мужской монастырь. также для изучения микробных сооб- В Успенском соборе монастыря было обнаществ позволил выявить несколько новых ружено множество признаков разрушения родов, ранее не обнаруживаемых класси- фресок и камня, скорее всего, вызванных ческими методами. Это еще раз указывает микроорганизмами. Таким образом, целью на широкое биоразнообразие, населяющее данного исследования стало определение, настенные росписи (Rolleke S., Gutner C., выделение и идентификация гетеротроф-Pinar G., Lubitz W., 2000, 39-48; Daffonchio ных микроорганизмов, вызывающих раз-D, Borin S, Zanardini E, Abbruscato P, Realini рушения фресок и настенных росписей в

- 172

Успенском соборе острова-града Свияжск. KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> - 3.0 г, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 1.0 г, глицерин

характерных повреждений в виде окра- стерилизации. шенных пятен, порошковидного или пласреды дополнительно были отобраны пробы воздуха на каждом ярусе Успенского собора. После отбора пробы не хранились, подвергались немедленному анализу.

Культивирование для выращивания микроорганизмов проводили на жидких и твердых питательных средах. Предварительно из отобранных проб готовили разведения 1:10 в стерильной воде. Далее было описано у Blaiotta et al. (2002); осуществляли посев: вносили по 100 мкл суспензии на твердые питательные среды, GAA CCT GCG C-3') и rITS (5'-TCC TCC по 5 мл - в 45 мл жидкой среды в колбах GCT TAT TGA TAT GC-3') для амплифипо 100 мл. Далее инкубировали от 7 до 30 дней при температуре 28С и влажности 50% в ростовой камере. Для культивирования были использованы следующие среды: геле. Очистку продуктов амплификации

- мясо-пептонный агар (для бактерий) (состав г/л): мясной бульон - 1000 мл, пептон мераз, солей и т.п. проводили при помо-- 1 г, хлорид натрия - 0.5 г, агар-агар - 20 г;
- солодовый агар (для грибов) (состав г/л): солодовый экстракт - 17 г, пептон - 3 г, агар-агар - 20 г;
- сахароза 30 г, NaNO<sub>2</sub> 2 г, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 г, Идентификацию сиквенсов проводили  $MgSO_4x7H_2O - 0.5 \text{ r}, FeSO_4 - 0.01 \text{ r}, KCl - 0.5$ г, агар-агар – 20 г.
- CaCl<sub>2</sub> 0.1 г, агар-агар 20 г.

собирали стерильным шпателем с твердой среды и помещали в жидкую среду Чапека с 30% глицерином для долгосрочного микроорганизмов оценивали путем вырахранения при температуре -20°C. Коло- щивания культур на твердой среде Чапении штаммов для рабочего музея храни- ка без сахарозы с добавлением глицерина ли в среде SSM при температуре -4°C. Со- 2 мл/л и 0.1% карбоксиметилцеллюлозы став среды SSM (г/л):  $K_2HPO_4xH_2O - 7.6$  г, (состав среды (г/л):  $NaNO_2 - 2$ ;  $KH_2PO_4 - 1$ ;

В ходе визуального обследования были – 2 мл, агар-агар – 7 г. Отдельно готовили определены места взятия проб на участках раствор MgSO, 20 г/л, добавляли после

На первом этапе была проведена морстинчатого разрушения камня, изменения фологическая идентификация колоний, окраски, наростов (рис. 1). Все образцы выращенных на твердых питательных сребыли отобраны в стерильные чашки Петри. дах, с использованием прямого светово-Отбор проб проводился в перчатках с ис- го микроскопа Primo Star (Carl Zeiss). На пользованием стерильных инструментов. втором этапе из колоний, отличавшихся Для оценки обсемененности окружающей по морфологии, была выделена тотальная ДНК с помощью набора Qiagen Investigator (Qiagen, Германия) и была проведена амплификация с следующими синтетическими олигонуклеотидными праймерами:

- для бактерий fD1 (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3') и rD1 (5'-AAG GAG GTG ATC CAG CC-3') для амплификации 16S рДНК. ПЦР-смесь готовили, как ранее
- для грибов fITS (5'-TCC GTA GGT кации 18S рДНК.

Качество выделенной ДНК анализировали электрофорезом в 1.5% - агарозном от примесей, остатков праймеров, полищи коммерческого набора QIAquick PCR Purification Kit для получения высоких конечных концентраций ДНК (Qiagen, Германия). После очистки ПЦР-продукты с - среда Чапека (для грибов) (состав г/л): соответствующими наборами праймеров. с помощью программы Blast [http://blast. ncbi.nlm.nih.gov/], а более точное опреде-- среда 1018 (для галотолерантных бак- ление осуществляли в специализировантерий) (состав г/л): дрожжевой экстракт - ных системах TrichoBlast (http://www.isth. 5 г, NaCl - 150 г, MgCl<sub>2</sub> - 20 г, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 0.5 г, info/tools/blast/) для представителей рода Trichoderma и Fusarium-ID (http://isolate. Колонии выделенных микроорганизмов fusariumdb.org/index.php) для представителей рода Fusarium.

Способность к деградации целлюлозы у



глицерин - 2; карбоксиметилцеллюлоза – 1). После культивирования в течении 4 суток при температуре 28°С поверхность р. чашки заливали 0.1% раствором конго р. красного на 15 мин, затем краситель сливар. ли и наливали 1М раствор хлорида натрия р. бирали по наибольшему значению соотдиаметру колонии.

агаре с добавлением 0.5% молока при 28°C фильных бактерий. (состав среды  $(г/\pi)$ : агар-агар – 20, молоко – 150 мл). Наиболее активный штамм отбирают по наибольшему значению соотношения диаметра зоны просветления к доросли из семейства Chlorophyceae, также диаметру колонии.

Липазную активность оценивали путем среды (г/л): агар-агар – 20, Tween 80 – 20). Наиболее активный штамм отбирают по наличию белых кристаллов на колонии.

По результатам исследования установлено, что гетеротрофные бактерии преобладали практически во всех образцах. Их концентрация составляла 2.8-23.8\*10<sup>5</sup> КОЕ/мл. На втором ярусе было обнаружено большое ферментативной активности (рис. 5). количество актиномицет ( $13.8*10^5$  КОЕ/мл). Общее количество грибов на стенах варьировало от 20 до 80\*103 КОЕ/мл (рис. 2, 3).

В целом, количество микроорганизмов отличалось от яруса к ярусу, наибольшая численность отмечена на 1 ярусе. Скорее всего, это связано с проведением реставрационных работ и передвижением большого количества людей.

ружены в 77% исследованных образцов (рис. 4). В большинстве случаев это было сок или отслоением краски.

3 – из Staphylococcus, 2 – из Paenibacillus, 2 разработка программы защиты.

MgSO, \*7H<sub>2</sub>O – 0.5; FeSO4 – 0,01; KCl – 0.5; – из Brevundimonas и 1 – из Brevibacterium. Также в большинстве образцов были выявлены бактерии р. Pseudomonas, Arthrobacter, Streptomyces, Halococcus, Micrococcus, p. Halobacterium, p. Natronorubrum, Halobacillus, p. Planococcus, на 10 мин. Наиболее активный штамм от- р. Marinococcus, р. Planomicrobium и др. они вызывают розовую и темно-коричненошения диаметра зоны просветления к вую окраску фресок и стен. В литературе известно о похожих случаях в центральной Протеазную активность оценивали пу- и южной Европе - розовый цвет, в основтем выращивания культур на голодном ном, обусловлен развитием архей и гало-

> Результаты исследований также были подтверждены электронной микроскопией. В ходе микроскопии были выявлены воответственные за бурую окраску стен.

Как известно, в состав красок, которывыращивания культур на голодном агаре с ми выполняются фрески, часто входят ордобавлением 2% Tween 80 при 28°C (состав ганические вещества, такие как белки или жиры и др., которые могут быть дополнительным субстратом для роста и развития микроорганизмов.

Выделенные штаммы мы проверили на способность к расщеплению белков и жиров. Прозрачная зона вокруг колонии микроорганизма свидетельствует о высокой

Дополнительно нами был проведен микробиологический анализ воздуха в Успенском соборе. Результаты показали содержание высокого количества микроскопических грибов, относящихся к родам Penicillium, Aspergillus, Chaetomium, Cladosporium, Alternaria и др. (рис. 2, 3). При благоприятных условиях они могут принимать активное участие в разрушении фресок и Гетеротрофные бактерии были обна- строительных материалов. Кроме того, они способны вызывать аллергию и микозы.

Таким образом, в результате микробиосвязано с изменением окраски стен и фре- логического анализа определены основные микроорганизмы, ответственные за биопо-В общей сложности было идентифи- вреждения стен и фресок Успенского собоцировано 50 различных бактериальных ра. Далее необходимо проведение анализа штаммов. 42 штамма были из рода Bacillus, микроклиматического состояния собора и





Рис. 1. Наиболее распространенные повреждения стен и фресок в Успенском соборе (коричневое и розовое окрашивание).

- 174



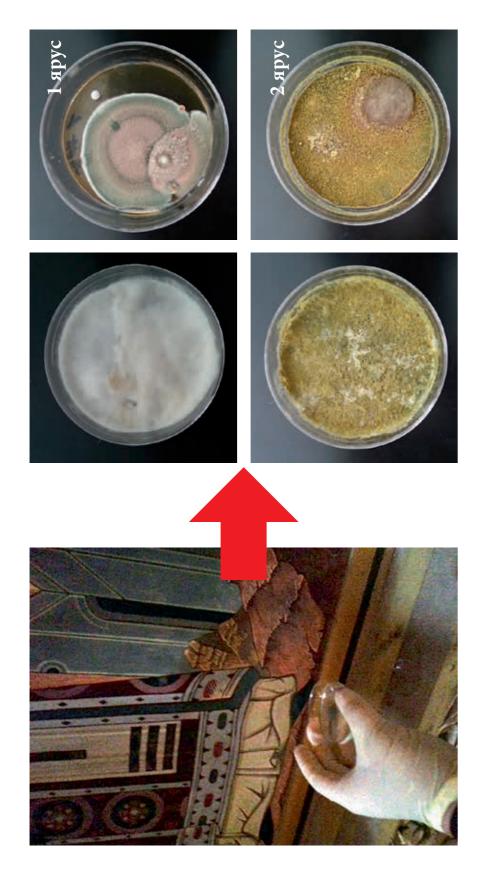


Рис. 2. Внешний вид колоний микроскопических грибов, выделенных в ходе микробиологического анализа образцов из Успенского собора (1 и 2 ярусы).

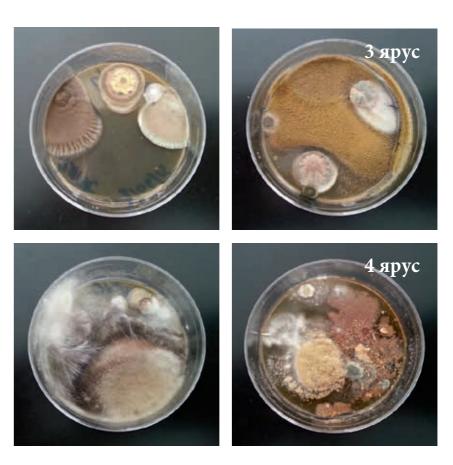


Рис. 3. Внешний вид колоний микроскопических грибов, выделенных в ходе микробиологического анализа образцов из Успенского собора (3 и 4 ярусы).



Рис. 4. Рост колоний некоторых гетеротрофных бактерий на средах МПА и 1018.

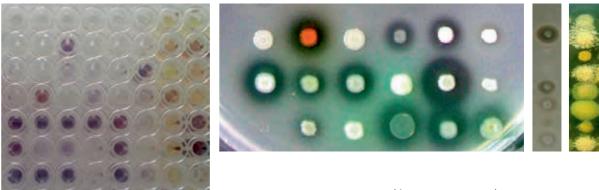


Рис. 5. Биохимическая (ферментативная) активность выделенных штаммов гетеротрофных бактерий.

\_\_\_\_\_ 177 \_\_\_\_\_\_ 176 —



# Литература

- 1. Lyalikova N.N., Petushkova Y.P. 1991. Role of Microorganisms in the Weathering of Minerals in Building Stone of Historical Buildings // Geomicrobiol. J. 9. 91-101.
- 2. Urzi C., Krumbein W.E. 1994. Microbial Impacts on the Cultural Heritage // Durability and Change. The Science, Responsibility, and Cost of Sustaining Cultural Heritage/Eds. W.E. Krumbein et al.

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

- 3. Blaiotta G, Pepe O, Mauriello G, Villani F, Andolfi R, Moschetti G. 16S–23S rDNA intergenic spacer region polymorphism of Lactococcus garvieae, Lactococcus raffinolactis and Lactococcus lactis as revealed by PCR and nucleotide sequence analysis. Syst. Appl. Microbiol. 2002;25:520–7.
- 4. Gorbushina AA, Heyrman J, Dornieden T, GonzalesDelvalleM, Krumbein WE, Laiz L, et al. Bacterial andfungal diversity and biodeterioration problems inmural painting environments of St. Martins church (Greene-Kreisen, Germany). Int. Biodeterior. Biodegrad. 2004;53:13–24.
- 5. Ciferri O. Microbial degradation of painting. Appl.Environ. Microbiol. 1999;65:879-85.
- 6. Valentı'n N. Microbial contamination and insect infestationin organic materials. COALITION: a concertedaction from the European Commission (EVK4-CT-1999-2001) on molecular microbiology as an innovative conservation strategy for indoor and outdoor cultural assets Newsletters 6, 2–5, 2003. Online at /http://www.geomic.uni-oldenburg.de/projekte/coalition/S.
- 7. Tomaselli L. Biodeterioration process on inorganic substrata. COALITION: a conserted action from the European Comission (EVK4-CT-1999-2001) on molecular microbiology as an innovative conservation strategy for indoor and outdoor cultural assets Newsletters 6, 5-9, 2003. online at http://www.geomic.uni-oldenburg.de/projecte/coalition/.
- 8. Karpovich-Tate N., Rebrikova N.L. Microbial communities on damaged frescos and building materials in the Cathedral of the Nativity of the Virgin in the Pafnutii-Borovskii Monastery, Russia. Int. Biodeterior. Biodegrad. 1991; 27:281-96.
- 9. Urzı C., Cristo G., Pernice A. Adhesion to and degradation of marble by a Micrococcus strains isolated from it. Geomicrobiol. J. 1991;9:81-90.
- 10. Tiano P. Biodeterioration of monumental rocks: decay mechanisms and control methods. Sci. Technol. Cult. Heritage. 1998;7:13-32.
- 11. Perito B, Mastromei G. Conservation of monumental stones by bacterial biomineralization. Microbiol. Today 2003;30:113–4.
- 12. Bassi M., Ferrari A., Realini M., Sorlini C. Red stains on the Certosa of Pavia a case of biodeterioration. Int. Biodeterior. Biodegr. 1986;22:201–5.
- 13. Rolleke S., Gutner C., Pinar G., Lubitz W. Molecular approaches for assessment of microbial deterioration of objects of art. In: Ciferri O., Tiano P., Mastromei G., editors. Of Microbes and Art. The role of Microbial Communities in the Degradation and Protection of Cultural Heritage. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers; 2000. p. 39-48.
- 14. Daffonchio D, Borin S, Zanardini E, Abbruscato P, Realini M, Urzı'C, et al. Molecular tools applied to the study of deteriorated artworks. In: Ciferri O, Tiano P, Mastromei G, editors. Of Microbes and Art. The Role of Microbial Communities in the Degradation and

- 178

- Protection of Cultural Heritage. New York: Kluwer academic/Plenum Publishers; 2000. p. 21–38.
- 15. Saiz-Jimenez C., Laiz L. Occurrence of halotolerant/halophilic bacterial communities in deteriorated monuments. Int. Biodeterior. 2000;46:319-26.
- 16. Schabereiter-Gutner C., Pinar Dietmaret Vybiral G., Lubitz W., Rolleke S. Rubrobacter-related bacteria associated with rosy discolouration of mansory and lime wall paintings. Arch. Microbiol. 2001;176:347-54.
- 17. Schabereiter-Gutner C., Pinar Dietmaret Vybiral G., Lubitz W., Rolleke S. Phylogenetic 16S rRNA analysis reveals the presence of complex and partly unknown bacterial communities in Tito Bustilio cave, Spain, and on its Paleolithic paintings. Environ. Microbiol. 2002;4:392-400.
- 18. Jeffries P. Growth of Beauveriaalba on mural paintings in Canterbury Cathedral. Int. Biodeterior. Biodegrad. 1986;22:11–3.
- 19. Sorlini C, Sacchi M, Ferrari A. Microbiological deterioration of Gambara's frescos exposed to open air inBrescia, Italy. Int. Biodeterior. 1987;23:167–79.
- 20. Bravery AF. Biodeterioration of paint -a -state-of-the-artcomment. In: Houghton DR, Smith RN, Eggings HOW, editors. Biodeterioration, vol. 7. New York, NY: Elsevier Applied Science; 1988. p. 466–85.
- 21. Sampo S, LuppiMosca AM. A study of the fungi occurringon 15th century frescos in Florence, Italy. Int.Biodeterior. Biodegrad. 1989;25:343–53.
- 22. Garg KL, Kamal KJ, Mishra AK. Role of fungi in the deterioration of wall paintings. Sci. Total Environ. 1995; 167:255–71.
- 23. Ranalli G, Alfano G, Belli C, Lustrato G, Colombini MP, Bonaduce I, et al. Biotechnology applied to cultural heritage: biorestoration of frescoes using viable bacterial cells and enzymes. *J. Appl. Microbiol.* 2005; 98:73–83.
- 24. Beutel S, Klein K, Knobbe G, Konigfeld P, Petersen K, Ulber R, et al. Controlled enzymatic removal of damaged casein layers on medieval wall paintings. Biotechnol. Bioeng. 2002;80:13–21.
- 25. Antonioli P., Zapparoli G., Abbruscato P., Sorlini C., Ranalli G., Rigetti P.G. Art-loving bugs: the resurrection of Spinello Aretino from Pisa's cemetery. Proteomics 2005;5:2453–9.
- 26. Castanier S, Le Metayer-Levrel G, Perthuisot J-P. Carbonates precipitation and limestone genesis the microbiogeologist point of view. Sediment Geol. 1999;126:9–23.
- 27. Fernandes F. Applied microbiology and biotechnology in the conservation of stone cultural heritage materials. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2006;73:291–6.
- 28. http://www.isth.info/tools/blast/ International Subcommission on Trichoderma and Hypocrea Taxonomy.
- 29. http://isolate.fusariumdb.org/index.php International Commission on Fusarium Taxonomy.

