

**РЕЗУЛЬТАТЫ МИКОЛОГИЧЕСКОГО И ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОГО
ОБСЛЕДОВАНИЯ СТЕНОПИСИ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
СПАССКОЙ ЦЕРКВИ СПАСО-ЕВФРОСИНИЕВСКОГО МОНАСТЫРЯ
(2016 – 2024 гг.)**

*канд. биол. наук Н. Л. РЕБРИКОВА¹, канд. биол. наук И. Н. ПРОВОРОВА²
(Государственный научно-исследовательский
институт реставрации, Москва, Россия)*

¹OCRID <https://orcid.org/0000-0002-9172-325x>

²OCRID <https://orcid.org/0009-7356-1080>

Регулярное микологическое обследование памятника стало проводиться, начиная с февраля 2016 года, и продолжалось до второй половины 2024 года. В задачи обследования входило определение численности микроскопических грибов в пробах из зон деструкции строительных материалов, включая крипту, которая коррелирует с их разрушением и связана с влажностным режимом конструкций храма. С помощью микологического мониторинга можно отслеживать изменения тепло-влажностного режима конструкций. В отопляемых памятниках можно также выявлять дефекты теплозащиты оконных и дверных проемов. Выявление колоний экстремальных ксерофильных форм грибов на стенописи и строительных материалах позволяет определить зоны с нарушенной циркуляцией воздуха.

С помощью энтомологического обследования были выявлены активные очаги развития древоточцев на лестнице, ведущей на чердак, и в конструкциях чердака. На дубовой плите северо-западного столба обнаружены следы жизнедеятельности точильщиков, связанные с их развитием в прошлом. Установлено, что в разрушении внутрисконной дубовой связи, расположенной на уровне западного дверного проёма активное участие принимали муравьи-древоточцы.

Ключевые слова: *микробиоты, дереворазрушающие насекомые, микологический анализ, энтомологический анализ, строительные материалы, стенопись.*

**THE RESULTS OF MYCOLOGICAL AND ENTOMOLOGICAL
MONITORING OF THE WALL PAINTINGS AND BUILDING STRUCTURES
OF THE SPASSKAYA CHURCH OF THE SPASO-EVROSINIEVSKY
MONASTERY (2016–2024)**

N. REBRIKOVA, I. PROVOROVA
(State Research Institute for Restoration, Moscow, Russia)

Regular mycological examination of the monument began to be carried out starting in February 2016, and continued until the second half of 2024. The survey tasks included determining the number of microscopic fungi in samples from the destruction zones of building materials, including the crypt, which correlates with their destruction and is related to the humidity regime of the temple structures. Mycological monitoring can be used to monitor changes in the heat and humidity conditions of structures. Defects in the

thermal protection of window and door openings can also be detected in heated monuments. The identification of colonies of extreme xerophilic fungal forms on wall paintings and building materials makes it possible to identify areas with impaired air circulation.

An entomological examination revealed active foci of woodworm development on the stairs leading to the attic and in the structures of the attic. Traces of the activity of wood-boring beetles, related to their activity in the past, have been found on the oak slab of the north-western pillar. It was found that woodworm ants actively participated in the destruction of the oak bond in the wall located at the level of the western doorway.

Keywords: *microfungi, wood-destroying insects, mycological analysis, entomological analysis, building materials, mural painting.*

В памятниках с нарушениями влажностного режима конструкций важную роль в разрушении настенной живописи и строительных материалов на минеральной основе играют микромицеты и другие микроорганизмы, а в разрушении деревянных конструкций – дереворазрушающие грибы и насекомые. Ни одна биоцидная обработка не может защитить памятник на неопределенное время без изменения его гидротермического режима с благоприятного для развития грибов и насекомых на неблагоприятный. Биоцидные обработки настенной живописи в большинстве случаев используют в качестве вынужденной меры, когда влажностный режим памятника ещё не нормализован. Несмотря на возможность применения биоцидов, необходимо делать все возможное для поддержания в памятнике условий, препятствующих развитию микромицетов, других гетеротрофных микроорганизмов, дереворазрушающих грибов и насекомых.

Микологический мониторинг позволяет выявлять изменения влажностного режима конструкций памятника, а также своевременно принимать меры для ингибирования роста микроорганизмов. При наличии водорастворимых солей в строительных материалах изменение состава и численности микробных популяций может более объективно отражать изменения влажностного режима, чем измерения с помощью электронных влагомеров.

Результаты микологического мониторинга в 2016 – 2019 годах. В 2016 – 2017 году микологические анализы проб из зон деструкции строительных материалов в интерьере храма на высоте до 1,5 м от пола и ниже уровня пола показал, что вследствие переувлажнения стен существуют условия для развития микромицетов и других гетеротрофных микроорганизмов. Количественный учет микромицетов проводили методом разведения пробы, используя питательные среды, предназначенные для выделения грибов и актинобактерий [1]. Количество колоний образующих единиц (КОЕ) грибов было $>1,0 \cdot 10^4$ КОЕ в грамме пробы, численность грибов значительно превышала фоновые значения для строительных материалов. Последующий мониторинг выявил снижение численности микромицетов в отслеживаемых точках, расположенных выше уровня пола. Благодаря работам по гидроизоляции, изменению микроклиматических условий в памятнике, произошло изменение влажностного режима южной стены. Микологические анализы выявили в некоторых точках мониторинга снижение численности микромицетов до фоновых значений (таблица 1). Произошло не только снижение количества КОЕ микромицетов, но и элиминация наиболее влаголюбивых видов. В 2016 и 2017 годах в составе микобиоты доминировал *Aspergillus* sp., требовательный к уровню увлажнения субстрата, чис-