179

\_\_\_\_\_



# 2.8 ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ

И.В. Фомин, В.Б. Дорохов, Н.Ю. Пинтелин, В.А. Поликарпов, П.Ю. Каплан

# Резюме

Комплексное исследование температурно-влажностного режима Успенского собора проведено специалистами лаборатории климата музеев и памятников архитектуры ГосНИИР с участием ведущих реставраторов. Необходимость комплексных исследований температурно-влажностного режима храма была также обусловлена изменением характера использования памятника в связи с его передачей церкви. В результате проведенных исследований определены и осуществлены противоаварийные мероприятия, включая проведение работ по нормализации микроклимата собора.

# Summary

Specialists of the Museum Climate Laboratory of the State Research Institute of Restoration performed comprehensive research of temperature and humidity conditions in the Assumption Cathedral in collaboration with leading restoration experts. The relevance of performing comprehensive research of the Cathedral's temperature and humidity conditions was also accounted for by changes in its utilization nature due to its transformation into a church. Emergency prevention activities determined and conducted as a result of conducted research include the performance of works on normalization of the Cathedral's microclimate.

С целью изучения температурно-влажностного режима Успенского собора были поставлены следующие исследовательские ния материалов памятника; и практические задачи:

- 1. Выявление причин разрушений настенной живописи;
- 2. Разработка предложений по выводу памятника с настенной живописью из аварийного состояния;
- 3. Разработка рекомендаций по оптимизации температурно-влажностного режима (ТВР) памятника с целью обеспечения его сохранности при церковном и использовании.
- 4. Фиксация параметров микроклимата («Начальное состояние») в целях дальнейшего мониторинга динамики состояния памятника в процессе реставрационных вмешательств и его бытования после реставрации.

(ΓΟCT P 56198-2014):

- техническое обследование памятника;
- визуально-экспертная оценка состоя-
- инструментальные исследования температурно-влажностного режима конструкций и воздушной среды Успенского
- проведен анализ влияния внешних условий на микроклимат памятника.

Методика исследований и анализа результатов базировалась на опыте и теоретических разработках (Сизов, 2003; Сизов, 2009; Сизов, 2014; Инженерно-физические методы..., 2014), использованных при сохранении уникальных фресок Дионисия 1502 года в соборе Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря.

Необходимые параметры температурно-влажностного режима конструкций Успенского собора определяли неразруша-Были проведены следующие работы ющими методами при помощи влагомеров BCM и Gann, а также контактного цифро-





0,1°C.

критериям уровня увлажненности: от 0 до 4 - воздушно-сухая зона; от 4 до 7 - зона средней увлажненности; от 7 до 15 - зона высокой степени увлажненности.

зволяет определять влагосодержание слоя материала толщиной до 10-12 сантиметров. Прибор имеет шкалу диапазоном от 30 до 160 единиц, которую можно разделить на следующие три зоны: 30 - 100 единиц соответствует сухому материалу; 100-120 соответствует среднеувлажненно- протяжении периода исследования в му материал; и 120-160 соответствует пе- 2008 г. от +13 до +3°C (рис. 1) (ГОСТ Р реувлажненному материалу.

влагомеров позволяют оценить степень увлажнения лишь поверхностного слоя стены, максимальная толщина которого не превышает 12-13 см. (влагомер Gann). Общая же толщина стен памятников моно изменения влагосодержания, фиксируемые прямыми замерами, отражают лишь изменения в поверхностном слое, доступном для измерения. Так, уменьшение вламогут быть интерпретированы двояко:

- стены (высыхание материала);
- конструкций.

Исследование воздушного режима па- воздухообмен в помещении.

вого термометра ТК 5-09 с ценой деления мятника осуществлялось при помощи накопительных датчиков (логгеров) герман-Российский влагомер ВСМ измеряет ской фирмы "Testo" Testo 175-H2. Логгеры влагосодержание поверхностного слоя ма- проводят измерения каждые шесть часов, териала толщиной не более 4-5 сантиме- т. е. четыре раза в сутки. Всего на памятнитров. Шкала прибора имеет диапазон от ке было установлено три логгера: в основ-0 до 15 единиц. Для возможности интер- ном объеме, в алтаре и в подвале. Кроме претации полученных данных всю шкалу того, один из приборов был установлен в можно условно разделить на три зоны по верхней части колокольни для регистрации параметров наружного воздуха.

Объективно интерпретировать полученные данные, с точки зрения оценки процессов, происходящих в глубине кон-Влагомер германской фирмы Gann по- струкций, можно только на основе совокупного анализа данных прямых замеров конструкций и данных по температурно-влажностному воздушному режиму, что позволяет понять общее направление потоков влаги.

Температура в соборе изменялась на 56198-2014). Температура в алтарной ча-Прямые измерения кладки при помощи сти постоянно была выше на 0,2-0,3°С. Ход температуры плавный, без резких скачков. Суточные колебания не превышали 0,5°C. На рис. 2 (ГОСТ Р 56198-2014) показана разница влагосодержания внутреннего и наружного воздуха для жет достигать 1,5-2 метров. Соответствен- Успенского собора. На протяжении всего периода замеров (в 2008 г.) линия дельты превышает нулевую отметку на 0,5-1 единицу. Учитывая тот факт, что, согласно полученным данным, основной объем догосодержания по показаниям влагомеров статочно изолирован от прямого влияния наружного воздуха, столь незначитель-- как испарение влаги с поверхности ное превышение наружного влагосодержания свидетельствует о том, что про-- как перераспределение влаги внутри цесс выхода влаги из стен незначителен. Причиной этого является затрудненный

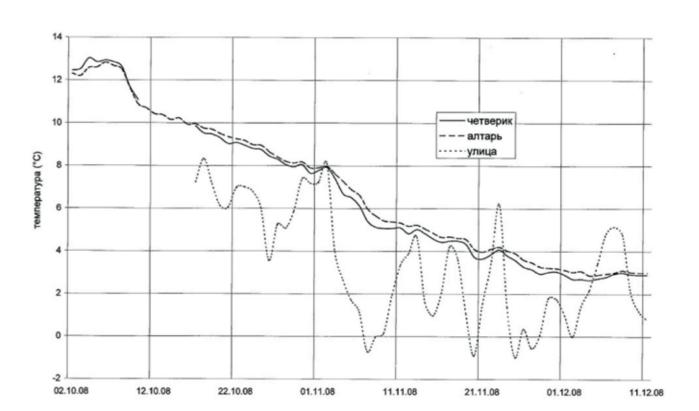


Рис. 1. Ход температуры с октября по декабрь в 2008 г.

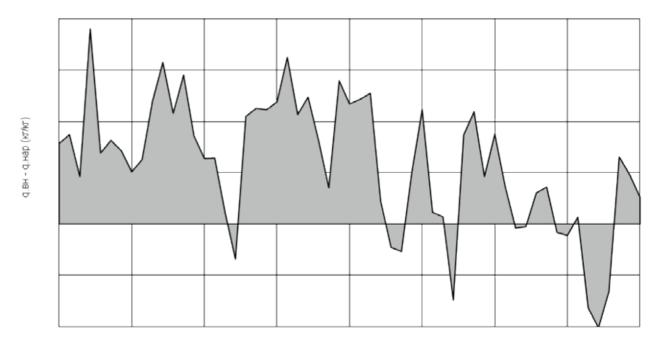


Рис. 2. Разница влагосодержания внутреннего и наружного воздуха для основного объема собора



пертная оценка состояния памятника по- рийного состояния, изложенные далее.

Проведенные обследования, инструмен- зволили наметить следующие первоочетальные измерения параметров темпера- редные мероприятия (ГОСТ Р 56198-2014) турно-влажностного режима воздушной по нормализации ТВР в целях вывода пасреды и конструкций и визуально-экс- мятника с настенной живописью из ава-

# 2.8.1 Архитектурно-строительные мероприятия

# 1.1. Устройство кровли и защита памятника от осадков

- провести реставрацию чердачных конструкций;
- к барабану, чтобы исключить протекание атмосферной влаги в чердачное пространство, обратив особое внимание на участки, где кровля перекрывает нижнюю часть окон;
- предусмотреть способ естественной вентиляции чердачного пространства, возможно, путем устройства продухов в поздней кирпичной кладке, оборудованных попаданию в чердачное помещение птиц;
- организовать не допускающую увлажнения наружных стен надежную систе-- обеспечить герметичную заделку му водосброса с кровли всего комплекса мест примыкания кровельного покрытия Успенского собора, для чего целесообразно вернуться к существовавшему ранее варианту защиты от осадков с помощью водосточных труб;
  - обеспечить отведение осадков с северной и южной галерей;
- новое архитектурное решение входа в подвал, включая кровлю над ним, должно предусматривать надежную защиту от увлажнения конструкций дождевыми и тарешетками (сетками), препятствующими лыми водами с учетом работы общей системы водосброса.

# 1.2. Устройство сводов

- учитывая предполагаемый режим использования храмового комплекса, следует утеплить его своды, используя паропроницаемые материалы, не допускающие выпадения конденсата в материале кладки и утеплителя.

# 1.3. Устройство оконных и дверных заполнений

- 184

- для обеспечения необходимых тепло- ны иметь форточки или фрамуги (рис. 3); защитных свойств ограждающих конподвала и первого яруса комплекса долж- струкций.

- для уменьшения инфильтрации наструкций необходимо установить столяр- ружного воздуха и снижения теплопоные заполнения окон, включая подвал и терь все наружные дверные заполнения барабан, с двойным остеклением (в одном должны быть герметичны и иметь сопроили раздельных переплетах, в зависимо- тивление теплопередаче, близкое к анасти от архитектурного решения); окна логичной величине ограждающих кон-



Рис. 3. Аэрационное устройство для естественной вентиляции во фрагменте окна барабана



- 2.1. Для организации естественной вен- новного объема собора; тиляции, «регулируемого проветривания» и эффективного удаления продуктов горения свечей из основного объема собора необходимо установить два аэрационных устройства (АУ в соответствии с патентом на изобретение № 2262642 (Фомин, 2015) в окнах пример помещений алтаря; барабана (установлены в 2014 г.) и три АУ го фасада (рис. 4);
- возможность естественного проветривания и пазух верхних частей сводов в северо-западном и юго-западном компартиментах ос- струкций осадками и почвенной влагой.

изучение и сохранение

- 2.3. Подробно изучить (дополнительно к задействованным) существующие внутристенные отопительные каналы и определить возможность их использования для вентиляции труднодоступных застойных зон, на-
- 2.4. Основываясь на результатах изуче-(либо ОЭ-П) в окнах второго яруса западно- ния ТВР памятника, разработать проект его ограниченного обогрева. С учетом наличия 2.2. Рассмотреть возможность измене- в памятнике уникальных настенных роспиния конструкции иконостаса, допускающей сей предпочтительным решением является устройство «теплых» полов. Система ограпространства за ним, тыльной стороны икон ниченного обогрева должна вводиться после устранения всех причин увлажнения кон-





Рис. 4. Аэрационные устройства (АУ) в барабане

#### 2.8.3 Планировка территории

Необходимо разработать и реализовать проект вертикальной планировки территории памятника. В рамках этого проекта следует дать рекомендации:

- по устройству отмостки вокруг соборного комплекса;
- отводу осадков в ливневую систему.

# 2.8.4 Устройство полов в подвале

отложить до выполнения вертикальной планировки прилегающей территории, отмостки вокруг комплекса, а также системы вентиляции подвала. Эффективность этих мероприятий следует оценивать инструментальным ник. контролем влагосодержания конструкций.

Эффективность реализации рекомендаций и предложений, изложенных в п.п. 1-4 и дополнительно возникших в ходе проектирования и производства работ, следует плофизиком К.Ф. Фокиным в 1970 г. и развиконтролировать инструментально. Для чего целесообразно организовать мониторинг состояния ТВР конструкций и микроклимата памятника.

После устройства систем вентиляции и обогрева собора следует разработать инструкции по проветриванию и управлению системой обогрева памятника и, в случае необходимости, доработать их по результатам годом. мониторинга ТВР.

летних исследованиях и анализе состояния для нормализации микроклимата Ферапонтопамятника. Также учтен опыт реставрации ва собора и других памятников архитектуры.

Устройство полов в подвале целесообразно аналогов. Приведенные выше рекомендации базируются на принципах:

- «регулируемого» проветривания,
- «ограниченного обогрева»,
- минимального вмешательства в памят-

Эти принципы были опубликованы одним из основоположников архитектурной реставрации в России П. Покрышкиным в 1915 г., уточнены известным советским теты инженером-реставратором Б.Т. Сизовым (Сизов, 2014; Фомин, 2016). Наиболее полное экспериментальное апробирование этих принципов было проведено в соборе Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря, известного единственной полностью сохранившейся настенной росписью московского иконописца Дионисия, датированной 1502

С 1983 года и по настоящее время методы, Эти рекомендации основаны на много- основанные на этих принципах, применяются

# Исследование температурно-влажностного режима в 2015-2016 гг.

В 2015 г. комплексное исследование температурно-влажностного режима Успенского собора было продолжено струкций и настенной живописи и иконостаспециалистами лаборатории климата музеев и памятников архитектуры ГосНИИ-Реставрации (Фомин, 2016; Отчет..., 2014) И.В. Фоминым, В.Б. Дороховым, Н.Ю. Пинтелиным, В.А. Поликарповым и исследователем Института археологии им. А.Х. Харазработки технических предложений по устройству инженерных систем искустепловлажностные условия сохранности памятника с настенной живописью.

лем министра культуры республики Татарстан С.Г. Персовой Организацию работ осуществило ООО «Центр Музейного Проектирования» (г. Казань).

В качестве параметров, оказывающих непосредственное влияние на сохранность конса, рассматривали:

- риск выпадения конденсата, оцениваемый по разности между температурой точки росы воздуха, прилежащего к поверхности конструкции, и температурой на поверхности;
- динамика и пространственное распределикова АН РТ П.Ю. Каплан в целях ление температуры и влажности воздушной среды вблизи росписей;
- динамика и пространственное распредественной климатизации, обеспечивающих ление температуры и влажности на поверхности ограждающих конструкций и росписей;
- динамика и пространственное распреде-Работа была инициирована заместите- ление температуры и влажности воздушной среды в пространстве собора.

На основе инструментальных исследования параметров микроклимата, проводимых с октября 2015 г. по май 2016 г., были разрабо-



таны предпроектные рекомендации и предложения по нормализации микроклимата и созданию оптимальных условий сохранности и бытования собора:

- по улучшению защитных характеристик системы «своды-кровля-водостоки»;
- по системам искусственной климатиза-- по совершенствованию защитных харак- ции (ограниченного обогрева и вентиляции).

# Температурно-влажностный режим конструкций

проведены приборами GANN Hydro- лазерным целеуказателем. metteUNI2, Testo 616 и Testo 845.

100-120 соответствуют среднеувлажненному материалу, 120-160 соответствуют параметров ТВР конструкций. переувлажненному материалу.

Инструментальные измерения были термометр (пирометр) с крестообразным

Замеры проводились в контрольных точках GANN Hydromette UNI 2 с электродом В на высотах 20, 50, 100, 150 и 200 см от уровня 50 с режимом «М» (в таблице «GANN») - пола. Контрольные точки были определены диэлькометрический влагомер, опреде- по результатам экспертно-визуального обслеляет влагосодержание слоя материала до дования и анализа материалов предыдущих 10-12 см. Из диапазона шкалы прибора: исследований. На рисунках 5 и 6 изображены 30-100 соответствует сухому материалу, планы 1-го яруса и подклета Успенского собора с указанием контрольных точек для замера

На рисунках 7, 8 и 9 (Фомин, 2016) при-Testo 616 - диэлькометрический влаго- ведены сравнительные гистограммы ремер, определяет влагосодержание слоя зультатов измерений влажности ограждаматериала до 2-5 см, измеряет содержание ющих конструкций в контрольных точках, влаги (d, %) в процентном соотношении к на различных высотах от уровня пола. Сравниваются результаты измерений в Testo 845 (в таблице «t») - инфракрасный 2008 г., октябре 2015 г. и мае 2016 г.

# Температурно-влажностный режим воздушной среды

188

Замеры проводились с использованием термогигрометров (логгеров) ИВТМ-7Р-03-И, предназначенных для непрерывного Предназначен для мониторинга ТВР воз-(круглосуточного) измерения и регистрации душной среды; температуры и влажности воздушной среды.

собора изображено на рисунках 9 и 10:

- логгер №1 расположен в четверике на ниторинга ТВР воздушной среды; третьем ярусе лесов (высота около 7,5 м над уровнем пола);
- (рис. 12), предназначен для мониторинга конструкций. ТВР воздушной среды;
- логгер №4 расположен в северной апсиде (высота около 2,4 м над уровнем пола).
- логгер №5 расположен в четверике на Расположение логгеров в пространстве первом ярусе лесов (высота около 2,5 м над уровнем пола), предназначен для мо-
- логгер №8 расположен в четверике на пересечении южной поверхности севе-- логгер №3 расположен в центральном ро-западного столпа и связи на третьем барабане Успенского собора на уровне ярусе лесов; высота около 8 м над уровверхней кромки окон, на шестом ярусе ле- нем пола (рис. 13), предназначен для сов. Высота около 13 м над уровнем пола мониторинга температуры поверхности

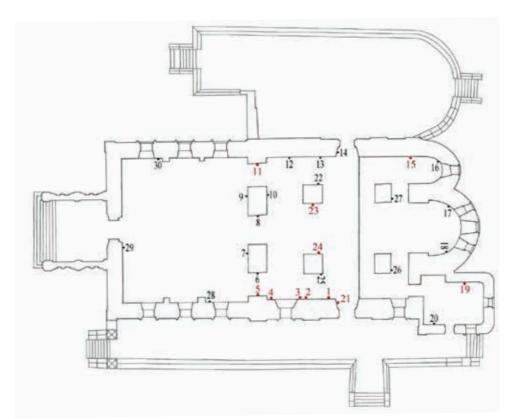


Рис. 5. План 1-го яруса Успенского собора с указанием контрольных точек для замера параметров ТВР конструкций

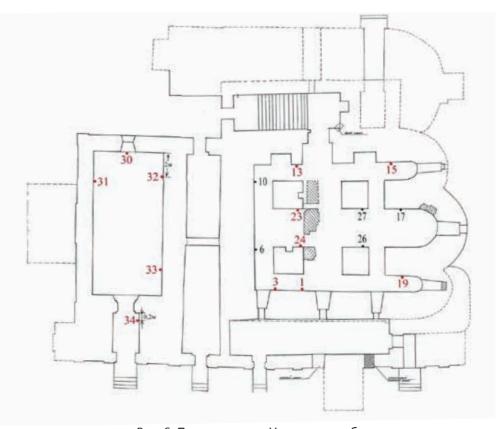


Рис. 6. План подклета Успенского собора с указанием контрольных точек для замера параметров ТВР конструкций



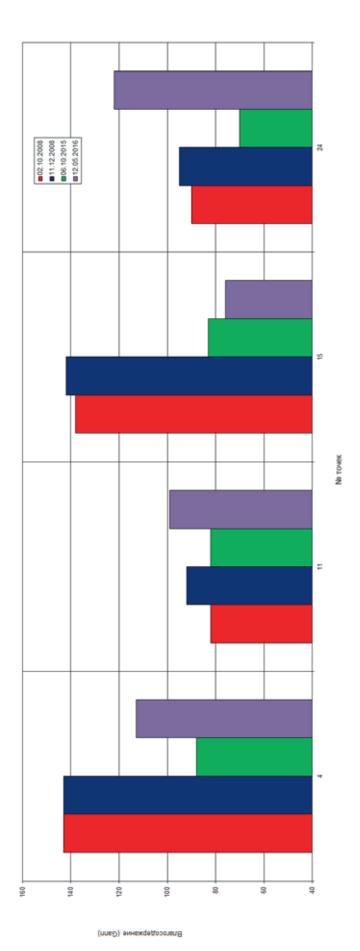


Рис. 7. Гистограмма результатов измерений влажности ограждающих конструкций

изучение и сохранение

на высоте 0,6-1 м в основном объеме собора

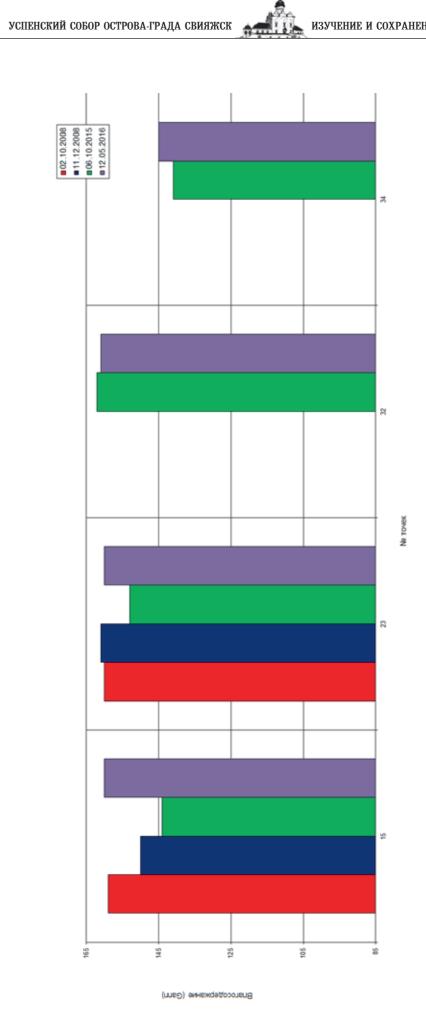
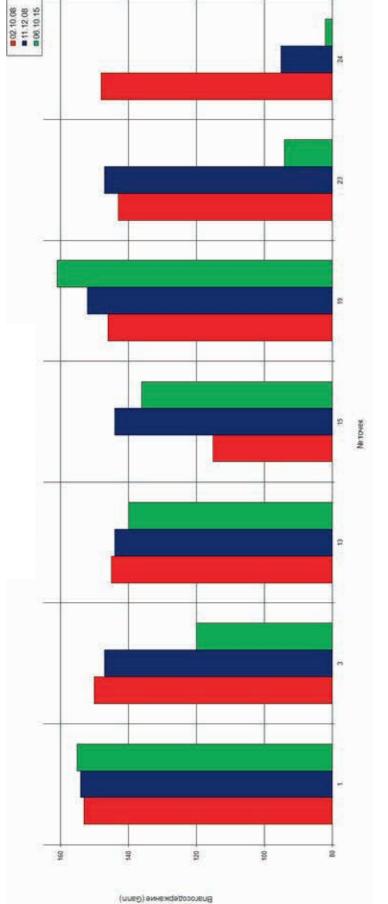


Рис. 8. Гистограмма результатов измерений влажности ограждающих конструкций на высоте 0,6-1 м в подклетном пространстве собора

**—** 190

**—** 191



**—** 192 **–** 

Рис. 9. Гистограмма результатов измерений влажности ограждающих конструкций на высоте 1,6-2 м в основном объеме собора.



Рис. 10. Расположение логгеров на плане Успенского собора

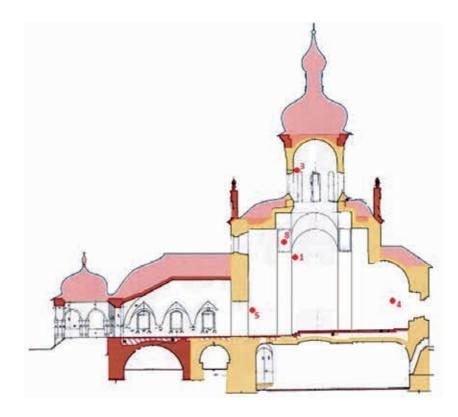


Рис. 11. Расположение логгеров на продольном разрезе Успенского собора

**–** 193 *–* 





Рис. 12. Логгер №3



Рис. 13. Логгер №8

**— 194** -

висимость  $\Delta = t \pi - \tau$  н, полученная по результатам инструментальных измерений в выпадения конденсата можно сформулиромарте 2016 г.

На рис. 16 показана зависимость  $\Delta$ = tπ −τ1 (июнь 2016, логгеры №1, 8) по результа- ющего соотношения: там инструментальных измерений в июне 2016 г.

Анализ зависимостей  $\Delta$  позволяет определить риск выпадения конденсата и усло- поверхности (стены) собора.

На рис. 15 (Фомин, 2016) показана за- вия «регулируемого» проветривания (РП).

Условия проветривания для недопущения вать (Сизов, 2011) следующим образом.

Для РП необходимо выполнение следу-

 $tn > \tau H + 1.5$ °C, где  $\tau H -$ температура точки росы наружного воздуха,

tп – температура у наиболее холодной

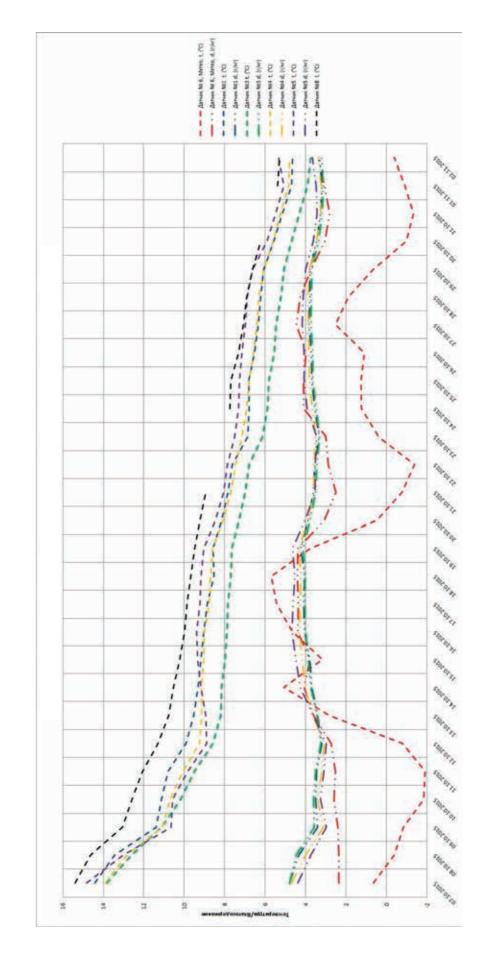
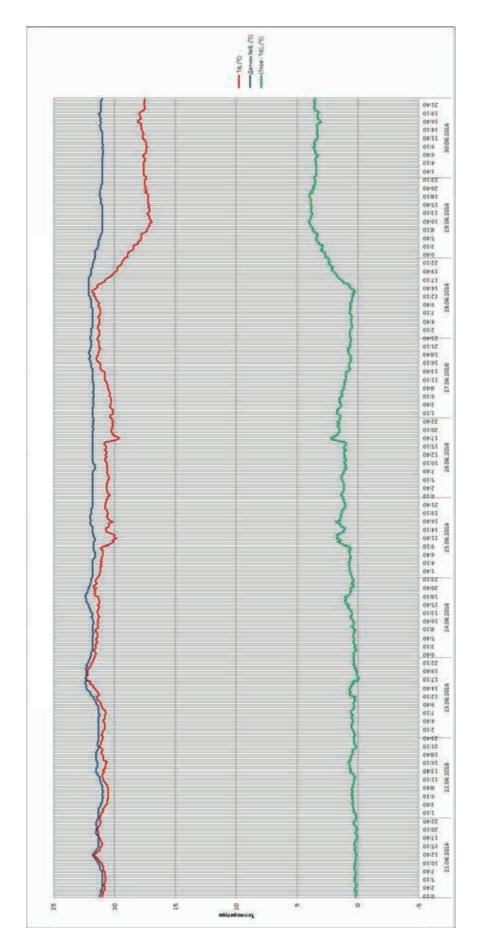


Рис. 14. Среднесуточные значения температуры и влажности за период 07.10.2015-02.11.2015



8 Рис. 16. Зависимость  $\Delta$ = tп -t1 (июнь 2016, логгеры Ne1,

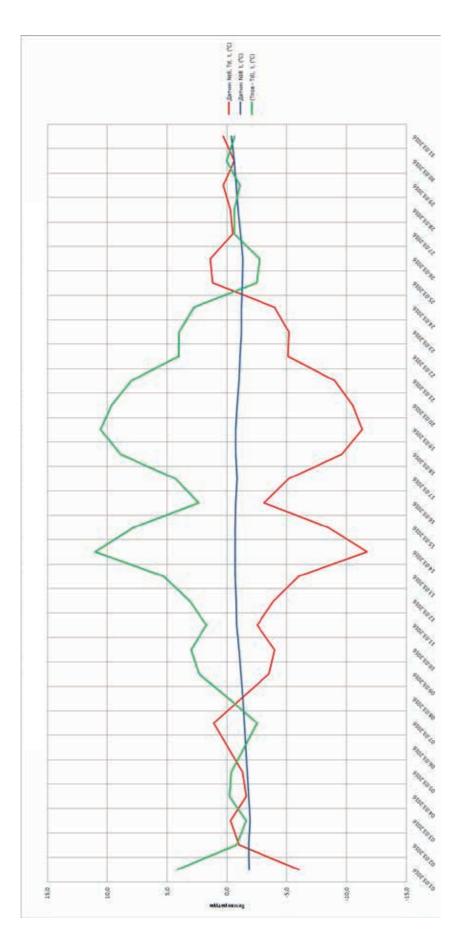


Рис. 15. Зависимость  $\Delta$ =тн-tп (март 2016, логгеры Nº8 и наружного воздуха)

\_\_\_\_\_ 196 -— 197 —



# Радиосистема для мониторинга ТВР

Для реализации удаленного мониторинга используется измерительная сеть на остров и управления сетью используется нове передачи данных на ПК по радиока- программа Eksis Visual Lab. налу (рис. 17-20).

гигрометров ИВТМ-7 М 4.

Для мониторинга измеряемых параме-

В настоящее время в соборе ведется ра-Сеть реализуется на основе радиокана- бота по внедрению радиосистемы для мола. В качестве радиомодема используется ниторинга температурно-влажностного РМ-1И. Дальность связи в прямой види- режима памятника для оценки влияния мости достигает 300 м. Измерительная природных аномалий, эффективности ресеть построена на базе переносных термо- ставрационных вмешательств и для создания оптимальных условий сохранности.

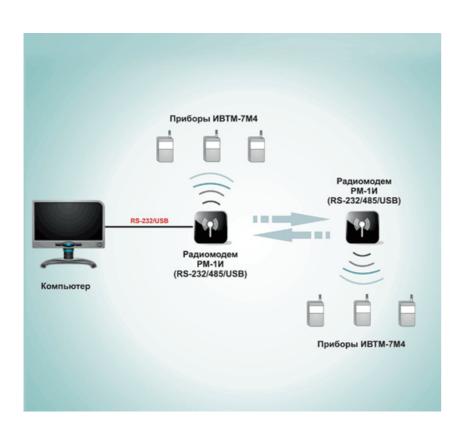


Рис. 17. Беспроводная система мониторинга микроклимата на основе термогигрометра ИВТМ-7 М 4

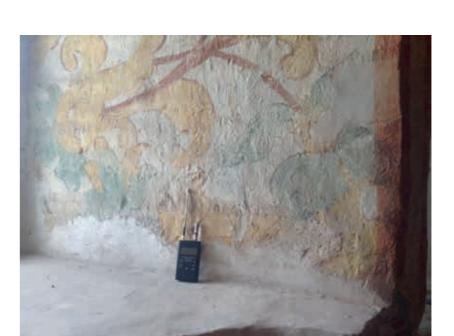


Рис. 18. Термогигрометр ИВТМ-7 М 4 №1 в алтаре собора



Рис. 19. Термогигрометр ИВТМ-7 М 4 №2 в барабане собора

**- 198** 



изучение и сохранение

Рис. 20. Термогигрометр ИВТМ-7 М 4 №3 в объеме собора на высоте 7 м



Рис. 21. Инженер-исследователь В.А. Поликарпов



Рис.22. Инженер-реставратор Б.Т. Сизов, 2008 г.



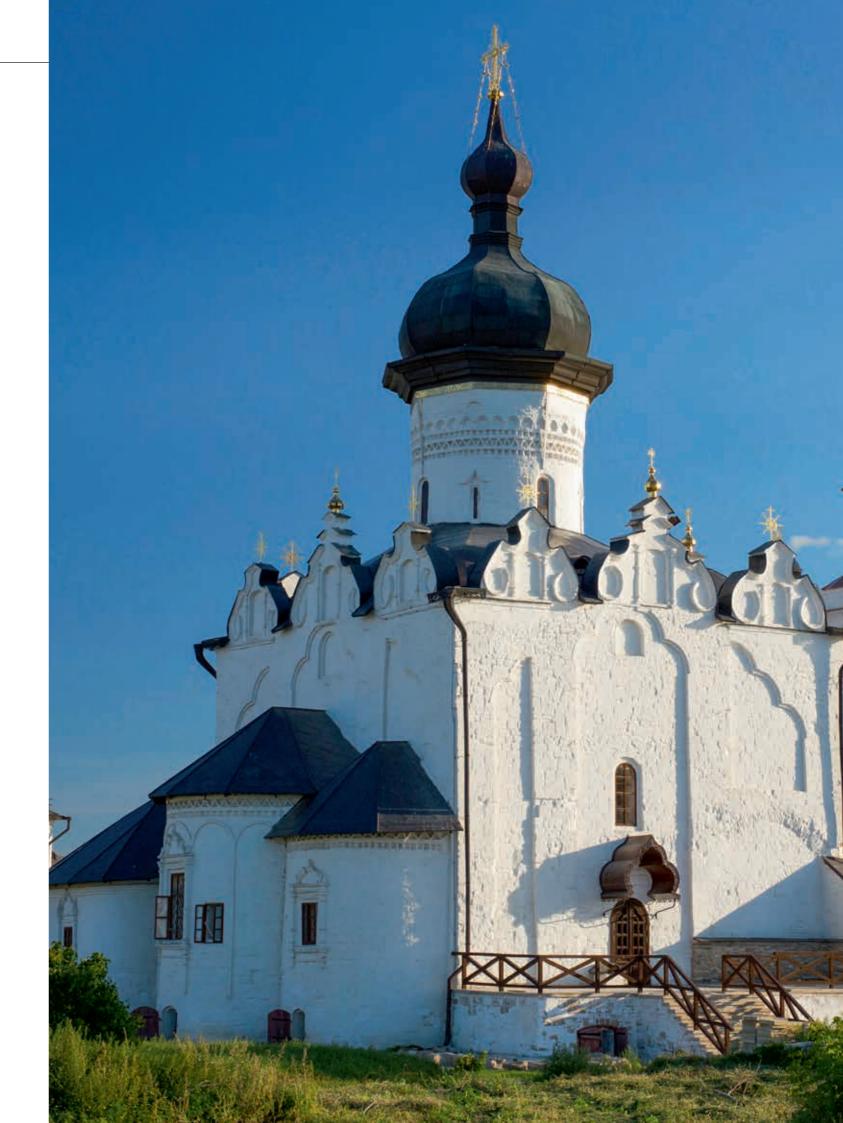
Рис.23. Техническое совещание. С.Г. Персова, Р.Р. Раимова

— 201 — — 200 —



# Литература

- 1. Инженерно-физические методы сохранения памятников архитектуры и монументальной скульптуры // Сборник памяти Б.Т. Сизова. Кириллов, 2014.
- 2. Раимова Р.Р. Отчет о выездном совещании по памятнику архитектуры XVI века Успенский собор, о. Свияжск, Зеленодольский район, РТ, г. Казань / ТСНРУ, 2008.
- 3. Сизов Б.Т., Фомин И.В., Сизова Е.А., Шейкин Е.В. Научно-технический отчет Проведение исследования температурно-влажностного режима памятника архитектуры XVI века Успенского собора о.Свияжск Зеленодольского района Республики Татарстан / ГосНИИР, 2009.
- 4. Сизов Б.Т. Мониторинг температурно-влажностного режима памятников архитектуры (на примере Рождественского собора Ферапонтова монастыря) / ABOK, N 2, 2003.
- 5. Сизов Б.Т., Фомин И.В., Шелкова Е.Н. Использование системы мониторинга температурно-влажностного режима памятников соборного комплекса Музея фресок Дионисия для оценки влияния природных аномалий, эффективности реставрационных вмешательств и создания оптимальных условий сохранности//. Музейная климатология основа сохранения объектов культурного наследия. Материалы конференции (Санкт-Петербург, 30 января 1 февраля 2013 г.). Санкт-Петербург: Государственный эрмитаж, 2014.
- 6. Сизов Б.Т. Развитие принципов нормализации температурно-влажностного режима памятников архитектуры с настенными росписями (на примере собора Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря) // Сохранение росписей Дионисия 1502 года в соборе Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря. Материалы международной научно-методической конференции (Кириллов-Ферапонтово, 13-15 сентября 2011 г.).
- 7. Фомин И.В.,Сизов Б.Т. «Аэрационное устройство для памятников гражданской ицерковной архитектуры». Патент №2262642. Приоритет изобретения. 6.11.2003.
- 8. Фомин И.В., Дорохов В.Б., Пинтелин Н.Ю., Поликарпов В.А., Каплан П.Ю. Научнотехнический отчет Исследование микроклимата памятников архитектуры XVI века - Успенского собора и Троицкой церкви в целях разработки рекомендаций и предложений по нормализации микроклимата и создания оптимальных условий сохранности и функционирования. 1этап / Т. І. Успенский собор. - ГосНИИР, 2015.
- 9. Фомин И.В., Дорохов В.Б., Пинтелин Н.Ю., Поликарпов В.А., Каплан П.Ю. Научнотехнический отчет Исследование микроклимата памятников архитектуры XVI века - Успенского собора и Троицкой церкви в целях разработки рекомендаций и предложений по нормализации микроклимата и создания оптимальных условий сохранности и функционирования. 2 этап. Т.ІІІ. Успенский собор. - ГосНИИР, 2016.
- 10. Шелкова Е.Н. Оптимизация микроклимата собора Рождества Богородицы: реализация программы исследований // Сохранение росписей Дионисия 1502 года в соборе Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря. Материалы международной научно-методической конференции (Кириллов-Ферапонтово, 13-15 сентября 2011 г.).





# 2.9 АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ УСПЕНСКОГО СОБОРА

Е.Ф. Шайхутдинова, А.В. Касимов, В.В. Кугуракова, Т.Р. Азизов, А.Г. Ситдиков

#### Резюме

С началом проведения широкомасштабных работ по изучению и сохранению Успенского собора возникла необходимость в систематизации и учете результатов проведения реставрационных работ, комплексных научных исследований, мониторинга и контроля текущего состояния собора. Эффективным решением этих многоаспектных задач является создание автоматизированной системы.

# Summary

A requirement for systematization and accounting of the results of restoration activities, comprehensive scientific research, monitoring and control of the current condition of the Assumption Cathedral arose at the early stages of large-scale works on the investigation and preservation of the Cathedral. Efficient solution of these multiaspect tasks requires the establishment of an automated system.

В рамках разработки автоматизированной системы мониторинга и учета результатов исследований Успенского собора необходимо решить две основные задачи: отслеживание изменений состояния Успенского собора во времени (инженерное состояние, выявление происхождения и возраста элементов объекта) и его текущее состояние (мониторинг температурно-влажностного режима объекта).

В качестве объектов изучения выступают элементы деревянной и каменной конструкции, элементы декора и др. Характеристики объекта культурного наследия складываются из результатов исследований этих элементов. На основе созданного банка знаний специалист сможет построить прогноз разрушения объекта, сформировать комплекс охранно-спасательных работ и использовать накопленные знания для научного изучения объекта (рис. 1).

держать несколько модулей: «Визуализация», «Мониторинг», «Исследования», «Архив», «Депозитарий физических образцов».

Модуль визуализации должен содержать модели объектов культурного наследия в 2-D и 3-D формате с индикацией мест забора проб. Кроме моделирования объектов в современном состоянии, предполагается историческая реконструкция объектов в различные периоды времени.

Основные функции системы предполагают следующие действия:

- 1. Координация действий специалистов разных областей для выработки плана совместной работы;
- 2. Учет сведений о заборе образцов (отборе проб) с указанием места хранения;
- 3. Учет сведений о проведении различных исследований образцов;
- 4. Учет результатов исследований (анализа) образцов;
- 5. Формирования выборки данных на основе настраиваемых фильтров;
- 6. Сравнение результатов анализа одно-Автоматизированная система будет со- го типа для разных объектов культурного наследия с целью выявления сходств и различий;
  - 7. Оценка текущего состояния объектов культурного наследия и сравнение

с данными прошлых периодов с целью но-спасательных работ, направленных на обеспечение сохранения объектов;

- 8. Визуализация упрощенных и деталь- росписи; ных 3D-моделей объектов и моделей исторической реконструкции;
- 9. Указание и отображение мест забора образцов и результатов анализа 10. на упрощенных 3D-моделях;
- 11. Хранение и отображение архивных упрощения разработки комплекса охран- данных показаний датчиков температурно-влажностного режима;
  - 12. Отображение электронного каталога
  - 13. Хранение электронного каталога архивных документальных материалов;
  - 14. Выгрузка запрашиваемых табличных, текстовых и графических материалов во внешние файлы.

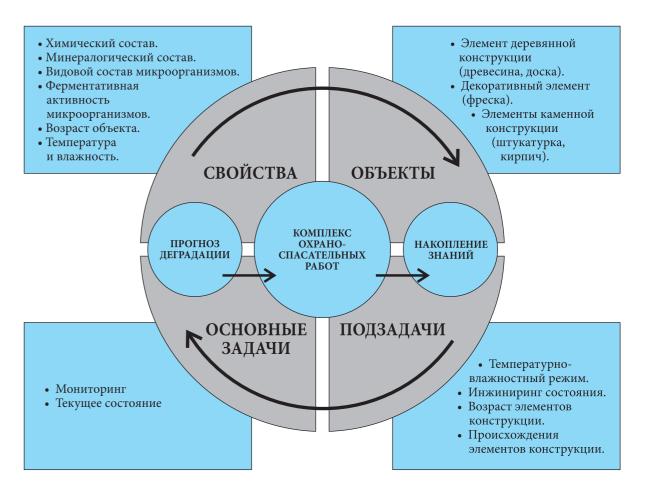


Рис. 1. Концептуальная схема автоматизированной системы

На основе разработанной структуры системы, на которой прослеживаются ее цепции представления всех компонентов взаимосвязи (рис. 2), необходимо разработать описание основных компонентов системы: сам объект культурного наследия, образец, анализ (как часть массива информации об исследовании объекта), его результаты и другие компоненты.

На данный момент разработаны консистемы. Объекты культурного наследия сложно структурированные, в целях обеспечения совместимости с иными автоматизированными системами следует соблюдать систему взаимосвязи объектов историко-культурного наследия и находя-



щихся в их составе зданий (рис. 3).

в свою очередь, могут состоять из одного Диаграмма показывает, что объект куль- или нескольких зданий или сооружений. турного наследия могут включать в себя Несколько объектов культурного наследия один или несколько памятников, которые, иногда могут объединяться в комплексы.

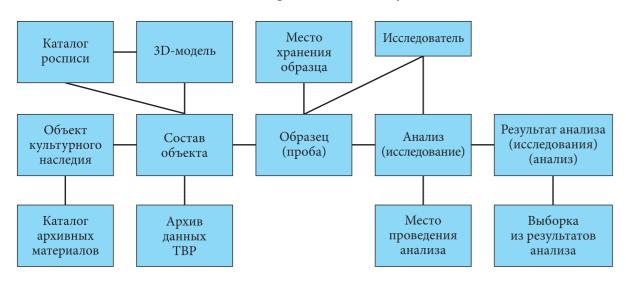


Рис. 2. Структуры системы мониторинга состояния и учета результатов исследования



Рис. 3. Система взаимосвязей объектов культурного наследия и находящихся в их составе зданий

ский собор содержит всего один памятник, включающий в себя единственное здание.

Поэтому для упрощения работы пользователей данной системой представляется возможным отождествить на уровне пользовательского интерфейса понятия «Объект культурного наследия» и «Здания».

Любой пространственный объект можно рассматривать как часть более крупного объекта, например здание Успенского Собора является частью комплекса сооружений Успенского Монастыря, а тот, в свою очередь, списей.

Объект культурного наследия Успен- является частью острова-града Свияжск и так далее. Таким образом, дерево иерархии состава пространственного объекта можно продолжать как в сторону детализации, так и в сторону обобщения в зависимости от потребностей исследователя.

> Например, необходимо сделать выборку только из тех частей здания, которые являются деревянными элементами. Или только для тех частей, которые являются элементами росписи, нужно хранить ссылку на соответствующее место в каталоге ро

странственного объекта и введением зависимости набора атрибутов от типа объ-

Для практических задач требуется, чтобы различные части одного и того же пространственного объекта могли иметь различные наборы атрибутов (количественных и качественных характеристик).

Например, необходимо сделать выборку только из тех частей здания, которые являются деревянными элементами. Или только для тех частей, которые являются элементами росписи, нужно хранить ссылку на соответствующее место в каталоге росписей.

Следовательно, необходима дополнительная типизация частей пространственного объекта и введение зависимости набора атрибутов от его типа.

Поскольку рассматривается существование пространственного объекта во времени, то и сам объект, и его части имеют время появления и время исчезновения. но, затем перестроено (какие-то части добыло полностью разрушено.

Время существования является неотъ- совокупность его частей.

Отсюда проистекает необходимость емлемым атрибутом пространственного дополнительной типизации частей про- объекта и его частей. При уничтожении объекта или его части считается, что нижестоящие по иерархии вложенности части также уничтожаются.

> В нашем случае пространственным объектом является здание, частью пространственного объекта - часть здания, а элемент росписи и деревянный элемент являются наследниками родительского класса здание.

> Части здания, включая деревянные элементы и элементы росписи, обобщенно называются составом здания.

> Здание Успенского собора состоит из частей здания, на которых, в свою очередь, могут размещаться элементы росписи (рис. 4). Элементы росписи могут объединяться в наборы (сюжетные циклы), но не по пространственному признаку, а по общей логике содержания изображений.

Следует различать здание как часть объекта историко-культурного наследия, включенного в реестр в единый государственный реестр объектов культурного Например, здание когда-то было построе- наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, бавлены, какие-то утрачены), затем здание и здание как пространственный объект, представляющий собой поименованную



Рис. 4. Успенский собор монастыря Успения Пресвятой Богородицы



посредственно на 3D-модели. Некоторые ниям.

Часть системы (рис. 5) отражает факт виды анализа не подразумевают физичевзятия образца для последующего анализа ского изъятия образца, потому что анализ и содержит сведения о месте забора про- производится непосредственно в момент бы, дате, исследователе, и месте хранения отбора пробы, в этом случае место храобразца, а также соответствующие гра- нения не указывается. С другой стороны, фические материалы (фото, схемы). Точка образцы, находящиеся на хранении, могут отбора пробы указывается вручную не- быть подвергнуты повторным исследова-

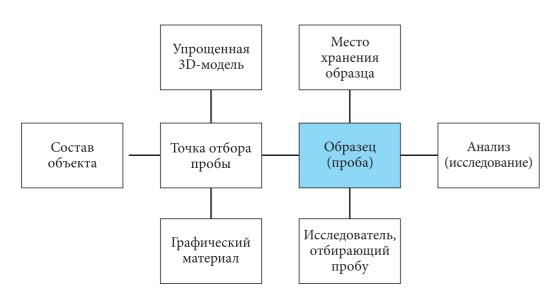


Рис. 5. Образец (проба)

Для разных видов анализа общими являются сведения о дате анализа, месте производства исследования, а также об исследователе, производившем анализ (рис. 6). Кроме того, к исследованию прилагается документ-отчет (один или несколько).

Итогом исследования проб являются совокупности качественных и количественных характеристик образцов, называемых результатом анализа

К количественным характеристикам

результатов анализа относятся:

- химический состав образца;
- микробиологический состав образца;
- датировка образца.

К качественным характеристикам результатов анализа относятся:

- цвет образца и его участков;
- видовая принадлежность дерева;
- минералогический состав образца;
- микроскопический состав образца;
- техническое состояние элементов.

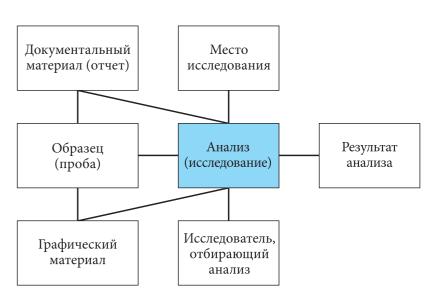


Рис. 6. Анализ

Структура взаимосвязи компонентов (для многостраничных документов) и вида получаемого результата.

и иных материалов в виде PDF-файлов перечне архивных материалов.

«Образец (проба)», «Анализ (Исследова- JPEG-файлов (для одиночных изображение)» и «Результат анализа (исследова- ний), имеющих прямое или косвенное ния)» в зависит от вида исследования и отношение к объектам культурного наследия и доступных для просмотра и скачи-Каталог архивных материалов (рис. 7) вания. Основные сведения о материалах представляет собой совокупность тек- (наименование, краткое описание, авторы, стовых, графических, картографических год, источник поступления) содержатся в

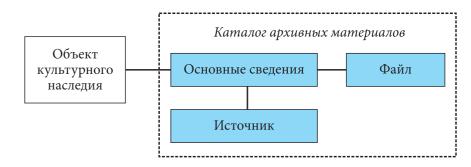


Рис. 7. Каталог архивных материалов

состояния до и во время реставрации, а ной 3D-модели.

Каталог фресок Успенского собора также номера сюжетов, которые ссыла-(рис. 8) содержит в себе набор развер- ются на перечень всех фресок с указаниток внутренних поверхностей Собора, ем названия, описания, предполагаемой на которые нанесена роспись. На каждой датировки и иных сведений. Для всех развёртке присутствуют контуры сюже- сюжетов указывается пространственная тов, условные обозначения технического привязка с визуализацией на упрощён-

Рис. 8. Каталог фресок Успенского собора

Выборка из результатов анализа (ис- сравнения между собой однотипных хахарактеристик разного типа. Выборки наследия. на основе настраиваемой системы фильисследования одного объекта, так и для использования.

следования) предназначена для изуче- рактеристик разных объектов с целью ния и обобщения результатов анализа выявления сходств и различий между в виде количественных и качественных двумя и более объектами культурного

Совокупность настроенных фильтров тров применяются как для углубленного сохраняется в системе для дальнейшего

# Программная реализация

210

Для реализации автоматизированной системы была выбрана технология ASP. Entity framework 7 (EF). Данный фрейм-NET MVC6 (рис. 9). Данная технология ворк представляет собой object-relational удобна для создания веб-сайтов, так как mapping (ORM) решение, которое испольреализует паттерн Model-View-Controller.

Паттерн Model-View-Controller разделяет приложение на 3 части:

- туру данных в приложения;
- 2. Представление часть приложения, фейс и показ данных пользователю;
- 3. Контроллер часть приложения, которая связывает модель и представление. Здесь происходит обработка команд польпредставление.

рованной системе используется Microsoft зуется в платформе .NET.

Для реализации системы авторизации и аутентификации используется ASP .NET 1. Модель - включает в себя всю струк- Identity 3.0. Данная технология внедряет в проект функционал для регистрации и авторизации пользователей, а также предоставотвечающая за пользовательский интер- ляет возможность гибкой настройки прав доступа к различным функциям веб-сайта.

Для визуализации объекта культурного наследия и данных в 3D формате был использован игровой движок Unity. Он вызователя и передача необходимых данных в бран, так как имеет возможность собрать проект под технологию webgl, что позво-Для работы с данными в автоматизи- ляет встроить 3D-сцену в веб-страницу.

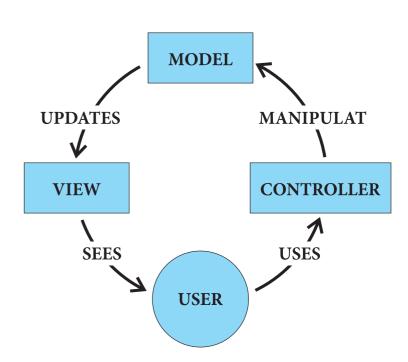


Рис. 9. Паттерн MVC

Для оформления веб-страниц выбран системы с учетом структуры базы данных. фреймворк Bootstrap. Он представляет веб-страницы.

Для реализации кода, выполняемого на стороне клиента, используется библиотека помощью ајах запроса.

представлена схема автоматизированной зации.

Основной сущностью модели является собой набор инструментов для создания образец. Он определяется классом Point. веб-страниц. Вооtstrap позволяет сэко- В нем хранятся основные данные об обномить время, так как прост в исполь- разце, такие как координаты места, где зовании и имеет множество шаблонов и взят образец, и время, когда взят образец. классов, используемых для оформления Так-же имеется связь со справочными таблицами. Первая определяет человека, который взял данный образец (класс Person). Вторая определяет элемент сооружения, jQuery. Также для реализации действий с где взят данный образец (класс Element). html-формами используется jQuery-form Она связана с таблицами, которые опреплагин. Он позволяет сделать быструю деляют место данного элемента и здание, очистку форм и их отправку на сервер с где это место находится. Так же сущность Point связана с двумя сущностями типа Для создания базы данных в автомати- Vector3. Одна определяет координаты мезированной системе был применен подход ста, где взят образец, вторая сохраняет code first. Он создает базу данных по клас- направление камеры на него. Эти данные сам, написанным на языке с#. На рисунке 10 в дальнейшем используются для визуали-

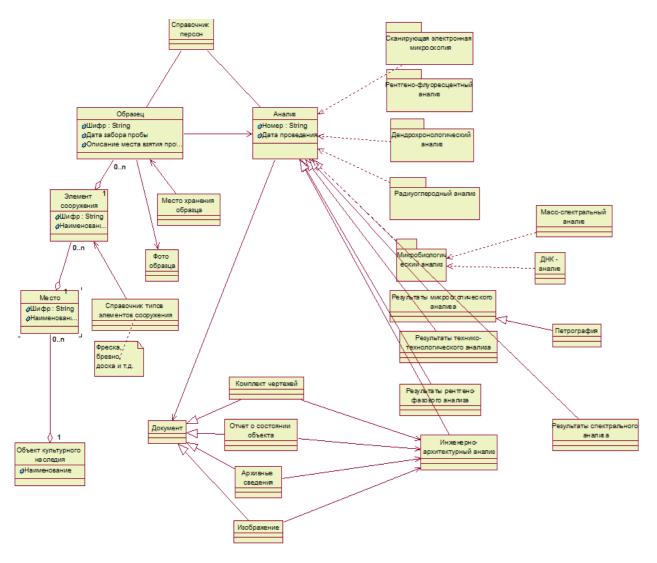


Рис. 10. Структура автоматизированной системы

С сущностью образца связана сущность анализа. Она определяет исследование, проведенное с данным образцом. С одним образцом можно провести несколько анализов.

В данном приложении рассматриваются разные виды исследований. Для хранения общих для всех анализов данных был создан абстрактный класс Analyze. В нем хранятся данные о типе анализа, о времени проведения анализа. Также имеется связь с сущностью Person, хранящей информа- на другие сущности. цию о том, кто провел данный анализ.

В автоматизированной системе представлены следующие виды исследований:

- 1. Микробиологический анализ;
- 2. Спектральный анализ;
- скопия;

- 4. Рентгенофазовый анализ;
- 5. Рентгенофлуоресцентный анализ;
- 6. Дендрохронология;
- 7. Радиоуглеродный анализ;
- 8. Техникотехнологический анализ.

Для каждого типа исследований был создан класс, наследованный от класса Analyze. В нём хранятся данные, относящиеся только к данному типу анализов. Данный класс может также иметь ссылки

Для примера рассмотрим класс MicroBiologicalAnalyze (рис. 11), представляющий результаты микробиологического анализа. Данный тип исследований определяет, сколько и какие бактерии содержатся 3. Сканирующая электронная микро- в образце. В классе MicroBiologicalAnalyze имеется поле count, хранящее информацию о том, сколько всего бактерий в об- об их активности. Стоит отметить, что тип разце. Также имеется ссылка на сущность связи сущностей MicroBiologicalAnalyze и HasBactery. Данная сущность имеет ссылку HasBactery один ко многим, так как в одном на бактерию и поля, содержащие информа- образце может быть найдено несколько тицию о количестве бактерий данного типа и пов бактерий.

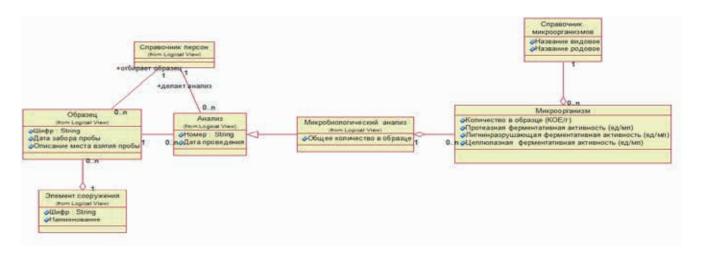


Рис. 11. Структура данных микробиологического анализа

В модели данных автоматизированной си- с другими сущностями. Поэтому для рабо-

ных сущностях их не требуется связывать сущности.

стемы имеются сущности, данные в которых ты с ними можно использовать контроллемало изменяются в процессе работы при- ры и представления, которые автоматичеложения. Например, сущность, представ- ски генерируются с помощью visual studio, ляющую вид бактерии (рис. 12), потому что что позволяет сильно сэкономить время большинство видов бактерий, которые мо- разработки. Они предоставляют возможгут встретиться в результатах, уже известны. ность просматривать, создавать, редак-При занесении в базу данных о подоб- тировать и удалять данные определенной

rodname	vidname	
rt	v1	Edit   Delete
r2	v2	Edit   Delete
r3	v3	Edit   Delete
r4	v4	Edit   Delete
r5	V5	Edit   Delete

Рис. 12. Представление бактерий

Представление, предоставляющее польную на unity3D.

указано, то место взятия образца не может с помощью ViewBag. быть визуализировано в дальнейшем.

В данное представление встроено предзовательский интерфейс для заполнения ставление с формой (рис. 13), где происходанных об образцах и исследованиях, про- дит заполнение данных об образце. В данведенных с образцом, возвращается кон- ной форме требуется указать, когда взят троллером с названием Troickiy при Get образец, описать место взятия образца запросе к действию Index. Данное пред- и присвоить ему шифр. Так же на форме ставление включает в себя элемент canvas, имеется выпадающий список всех людей, который отображает 3D-сцену, написан- участвующих в исследованиях, созданный тегом select. С помощью него пользователь 3D-сцена позволяет пользователю ука- должен указать, кто взял данный образец. зать место, где взят образец. Если место не Список человек передает в представление

dateofget	дд мм пт	
lacedescription		
shift		
person	nisi 🔟	
	Create	

Рис. 13. Форма для данных об образце

ViewBag позволяет определять некоторые свойства в контроллере, присваивать им значения. Затем эти значения можно использовать в представлении, которое верпроисходит отправка в представление всех фреймворка bootstrap. необходимых справочных сущностей.

Также в основном представлении имеются вкладки, которые позволяют переключаться между формами, где заполняются данные о различных типах анализов нул данный контроллер. Таким образом, (рис. 14). Они реализованы с помощью

```
<h3>Add Analyzes</h3>
     class="active"><a href="#MbAnalyze" aria-controls="MbAnalyze" role="tab" data-toggle="tab"> Micro Biology Analyze</a>
     <a href="#DLAnalyze" aria-controls="DLAnalyze" role="tab" data-toggle="tab">DendroLogical Analyze</a>
       <div role="tabpanel" class="tab-pane active" id="MbAnalyze" >
          @Html.Partial("MBAnalyzeView")
       <div role="tabpanel" class="tab-pane" id="DLAnalyze">
          @Html.Partial("DLAnalyzeView")
  </div>
</div>
```

Рис. 14. Вкладки с формами для исследований на HTML

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

представляют собой частичные представ- образце. Затем пользователь отправляет на ления, содержащие все необходимые поля для заполнения определенного типа анализа. Так же они включают в себя форму для используется 3D-сцена (рис. 16), сделанная отправки на сервер сущностей, связанных на unity. На данной сцене имеется 3D-мос данным видом анализа. Однако если сущность является справочной, то её выбор осуществляется через выпадающий список.

Например, представление для заполнения границ модели. микробиологического анализа включает в себя форму для отправки на сервер сущности HasBactery (рис. 15).

Отправка данных происходит в несколько этапов. Сначала пользователь отправляет на сервер все сущности, связанные с прикреплены компоненты CameraMove, исследованием. После отправки каждой сущности с сервера приходит представле- CameraMove проверяет, включен ли ние, показывающее все сущности, которые будут связаны с данным исследованием. Затем пользователь может отправить на сервер все исследование. Таким образом подводе указателя мыши к краю сцены. отправляются все исследования, проведен- MouseLook включается при нажатии на праные с данным образцом. Мы можем видеть вую кнопку мыши. Так же он отключается.

Формы для различных типов анализов их список под формой с информацией об сервер сам образец.

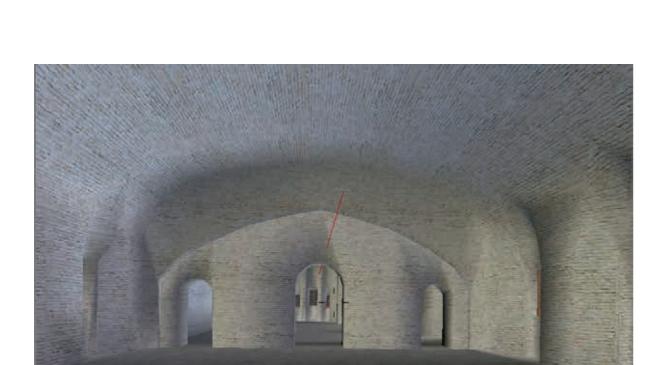
Для указания места, где взят образец, дель объекта культурного наследия. На неё прикреплен компонент mesh collider. Он нужен для обозначения физических

На сцене расположена кнопка Create Point. При нажатии на неё включаются компоненты, отвечающие за движение камеры и за сохранение данных о позиции точки.

Также на сцене имеется камера. На нее rigidbody и MouseLook. Компонент MouseLook. Если включен, то пользователь может осматриваться с помощью мыши. Если нет, то камера будет двигаться при

исследовани						
та исследовани	яя дд мм ггтг	l)				
исло бактерий						
сследователь	151 ~					
Add Analyze						
rodname	vidname	celluloznaya	count	lingnirazr	proteznaya	
r5	v5	2	11111111	2	3	
13	v3	3	4000000	4	3	
lasBactery						
cellulo	znaya					
	count					
	nirazr					
ling	nirazr znaya					

Рис. 15. Заполнение данных о микробиологическом анализе



ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 16. 3D-сцена

216

Движение камеры осуществляется с по- ется сферой, ссылка на которую имеется стве delta. Эти свойства задаются в unity.

Если есть, то точка пересечения отмеча- сива param.

мощью метода rigidbody.AddForce. Данный в компоненте CameraMove. При нажатии метод вызывается в FixedUpdate компонента на левую кнопку мыши отмечается точ-CameraMoove. Скорость движения камеры ка, в которой сфера находится в данный контролируется свойством speed. Насколько момент. Компонент CameraMove отклюблизко нужно подвести курсор к краю экра- чается, чтобы точка не двигалась. Далее на для начала движения, указывается в свой- координаты точки и направление камеры отправляются на веб страницу с по-Для указания точки используется метод мощью функции Application. External Call ScreenPointToRay (Input.mousePosition). («setData», param) (рис. 18). Данная функ-Он преобразует точку (рис. 17), где нахо- ция вызывает функцию языка JavaScript дится курсор в луч. Далее проверяется, на текущей веб-странице с названием есть ли столкновение у луча и 3D-модели. setData и передает туда параметры из мас-

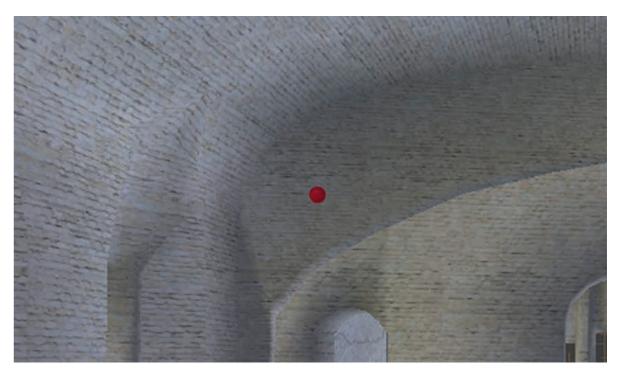


Рис. 17. Отмеченная точка

Функция setData заполняет форму, пе- сервер, через свойство Request.Form. редающую на сервер данные о Vector3 После этого выполняется преобразовасначала данными о позиции точки, затем ние полученного значения из строкового отправляет ее на сервер ајах-запросом. За- типа в вещественное число с помощью тем аналогично отправляются данные о метода float. Parse. Затем из полученнаправлении камеры на точку.

вечает Vector3Controller. Основное дей- после сохранения результатов отправляствие в нем - метод Create. Он получает ется клиенту в формате json с помощью информацию из формы, присланной на метода JsonResult.

ных значений формируется объект типа За занесение данных типа Vector3 от- Vector3. Он заносится в базу данных и

```
var setData = function (px, py, pz, dx, dy, dz) {
    $('input[name="x"]').val(px);
    $('input[name="y"]').val(py);
$('input[name="z"]').val(pz);
     $('#V3Form').ajaxSubmit({
        success: function (vector3, status) {
             $('input[name="position"]').val(vector3.id);
});
    $('input[name="x"]').val(dx);
    $('input[name="y"]').val(dy);
    $('input[name="z"]').val(dz);
    $('#V3Form').ajaxSubmit({
        success: function (vector3, status) {
             $('input[name="direction"]').val(vector3.id);
    });
    $("#Shifr").focus();
```

Рис. 18. Функция SetData по передаче массива данных

При отправке данных об образце и исисследование связано с подобными сущ- TempData. ностями отношением один ко многим, шается с помощью структуры TempData.

щью метода Кеер.

После занесения сущности в базу данследованиях, проведенных с ним в первую ных происходит проверка, существует ли очередь на сервер, поступают данные, свя- в TempData ключ, соответствующий спизанные с исследованием. Например, сущ- ску id данной сущности. Если такой есть, ность, определенная классом HasBactery то он достается из TempData. Затем в него микробиологического анализа добавляется Id только что занесенной (рис. 19). Для каждой подобной сущности сущности, и список заносится обратно в создан свой контроллер, который заносит ТеmpData. Если ключа нет, то создается данную сущность в базу данных. Так как список из одного id и так же заносится в

Далее требуется вернуть представление, возникает необходимость хранения и пе- где будут только сущности, id которых редачи списка сущностей, которые будут есть в TempData. Для этого осуществляетсвязаны с исследованием. Эта задача ре- ся запрос к хранилищу сущностей данного типа, и к нему применяется LINQ кон-TempData служит для передачи данных струкция, после чего в списке остаются между несколькими контроллерами. Дан- только нужные сущности. Данный список ные в TempData существуют с момента передается в частичное представление, отзанесения до момента извлечения. Срок правляемое на сторону клиента. Там оно жизни данных можно продлить с помо- встраивается в существующую веб-страницу.

```
[HttpPost]
public IActionResult Create(HasBactery bact)
    string bactname = Request.Form.First(p => p.Key == "bacterya").Value;
   Bacterya bacterya = context.Bacterya.First(b => b.ToString() == bactname);
   bact.bacterya = bacterya;
    context.HasBactery.Add(bact);
    context.SaveChanges();
   List<int> hbids = new List<int>();
    if (TempData.ContainsKey("bacteries"))
        hbids.AddRange((int[]) TempData["bacteries"]);
```

List<HasBactery> bacteries = context.HasBactery.Include(b=>b.bacterya).Where(hb => hbids.Contains(hb.id)).ToList();

Рис. 19. Занесение в базу данных сущности HasBactery

действуют по одной схеме. Сначала в базу рых лежит в TempData. данных заносится информация о самом

hbids.Add(bact.id):

TempData["bacteries"] = hbids;

return PartialView("index",bacteries);

зы, на сервер приходят данные об образце. места и шифр образца (рис. 20).

После того как пользователь отправил на После занесения образца в базу он связысервер необходимые сущности, требуется вается со всеми необходимыми сущностязанести в БД исследование. Этим занима- ми, то есть с сущностями, определяющими ется контроллер AnalyzeController. Для позицию и направление камеры, id котокаждого типа исследования в нем содер- рых приходит в форме в скрытых полях, и жится отдельный метод. Все эти методы со всеми исследованиями, список id кото-

Загрузка данных об образце происхоанализе, после сохранения с анализом свя- дит через несколько запросов. Первый раз зываются все сущности, id которых были в после применения всех фильтров отправ-TempData. Потом, как и для сущностей, id ляются основные данные об образцах, поанализа добавляется к списку в TempData. павших в результаты. Загружаются данные После того как в БД занесены все анали- о том, когда, кем взят образец, описание

all points				
create New				
dateofget	placedescription	shifr		
03.05.2016 0:00:00	efreqwfes	sdfas	To Point	Отправить
14.05.2016 0.00:00	stolbic	s1s2s3	To Point	Отправить
19.05 2016 0:00 00	ttyethsjyjndndtujtyjthntuxdjund	ggt6	To Point	Отправить

Рис. 20. Общие данные об образцах

Так как в Entity framework 7 нет функ- там запроса метод Include, куда в качестве ции ленивой загрузки, чтобы иметь воз- параметра передается лямбда выражение можность обращаться к навигационному определяющее, какое свойство включать. свойству, требуется применить к результа- Если требуется несколько свойств, то дан-



ный метод применяется несколько раз. ции SendMessage эти данные отправляются Чтобы включить навигационное поле у в unity для расстановки образцов на сцене. включаемой сущности, после Include при-

вер отправляется следующий ајах-запрос. ном методе происходит загрузка всех сущ-В ответ на него сервер отправляет данные ностей, связанных с данным образцом. Ід типа UnityPoint, которые получаются из образца имеется в скрытом поле на форме, сущности Point и содержат информацию о отправляемой на сервер. Он определяется id точки, её позиции и направлении камеры на этапе построения представления с обна неё, в формате json. С помощью функ- щими данными обо всех точках.

Также у пользователя есть возможность меняется метод ThenInclude, также прини- получить подробные данные о конкретном мающий лямбда выражение как параметр. образце. Для этого отправляется запрос на После загрузки основных данных на сер- сервер к методу PointData (рис. 21). В дан-



Рис. 21. Подробные данные об образце

Так как разные типы анализов должны включать в себя различные сущности, сначала включается только абстрактный класс analyze. Затем в цикле программа определяет тип анализа, достает из нужного поля в DbContext его экземпляр со всеми сущностями и заменяет им экземпляр, определенный абстрактным классом. После этого образец передается в представление.

ставляет собой сворачивающийся блок с ит галочка. данными.

На стороне клиента имеются формы для каждого из фильтров. С помощью фреймворка bootstrap реализованы раскрывающиеся вкладки с формами фильтров. Каждая форма находится в частичном представлении, которое встраивается в нужную вкладку (рис. 22).

Для того чтобы узнать, применяется ли данный фильтр в текущем запросе, в В представлении каждое исследование каждой форме имеется checkbox c id = передается в частичное представление ис- "needFilter". Форма отправляется на сервер следования нужного типа, которое пред- только тогда, когда в данном checkbox сто-



Рис. 22. Фильтры на стороне клиента

Так как требуется отправлять фильтры результаты применения фильтров. строго в одном порядке, то отправка фильтров регулируется с помощью языка java тра реализован свой обработчик. Данscript. В коде определен массив, содержа- ные форм доступны с помощью свойства щий id всех форм с фильтрами. Порядок Request. Form. элементов определяет очередность отправки фильтров на сервер. Отправка фильтра ших предыдущие фильтры, используется происходит после получения информации TempData об успешном применении предыдущего.

данный фильтр. Если нужен, форма от- ших предыдущие фильтры в TempData, и правляется с помощью ајах запроса и, в если нет, то использовать весь список тослучае успеха, вызывается nextfilter для чек. Для этого создан метод InitTempData следующего фильтра. Если фильтр не ну- (рис. 23). Данный метод проверяет, есть ли жен, просто вызывается nextfilter для сле- в TempData список id точек, прошедших дующего фильтра.

мента массива отправляется форма с данный метод возвращает ід всех образid="getpoints", а в ответ с сервера приходят цов в базе данных.

На стороне сервера для каждого филь-

Для передачи списка образцов, прошед-

В каждом обработчике запроса, приме-Для этого реализована функция nextfilter. няющем фильтр, требуется проверить, су-Функция nextfilter проверяет, нужен ли цествует ли данные об образцах, прошедпредыдущие фильтры, и возвращает дан-После обработки последнего эле- ный список. Если список отсутствует, то

```
public List<int> initTempData()
    List<int> pid = new List<int>();
    if (TempData.ContainsKey("Points"))
        try
           pid.AddRange((int[])TempData["Points"]);
        catch { }
    else
        pid = context.Point.Select(p => p.id).ToList();
    return pid;
```

Рис. 23. Метод InitTempData



исходит применение фильтра ко всем обмежду списком точек, прошедших преды- примененных в данном случае. дущие фильтры, и результатом текущего терфейсе IEnumerable.

дований. Набор фильтров для одного типа (рис. 24).

После получения списка образцов про- исследования не должен влиять на набор фильтров для другого типа исследования. разцам из базы данных. Итоговый список В результате мы должны получить объедиполучается нахождением пересечения нение результатов всех наборов фильтров,

Для начала требуется определить, какие фильтра. Пересечение находится с помо- типы исследований требуются в результащью метода Intersect, определенного в ин- те, за это отвечает фильтр AnTypeParametr. Он заносит в TempData не только резуль-Некоторые фильтры данных применя- тат самого фильтра, но и все типы исслеются только к определенному типу иссле- дований, которые требуются в результате

```
public TactionResult AnTypeParametr()
       istkint> pid = initTempData();
      ListCAnalyzeTypo> needtypes = new ListCAnalyzeTypo>();
string mb= Request.Form.FirstOrDefault(p => p.Key == "mban").Value;
string.dcl= Request.Form.FirstOrDefault(p => p.Key == "dclan").Value;
      if (mb != mull) { needtypes.Add(AnalyzeType.MicroBiologicalAnalyzeS); }
if (dcl != mull) { needtypes.Add(AnalyzeType.DendroChronologicalAnalyzeS); }
if (needtypes.Count > 0)
            TempData["types"] = needtypes;
           cint> filterresult = new List(int>():
             sch (AnalyzeType t in needtypes) (
filterresult =filterresult.Union(context.Point.Include(p => p.analyze.Where(p =>p.analyze.Where(an=>an.type==t).Count()>0).Select(p => p.id)).ToList();
      pld = pld.Intersect(filterresult).ToList();
           TempData["Points"] = pid;
```

Рис. 24. Фильтр по типам исследований

типах данных. Если данной записи нет, фильтров, привязанных к типам. Если в то в результате будут все типы. Если за- ТеmpData имеются результаты фильтров, тип данных, к которому привязан данный но быть их объединение, иначе – результафильтр в результате. Если нет, то фильтр ты общих фильтров. игнорируется.

TempData пересечение старого значения и визуализации. результатов фильтра.

ходит в обработчике событий GetPoints. о месте взятия образца, имеется 3D-модель

В начале каждого фильтра, привязан- В начале этого метода из TempData поного к типу исследования, программа лучаются результаты общих фильтров. проверяет, есть ли запись в TempData о Затем из TempData получают результаты пись имеется, то проверяется, будет ли привязанных к типу, то в результате долж-

После этого итоговый результат опять После применения фильтра и пересе- заносится в TempData для передачи речения со списком, полученным из общих зультатов в unity и визуализации. Затем фильтров, программа заносит в TempData Метод передает представление с результазапись для типа исследования, к которо- тами на страницу. После этого срабатываму применяется данный фильтр. Если за- ет метод GetJsonPoints. В нем на страницу пись уже создана, то программа заносит в отправляются результаты фильтров для

За визуализацию данных об образцах После применения фильтров требуется отвечает 3D-сцена, созданная на unity. На получить итоговый результат. Это проис- ней, как и в сцене, где заполняются данные объекта культурного наследия (рис. 25). а также имеются поля, обозначающие рас-На камере в данной сцене висят компо- стояние от точки до камеры, и материалы ненты ShowStrategyCamera, rigidbody и для выделенной и обычной точек. MouseLook. Их действие совпадает с действием подобных компонентов в сцене, где звать функцию в unity через язык JavaScript, происходит заполнение данных об образце, за исключением того, что у компонента ShowStrategyCamera нет ссылки на сферу и екта, у которого вызывается функция, имя функционала, отвечающего за показ сферы под курсором, и отмечание точки.

Также на данной сцене имеется объект типа сообщений: Communicator, содержащий компонент ShowPoints. Данный объект служит для всех действий, касающихся общения с веб-страницей и расстановкой объектов, обозначающих образцы на сцене.

Компонент ShowPoints имеет свойства сат, где хранится ссылка на камеру, щает всю сцену от точек, которые на ней pointprefub, обозначающий пример объекта точки, points, хранящий список всех точек, которые есть на экране, highlightedPoint, где хранится ссылка на выделенную точку,

Html-страница имеет возможность выиспользуя функцию SendMessage, куда в качестве параметров передаются имя объфункции и параметры.

В данную сцену браузер отправляет два

- 1. Вызывается метод show и передается json строка, содержащая данные об образцах, которые нужно визуализировать;
- 2. Вызывается метод ToPoint, куда передается id точки, которую надо выделить.

При вызове функция show сначала очиимеются. Удаление объектов происходит в цикле пробегающим по списку points. Затем требуется десерилизовать данные о новых образцах из json.



Рис. 25. Визуализация данных образцов

не поддерживаются при сборке в WebGl.

получены из json строки, происходит рас- ных точек. становка точек на сцене. У префаба точки направление камеры на точку.

ленную точку (рис. 26) и навести на неё ка- экрана.

Для десериализации используется би- меру (рис. 27). В начале метода проверяетблиотека Newtonsoft.Json. Объекты десе- ся, есть ли выделенная точка, и если есть, риализуются через LINQ запросы, так как то её материал заменяется на обычный. Заметод JsonConvert.DeserializeObject() ис- тем в списке points по id находиться точка, пользует динамические методы, которые которая должна быть выделена. Ссылка на неё заноситься в highlightedPoint, а её ма-После того как данные типа UnityPoint териал меняется на материал для выделен-

После этого требуется навести на нее имеется компонент Point с полями id типа камеру. Для этого камере задают направint и direction типа Vector3. При расстанов- ление, указанное в свойстве direction. Поке точек после создания клона префаба в зиция камеры получается вычитанием из поле id заносится id точки, в поле direction позиции точки вектора, полученного умножением направления камеры на значе-Теперь рассмотрим метод ToPoint. Он ние свойства delta. После этого пользовасоздан для того, чтобы выделить опреде- тель может видеть данную точку в центре



Рис. 26. Выделение точки на 3D-модели

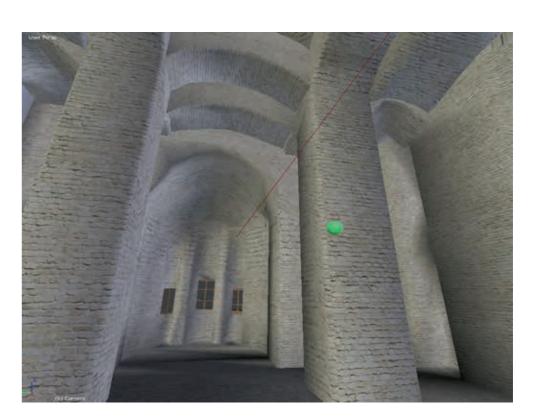


Рис. 27. Наведение камер на точку

ционал для регистрации и авторизации UserManager. пользователей. Это экономит время разработки, так как разработчику остается ставляет информацию об имени, фамитолько настроить права доступа пользова- лии, должности и направлении работы телей к функциям сайта.

классе ApplicationUser, который насле- ляется на Claim с типом post. Направление дуется от IdentityUser. В данной автоматизированной системе в информации о Для начала полноценной работы с сайтом пользователе храниться его имя, фами- требуется, чтобы администратор подтверлия, должность и направление, в котором дил информацию, предоставленную польон работает в данной системе. Также у зователем.

Для реализации авторизации и аутен- класса пользователя имеются ссылки на тификации в автоматизированной си- Roles, которая хранит роли, определенстеме используется технология ASP .NET ные в системе, и на Claims, где хранятся Identity 3.0. При создании проекта данная пары тип - значение. Все действия с аккатехнология автоматически создает функ- унтами совершаются через объект типа

При регистрации пользователь предо-(рис. 28). Имя и фамилия заполняются в Все данные о пользователе хранятся в класс ApplicationUser. Должность отправработы сохраняется в Claim типа direction.

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 28. Регистрационная форма пользователя

В автоматизированной системе имеет- нием true. При присвоении прав админися только у администратора. Он отвечает сваивается новый со значением Admin. за функции подтверждения информации, добавляется Claim типа checked со значе- соответствие нескольким политикам.

ся контроллер, доступ к которому имеет- стратора удаляется Claim типа post и при-

В Identity 3.0 проверка прав доступа осупредоставление какому-либо пользова- ществляется через политики. Политика телю прав администратора и удаление - некоторая проверка данных, определенаккаунтов (рис. 29). При подтверждении ная разработчиком. Доступа к некоторому информации об аккаунте к пользователю методу или контроллеру может требовать



Рис. 29. Функция подтверждения информации администратором

В автоматизированной системе опреде- должностью исследователь и выше. лены следующие правила доступа:

- ко администратору;
- твержденные пользователи;
- изменять справочные сущности мо- тором. гут только представители направления, к

Для соответствия этим правилам опре-- управление аккаунтами доступно толь- делены следующие политики (рис. 30):

Checked - запрашивает Claim типа - добавлять образцы могут только под- checked. Если он имеется у пользователя, значит, аккаунт подтвержден администра-

Admin - запрашивает Claim типа post co которому относится данная сущность, с значением Admin. Если значение другое,

то запрещает доступ.

то разрешает доступ.

```
Политики, проверяющие значение Claim
  LargePost - запрашивает Claim типа post. типа direction. Проверяют соответствует
Если значения Researcher или GroupLider, ли направление пользователя заданному.
                                         По одной на каждый тип исследования.
```

```
services.AddAuthorization(options =>
    options.AddPolicy("checked", policy => policy.RequireClaim("Checked"));
    options.AddPolicy("Admin", policy => policy.RequireClaim("post", "Admin"));
    options.AddPolicy("LargePost", polcy => polcy.RequireClaim("post", "Researcher", "GroupLider"));
    options.AddPolicy("MBan", policy => policy.RequireClaim("direction", "MicroBiologicalAnalyzes"));
    options.AddPolicy("Dclan", policy => policy.RequireClaim("direction", "DendroChronologicalAnalyzes"));
});
```

Рис. 30. Политика правил доступа

система решает задачи по систематизации, унификации и хранению результа-3D-формате.

решается проблема быстрого доступа к людьми.

В данный момент автоматизированная необходимым данным, что позволит ускорить анализ результатов исследований.

Также разработанная система авторитов исследований. Также решена пробле- зации и аутентификации предоставляет ма визуализации объектов культурного пользователям только необходимый набор наследия и результатов исследования в прав доступа к функциям, что позволяет избегать ошибок из-за изменения дан-Благодаря гибкой системе фильтров, ных недостаточно квалифицированными

#### База знаний

результаты микробиологии, оптической пополняемыми сведениями о результатах микроскопии, сканирующей электронной исследований (рис. 31-34). Планируется микроскопии, рентгенофлуоресцентно- внедрение ее в программную оболочку го анализа, спектрального анализа, рент- автоматизированной системы с разработгенофазового анализа, техникотехноло- кой информационно-поисковой системы. гического анализа, дендрохронологии, Кроме того, собран банк данных архивных радиоуглеродного анализа, инженерно-ар- документов из региональных источников хитектурного анализа, которые проводи- в электронном формате. Планируется осулись в Успенском соборе в 2015 году. На ществить оцифровку источников из ценданный момент база данных представляет трального архива в г. Москва.

Автоматизированная система включает собой табличные формы с периодически

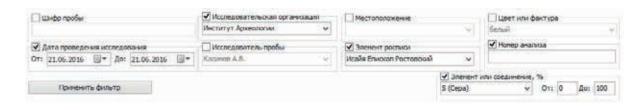


Рис. 31. Форма редактирования с информационно-поисковой системой

Рис. 32. Форма исследователя с информационно-поисковой системой

рующей электронной микроскопии будут \*.pdf. отображены в табличной форме, отмечены на 2D- и 3D-модели, кроме этого, пол- периодические и текущие наблюдения и ный отчет и графические материалы по исследования объекта.

Результаты образца, например, скани- этому образцу можно скачать в формате

Архивный модуль будет содержать все

#### Депозитарий образцов для анализов

создана физическая база данных образцов. поверхности виртуального пространства. Каждому образцу присвоен уникальный Кроме этого, на основе архивных данных номер, а информация о нем в базе знаний будет построена архитектурная реконсодержит сведения о месте и дате забора струкция объекта во времени. проб, а также физическое место хранения ментация по условиям их содержания.

Таким образом, в целом реализованы сервер, а также загрузки данных с сервера и их визуализации. Также отработана фильтров для загружаемых данных.

Для визуализации автоматизированной системы построены две 3D-модели объекта: упрощенная и высокого разрешения. индикации места отбора проб и отображе- цов.

Помимо автоматизированной системы, ния фресковой живописи на внутренней

Мониторинг Успенского собора позвопробы, определено место хранения образ- лил определить план мероприятий для цов и разрабатывается проектная доку- его сохранения. Внедрение системы отображения изменений температурно-влажностного режима в автоматизированной модули заполнения и отправки данных на системе будет производиться на этапе его завершения.

Сформирован банк данных, на основе возможность использования некоторых которого определены вид представления результатов междисциплинарных исследований Успенского собора. Отработаны региональные источники архивной информации по объекту культурного насле-Планируется использование моделей для дия. Создан депозитарий хранения образ-

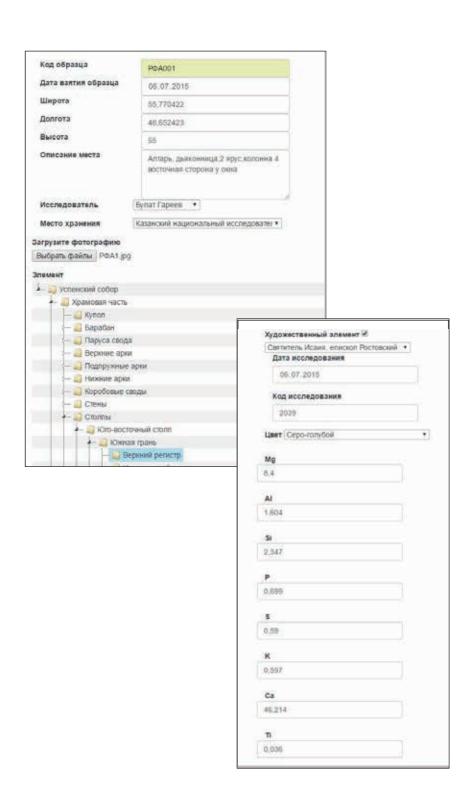
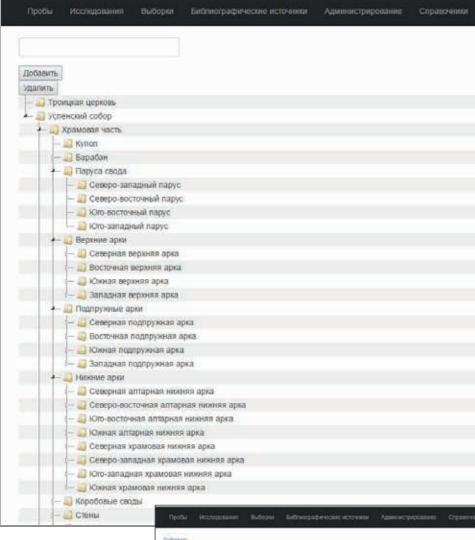


Рис. 33. Пользовательские интерфейсы для ввода данных о проведённом исследовании через Web-браузер.



Опламена

Натаванів

Место

Святитеть Ислана, етисноп Распиский

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Овверо-весточный столя, Обжая грань, Верхний регистр

Святитеть Ислана, интрологит московой

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Связро-весточный столя, Связрова грань, Центральный регистр

Святитеть Ислана Александрийский

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Связро-весточный столя, Связрова грань, Центральный регистр

Святитеть Агексай, не трелогит москором!

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Связро-весточный столя, Восточная грань, Центральный регистр

Святитеть Крама Александрийский

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Связро-весточный столя, Южкая грань, Центральный регистр

Святитеть Араносия Александрийский

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Коверо-весточный столя, Южкая грань, Центральный регистр

Святитеть Араносия Александрийский

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Соверамя грань, Верхний регистр

Святитеть Инексай Чусляграц

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Восточкая грань, Верхний регистр

Освятитеть Инексай Чусляграц

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Восточкая грань, Верхний регистр

Исвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Восточкая грань, Центральный регистр

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Восточкая грань, Центральный регистр

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Восточкая грань, Центральный регистр

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Коккая грань, Центральный регистр

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Коккая грань, Центральный регистр

Усвенский собор, Храмовая часть, Столлы, Клю-весточный столя, Коккая грань, Центральный регистр

Рис. 34. Просмотр вспомогательных справочников через Web-браузер.

## Литература

- 1. Азизов, Т.Р., Шайхутдинова, Е.Ф., Касимов, А.В., Ситдиков, А.Г. Практический подход к разработке автоматизированной системы учета результатов исследования историко-архитектурных объектов острова-града Свияжск // Электронные библиотеки, 2015. Т. 18. №6. С.337-349.
- 2. Шайхутдинова, Е.Ф., Касимов, А.В., Ситдиков А.Г. Разработка автоматизированной системы учета результатов исследования и мониторинга текущего состояния историко-архитектурных объектов острова-града Свияжск // Историко-культурное и духовное наследие Свияжска: сборник материалов Международного конгресса (г. Казань, 15-16 июля 2015 г.) / Под общ. ред. Р.М. Валеева. Казань, Татарское республиканское издательство «ХЭТЕР», 2015. С. 254-258.
- 3. Shaykhutdinova, E.F., Kasimov, A.V., Sitdikov A.G. Preliminary results of the development of a unified system for the research and monitoring of the current condition of the 17th century Assumption Cathedral in the island town of Sviyazhsk (Tatarstan, Russia) // Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Heritage and Sustainable Development. Volume 2. Lisbon, Portugal, 12-15 July, 2016. Pp. 1481-1488.







## 2.10 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УСПЕНСКОГО СОБОРА

Е.Ф. Шайхутдинова, А.В. Касимов, Б.М. Усманов, А.Г. Ситдиков

#### Резюме

Успенский собор является сложным архитектурным сооружением. Внешний облик храма претерпевал изменения в течение всего времени его существования. Достаточно сложный интерьер собора затрудняет проведение как научных изысканий, так и осуществление постоянного мониторинга его инженерно-технического состояния. Важной исследовательской и практической задачей является создание его пространственной визуализации. Высокоточная трехмерная модель Успенского собора позволяет отобразить внешние и внутренние конструкции в целом и поэлементно, а также открывает дополнительные возможности для замеров, изучения и реставрации конструктивных элементов храма, а также фиксации его состояния.

### Summary

The Assumption Cathedral is a complex architectural structure. Its appearance has undergone changes throughout the entire period of its existence. Its rather complex interior complicates the performance of both research activities and continuous monitoring of its engineering and technical condition. One of the most important research and practical tasks is its three-dimensional visualization. A highly accurate three-dimensional model of the Assumption Cathedral facilitates partial and complete visualization of its exterior and interior structure, and provides an opportunity to perform measurements, research and restoration of its structural elements and register its condition.

Подробная высокоточная модель пред- стыми текстурами и изготавливается на ставляет собой высокополигональную основе чертежей, содержащих планы, разсетку, изготовленную из плотного облака резы, фасады. точек, которое может быть получено меили фотограмметрии.

объекта с индикацией двумерных элементов, например отображение фресковой живописи на внутренней поверхности модели объекта или мест забора проб междисциплинарных исследований, важна не столько размерная точность, которая отображает каждую сантиметровую неровность на поверхности, сколько точность необходима облегченная или упрощенная собой низкополигональную сетку с про- ботка данных его результатов.

Как объект культурного наследия Успентодом лазерного сканирования объектов ский собор содержит всего один памятник, включающий в себя единственное здание. Для задачи виртуальной реконструкции Поэтому структуру собора, как и любой макроскопический пространственный объект, всегда можно представить в виде древовидной иерархии его частей (рисунок 1). Таким образом, пространственным объектом является здание, его частью - часть здания, а элементы росписи и деревянные элементы размещаются на этих частях.

В 2015 г. для создания высокоточной 3Dконструктивная. Поэтому в данном случае модели Успенского собора в единой мировой системе координат было произведено трехмерная модель, которая представляет лазерное сканирование объекта и обраобходимо для высокоточной взаимной исторических объектов острова-града увязки пунктов, с которых в дальнейшем Свияжск к местной (МСК-16) и глобальпроводится локальное лазерное сканиро- ной системам координат (ITRF, UTM39N).

Создание опорной съемочной сети не- вание, а также для привязки уникальных



Рис. 1. Древовидная иерархия визуализации Успенского собора

Схема привязки спутниковыми мето- ской системе координат ITRF и широко Успенского собора.

сот - Балтийская.

сканирования к глобальной геоцентриче- (см. таблицу 2).

дами съемочной сети к опорному пункту используемой в международных истори-BSVIJAZSK представлена на рисунке 2. ко-архитектурных проектах прямоуголь-На рисунке 3 показана построенная вы- ной системы координат UTM в качестве сокоточным электронным тахеометром опорной станции использовалась базосхема локальной съемочной сети вокруг вая ГНСС станции КФУ, расположенная в астрономической обсерватории (АОЭ) Координаты пунктов съемочной сети им. В.П. Энгельгардта. С помощью сервиса в местной системе координат (MCK-16) Trimble RTX PP был обработан суточный представлены в таблице 1. Система вы- файл измерений на пункте EAOZ и были получены координаты пункта в глобальной Для привязки результатов лазерного геоцентрической системе координат ITRF



Рис. 2. Привязка съемочной сети к опорному пункту





ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ

Рис. 3. Схема высокоточной локальной геодезической сети вокруг Успенского собора

# ТАБЛИЦА 1 Каталог координат пунктов съемочной сети в МСК-16 для Успенского собора в составе комплекса Успенско-Богородицкого мужского монастыря

Имя точки	Восток Ү	Север Х	Отметка
1	1276203.465	473723.351	76.811
2	1276220.966	473730.002	75.396
3	1276209.334	473758.800	75.110
4	1276198.289	473745.297	76.984
5	1276171.870	473745.953	74.620
6	1276179.084	473725.988	76.592
BSV_KAT	1277154.560	474114.010	56.587
BSVIJZSK	1277154.490	474113.976	56.493
R1	1276193.623	473684.878	74.359
R2	1276273.796	473745.621	76.223

ТАБЛИЦА 2

## Координаты базовой ГНСС станции ЕАОΖ (АОЭ КФУ) в глобальной геоцентрической системе координат ITRF

ITRF2008 at Epoch 2005.0				
Coordinate	σ			
Χ	2363886.056 m	0.004 m		
Υ	2701429.681 m	0.004 m		
Z	5254544.148 m	0.005 m		
Latitude	55° 50' 23.77762" N	0.003 m		
Longitude	48° 48' 44.82782" E	0.003 m		
El. Height	106.471 m	0.006 m		

ITRF2008 at Epoch 2015.67				
Coordinate	σ			
X	2363885.834 m	0.004 m		
Y	2701429.795 m	0.004 m		
Z	5254544.189 m	0.005 m		
Latitude	55° 50' 23.77997" N	0.003 m		
Longitude	48° 48' 44.84176" E	0.003 m		
El. Height	106.471 m	0.006 m		

блицу 3).

в нужную систему координат необходимо тия моделей.

С использованием этих координат были иметь на объекте не менее трех опорных вычислены координаты станций скани- точек, не лежащих на одной прямой, опрерования в широко используемой в меж- деленных в нужной системе координат. дународных проектах системе плоских В качестве опорных точек рекомендуетконформных координат UTM 39N (см. та- ся использовать специальные марки (см. рисунок 4). В качестве связующих точек Для внешнего ориентирования модели используются специальные марки, также и связи отдельных сканов в единое облако могут использоваться естественные конточек и для перевода результатов работы туры объекта, попавшие в зону перекры-

ТАБЛИЦА 3 Каталог координат пунктов съемочной сети в UTM 39N для Успенского собора в составе комплекса Успенско-Богородицкого мужского монастыря

Имя точки	Восток Ү	Север Х	Отметка
1	352745.408	6183011.545	76.811
2	352762.816	6183017.600	75.396
3	352752.173	6183046.265	75.110
4	352740.927	6183033.286	76.984
5	352714.947	6183034.670	74.619
6	352721.488	6183014.821	76.592
BSVIJZSK	353707.139	6183375.539	56.449
EAO	363016.370	6190429.658	102.613
M1	352734.647	6182973.959	74.359
M2	352815.231	6183031.485	76.206
R2	352815.241	6183031.495	76.223



ведены на рис. 6.

установки сканера и расстояние до фаса- перекрытия.

Лазерное сканирование Успенского про- дов определялись в первую очередь техниводилось лазерным сканером Trimble TX8 ческими возможностями применяемого (см. рис. 5), предоставленным московским сканера по углу горизонтального и верпредставительством фирмы Trimble (Ка- тикального полей зрения. Расстояние от лифорния, США). Данный прибор имеет станции до здания не должно быть очень скорость сканирования до 1 млн точек в большим, так как нужно учитывать, что секунду и шумом сканера на не хуже 2 мм с увеличением расстояния увеличивается в стандартном режиме. Подробные техни- обзорность, но снижается точность скаческие характеристики Trimble TX8 при- нирования. Поэтому рекомендуемое расстояние составляет примено 100 м. Для Лазерный сканер устанавливался в обеспечения совмещения сканов с разных произвольно выбранных местах на до- точек стояния в единое пространство скастаточном расстоянии от фасада. Места ны осуществлялись с зонами взаимного



Рис. 4. Специальная марка для сшивки облаков точек



Рис. 5. Лазерный сканер Trimble TX8

которые будут видны с третьей станции, маркам.

При создании рабочего съемочного обо- и т.д. При постобработке для объединения снования трехмерной съемки специаль- полученных сканов в единое облако точек ные марки располагались вокруг объекта к первому скану подсоединяется второй, таким образом, чтобы со второй станции затем третий и так далее до последнего. в поле зрения сканера должно было по- Затем полученное облако точек в системе пасть более трех марок, отобразившихся координат первого скана приводилось в на первом скане, и не менее трех марок, нужную систему координат по опорным

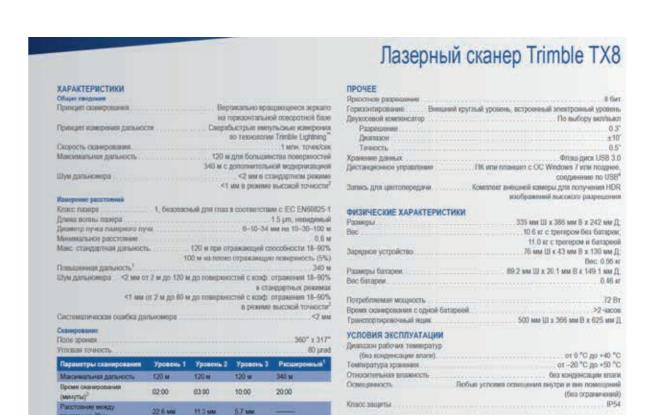


Рис. 6. Технические характеристики лазерного сканера Trimble TX8

75.1 am

312 MIN. 10408

Порядок работы на съемочной станции ное разрешение - 20 мм на 30 м. сканера состоял из следующих этапов:

- 1. Установка лазерного сканера напротив здания на штатив, высота которого задается такой, чтобы обеспечить максимальный охват интересующего объекта на одном скане. Выравнивание сканера с помощью трегера.
- 2. Инициализация сканера. Создание проекта. Установка параметров атмосферы. Выравнивание сканера с помощью компенсатора.
- 3. Разрешение сканирования определятребуемой точности результатов, при этом приводит к увеличению времени сканиромерной плотности точек. Для съемки фасада

- 4. Сканирование производилось на 360°.
- 5. При невозможности снять объект полностью с одной точки осуществлялось перемещение сканера на следующую точку сканирования и повторение этапов. При этом станции располагались таким образом, чтобы избежать появления «мертвых зон» на сшитом облаке точек. Также с новой станции должно быть видно как минимум 3 марки с предыдущей.

Сшивка сканируемых объектов в пролось для каждой станции в зависимости от граммном обеспечении Trimble RealWorks выполнялась по специальным маркам или учитывалось, что повышение разрешения характерным точкам облака с использованием геопространственной привязки. Для вания и на близких расстояниях - к чрез- геопривязки точкам на сшиваемых сканах присваивались известные координаты, по-Успенского собора среднее разрешение со- лученные с помощью геодезических инструставляло 10 мм на 30 м. Для проведения об- ментов. Для сшивки по характерным точзорной съемки использовалось минималь- кам облака отмечались одни и те же точки

может производиться в полностью автомаотчета о качестве сшивки.

Качество сшивки определяется с помощью встроенного инструмента Target фильтров позволяет «проредить» облако то-Analyzer. С помощью него можно изменить или удалить ошибочно совмещенные точки или марки, а также создать дополнительные марки в облаке точек, где такая марка визуально идентифицируется как отсканирован- зультатов сканирования данные обрабатыная.

кам-отражателям дает большую точность сшивки, а также уменьшает время камеральных работ. Сшивка по характерным точкам мало подходит для высокоточных расположения исходных точек сканирования, что не позволяет точно проконтролировать результаты сшивки, но высокая плотность сканирования позволила, в случае невозможности распознавания марки, использовать данный метод с минимальной ошибкой.

Следующим этапом является фильтрация данных:

1. Удаление из данных наземного лазерноточек, не принадлежащих объекту съемки – (деревья и высотные конструкции, автотех- интерьера не представилось возможным.

на двух разных сканах. Сшивка по маркам ника, люди и т. д). Это необходимо с целью «облегчения» точечной модели для дальнейтическом режиме с последующим выпуском шей обработки ее при помощи автоматических фильтров.

> 2. Обработка с помощью автоматических чек для его облегчения, задать необходимый интервал между точками для фиксации необходимого разрешения.

После предварительной обработки реваются с использованием возможностей Сшивка по специальным плоским мар- программы Trimble RealWorks, а также сторонних программ для получения 3-D моделей и отрисовки планов зданий.

Собор Успения Пресвятой Богородицы бы отсканирован в составе комплекса измерений из-за влияния вероятностного Успенско-Богородицкого мужского монастыря (см. рис. 7). Облако из 1,7 миллионов точек трехмерной модели собора (см. рис. 8) было получено с 11 станций, его плотность составила  $4500 \text{ т/м}^2$ .

> Полученная подробная трехмерная модель Успенского собора занимает 34 Гб дискового пространства.

Поскольку фресковая живопись собора на момент сканирования (октябрь 2015 г.) находилась в реставрации и все внутреннее го сканирования в интерактивном режиме его пространство занято строительными лесами, произвести лазерное сканирование

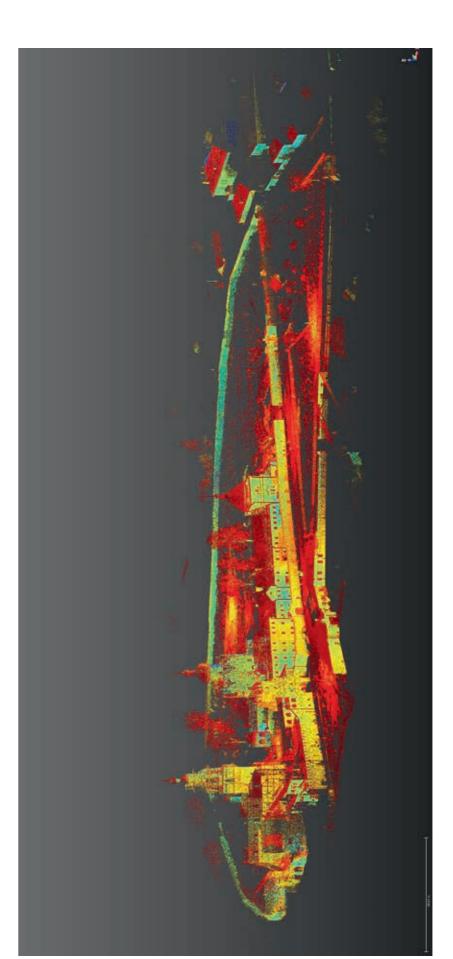


Рис. 7. Облако точек сканирования Успенско-Богородицкого мужского монастыря

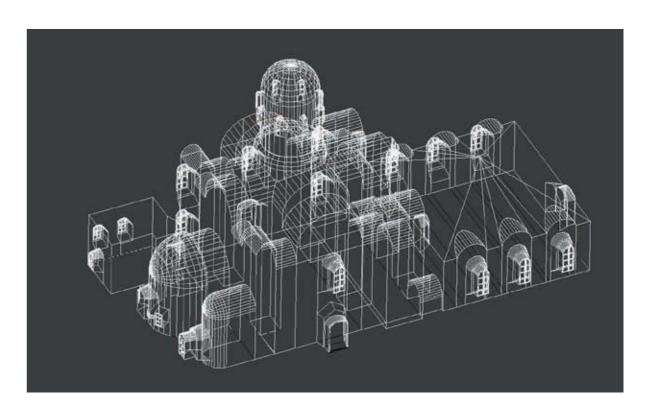




Рис. 8. Облако точек сканирования Успенского собора

Для выполнения задачи виртуальной реконструкции объекта с индикацией Успенского собора проводилось с помодвумерных элементов необходима низко- щью инструмента Editable poly, который полигональная трехмерная модель Успен- обеспечивает адекватность сложной поского собора, которая может быть получе- лигональной модели. На рис. 9 и 10 предна в специализированном программном ставлены результаты построения модели обеспечении путем отрисовки ее по об- объекта в виде каркасного и полигональмерочным чертежам (исполнитель ОАО ного отображения внутренней поверхно-«ТатСНРУ»).

Создание упрощенной 3D-модели сти собора.



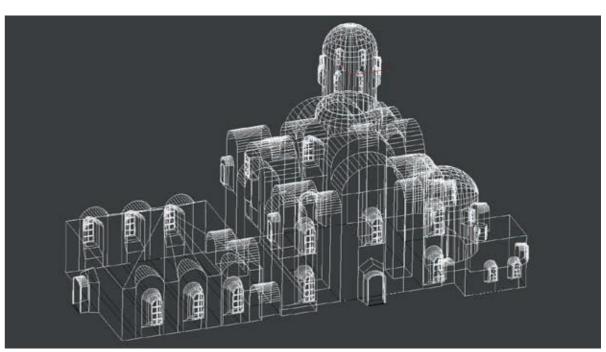
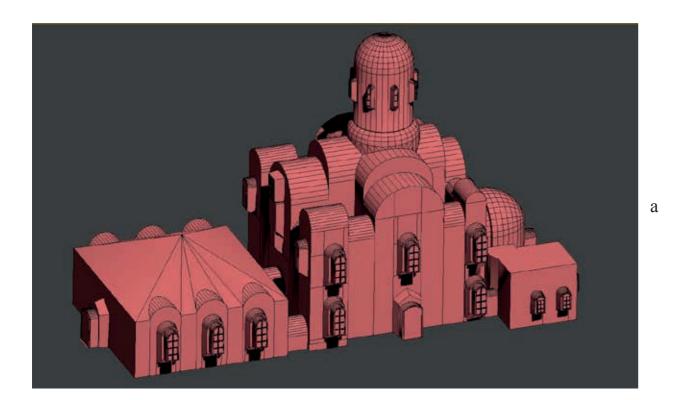


Рис. 9. Каркасное отображение модели внутренней поверхности Успенского собора:

а - вид с юга; б - вид с севера

б





изучение и сохранение

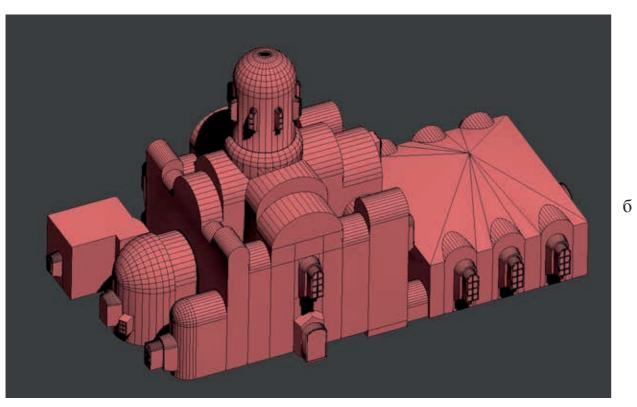


Рис. 10. Полигональное отображение модели внутренней поверхности Успенского собора:

а-видсюга; б-видссевера

244 -

В соответствии с визуальным представлением о строительных материалах собора ления, мощности, спектра освещения и в модель вносится информация, например, выбор точек и угла построения проекции о цвете стен, их шероховатости, рельефе и модели. Поскольку модель является разт.п. (см. рис. 11-14). Текстурирование осу- мерной, никаких дополнительных специществлялось в соответствии со встроен- фических параметров в построение моденой картой UV-координат.

Затем производится настройка направли не вносилось.



Анимация трехмерной модели собора себя несколько алгоритмов просчёта гловключает в себя симуляцию передвиже- бального освещения (Global Illumination). ния как снаружи, так и внутри объекта.

торной) пространственной модели на пло- же создание видовых композиций, коскость экрана использовалась технология торые возможно использовать вне прорендеринга V-Ray, которая включает в граммной среды для демонстрации.

На основе разработанной трехмерной Для отображения математической (век- модели Успенского собора возможно так-



Рис. 11. Трёхмерная модель Успенского собора

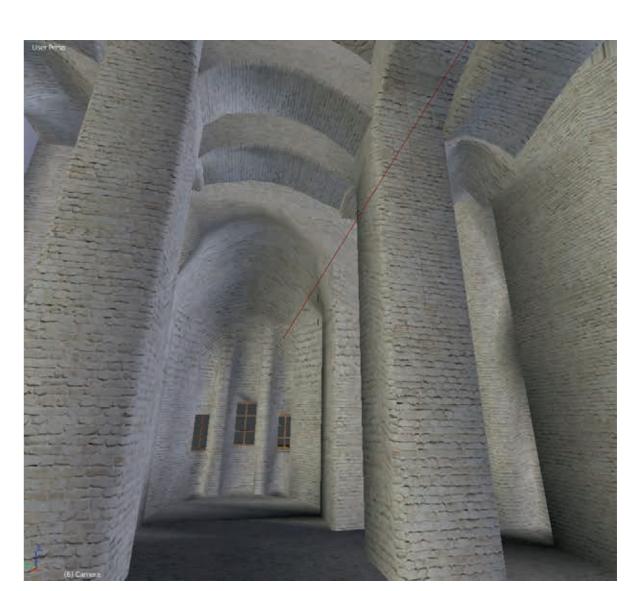
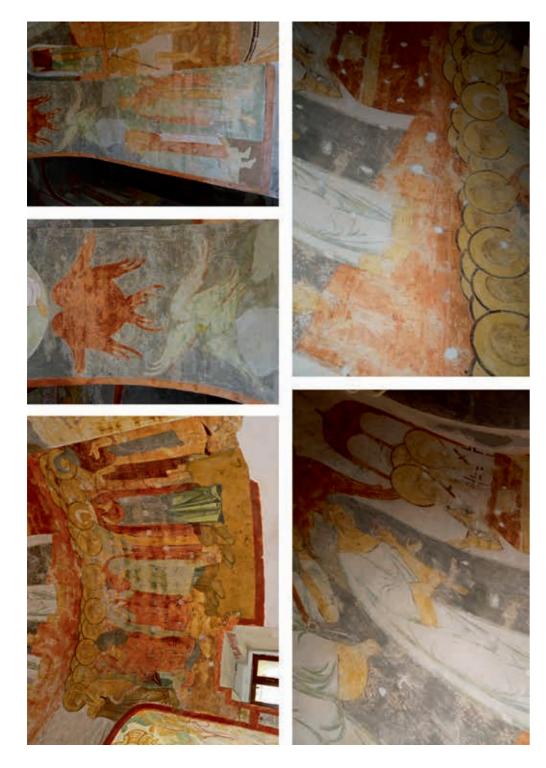




Рис. 12. Трёхмерная модель интерьера Успенского собора







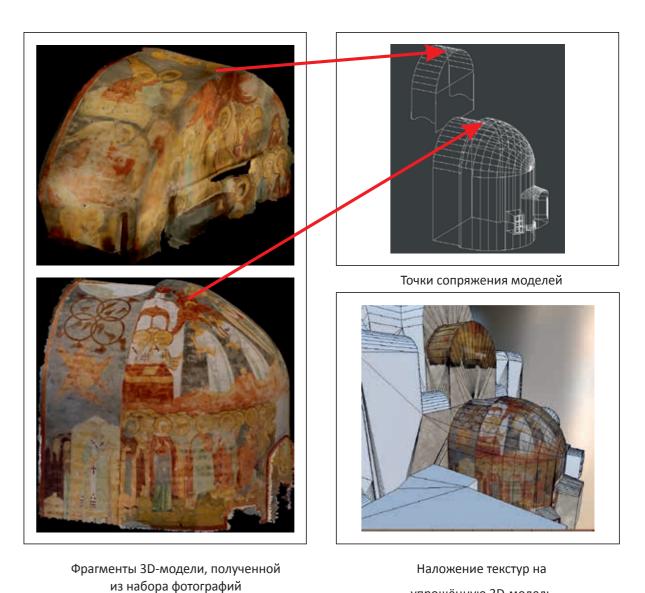


Рис. 14. Наложение текстур на упрощённую 3D-модель из высокополигональной модели, полученной методом фотограмметрии.

упрощённую 3D-модель

- 248 - 249





Рис. 15. Проецирование элементов оформления на плоскость



## Авторский коллектив и редакционная коллегия выражают благодарность:

Президенту Республики Татарстан Р.Н. Минниханову,

Государственному Советнику Республики Татарстан М.Ш. Шаймиеву,

Министру иностранных дел Российской Федерации С.В. Лаврову,

Министру культуры Российской Федерации В.Р. Мединскому,

Генеральному директору ЮНЕСКО Ирине Боковой,

Генеральному директору Государственного Эрмитажа М.Б. Пиотровскому,

Послу по особым поручениям МИД России Э.В. Митрофановой,

Ответственному секретарю Комиссии Российской Федерации по делам ЮНЕСКО Г.Э. Орджоникидзе,

Директору Департамента контроля, надзора и лицензирования в сфере культурного наследия Министерства культуры Российской Федерации В.А. Цветнову,

Митрополиту Казанскому и Татарстанскому Феофану,

Ректору КФУ И.Р. Гафурову,

Ректору КАЗГИК Р.Р. Юсупову,

Ректору КГАСУ Р.К. Низамову,

Председателю Государственного комитета Республики Татарстан по архивному делу И.Х. Аюповой, Президенту Академии наук Республики Татарстан М.Х. Салахову,

Директору Института истории им. Ш. Марджани Академии наук Республики Татарстан Р.С. Хакимову,

Муниру Бушенаки, Франческо Бандарину, Кишоре Рао, Алессандро Бальзамо, Анне Сидоренко, Бритте Рудольф, Гвенель Бурден, Реджине Дуригелло, К.М. Волкову, Х.Г. Надыровой, О.И. Пиульской, О.Е. Шелковской, В.Р. Алиакберовой, П.П. Терехову, А.К. Ярмухаметовой, Е.А. Венедиктовой, Р.Р. Салихову, В.Ю. Матвееву, А.Ш. Лисициной, Г.Р. Руденко, А.И. Шкурко, Е.Ю. Гагариной, А.В. Меньшову, А.В. Энговатовой, Н.А. Макарову, Л.А. Беляеву, О.В. Глебову, И.И. Зарипову, А.А. Хуснутдинову, А.С. Усманову, Г.Р. Нигматуллиной, А. Препису, Е.М. Пашкину, З.А. Захаровой, М. Аспра Вардаваки

Успенский собор. Изучение и сохранение. т.2

Под редакцией Рафаэля Миргасимовича Валеева, Айрата Габитовича Ситдикова, Рамиля Равиловича Хайрутдинова

> Верстка: С.И. Смолкин Корректор: Г.П. Слесарева

Подписано в печать 15.12.2016 г. Формат 60х90/8. Усл. печ. л. 31,5. Тираж 500 экз. Издательство ООО «Главдизайн»