ленность КОЕ актинобактерий и других гетеротрофных бактерий превышала значение 10^6 в грамме пробы, для развития которых также необходим высокий уровень увлажнения субстрата. В 2018 году *Acremonium* sp. уступил доминирование *Chrysosporium rannorum* и *Cladosporium* sp., был выделен также *Engyodontium album*. В 2019 году были выделены единичные колонии *Acremonium* sp. и только на среду Чапека с крахмалом со слабощелочным значением pH. Доминирующим видом стал *Penicillium chrysogenum*.

Таблица 1. – Численность КОЕ микромицетов в грамме пробы деструктированной штукатурки, южная стена

Точка мониторинга	Февраль 2016	Февраль 2017	Февраль 2018	Февраль 2019
Южная стена в месте примыкания закладки, 15-20 см от пола	-	$\Gamma-5,1 \cdot 10^4$	$\Gamma-5,9 \cdot 10^3$	$\Gamma-8,0 \cdot 10^2$
Среда Чапека	$\Gamma^*-1,4 \cdot 10^4$	$\Gamma-4,8 \cdot 10^4$	$\Gamma-5,7 \cdot 10^3$	$\Gamma-1,3 \cdot 10^3$
Среда Чапека с крахмалом				

* Γ – микроскопические мицелиальные грибы

В 2018 году на северной стене притвора были обнаружены колонии *Cladosporium* sp. Причина их роста – образование конденсата на стене вследствие плохой теплоизоляции дверной коробки. После антимикробной обработки стены в 2018 году колонии *Cladosporium* sp. появились вновь в 2019 году [2]. Проблема была устранена после усиления теплозащиты дверной коробки.

В 2019 году начался мониторинг численности микромицетов и других гетеротрофных микроорганизмов в составе деструктированных строительных материалов в крипте (северо-западная и северо-восточная часть).

Результаты микологического мониторинга в 2021 – 2024 годах. В 2021 – 2022 году микологические анализы проб из зон деструкции строительных материалов в интерьере храма выявили, что снижение численности микромицетов в точке мониторинга на южной стене имеет устойчивый характер (таблица 2). Численность микромицетов была невысокой, доминировали виды *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. В 2021 году на среду Чапека с крахмалом были выделены актинобактерии в небольшом количестве. Далее в связи с устройством поддерживающего каркаса над южным входом пробы в этой точке мониторинга не отбирались.

Таблица 2. – Численность КОЕ микромицетов в грамме пробы деструктированной штукатурки, южная стена церкви

Точка мониторинга	2021 март	2022 август	2023
Южная стена в месте примыкания закладки, 15–20 см от пола			–
Среда Чапека	$\Gamma-1,7 \cdot 10^3$	$\Gamma-2,0 \cdot 10^3$	
Среда Чапека с крахмалом	$\Gamma-3,7 \cdot 10^3$	$\Gamma-2,9 \cdot 10^3$	

В 2021 – 2024 годах отбирались пробы деструктированного кирпича и кладочного раствора из северо-западной и северо-восточной частей крипты на разных уровнях от пола. В результате микологического анализа в отобранных пробах было обнаружено большое количество микромицетов, актинобактерий и других гетеро-

трофных бактерий. Результаты микологического анализа в одной из точек мониторинга представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Численность КОЕ микромицетов в грамме пробы деструктированного кирпича и кладочного раствора из крипты

Точка мониторинга	2021 март	2022 август	2024 август
Северо-восточная крипта, западный склон, деструкция кирпича, 20-30 см от пола Среда Чапека	$\Gamma - 1,6 \cdot 10^4$ $A^* - 8,8 \cdot 10^3$	$\Gamma - 1,1 \cdot 10^{3**}$	-
Среда Чапека с крахмалом	$\Gamma - 7,2 \cdot 10^3$ $A - 1,1 \cdot 10^4$ $B^* - 1,4 \cdot 10^5$	$\Gamma - 1,0 \cdot 10^4$	
Северо-восточная крипта, западный склон, деструкция кладочного раствора, 20-30 см от пола Среда Чапека	$\Gamma - 1,2 \cdot 10^4$ $A - 1,5 \cdot 10^3$	-	-
Среда Чапека с крахмалом	$\Gamma - 7,2 \cdot 10^3$ $A - 1,1 \cdot 10^4$ $B - 1,4 \cdot 10^5$		
Северо-восточная крипта, западный склон, деструкция кладочного раствора, 40 см от пола Среда Чапека	-		$\Gamma - 9,6 \cdot 10^3$ $\Gamma - 1,4 \cdot 10^4$
Среда Чапека с крахмалом			$B - 2,0 \cdot 10^3$

* Γ – микроскопические мицелиальные грибы;

A – актинобактерии; B – другие гетеротрофные бактерии

** – проба отобрана на уровне 120 см от пола

В 2024 году численность микромицетов в пробах из крипты продолжала оставаться высокой, но произошла смена доминирующих форм, вместо *Ascremonium* sp., доминирующей формой в пробах деструктированных строительных материалов стал *Engyodontium album*. По нашим наблюдениям за микобиотой строительных материалов на минеральной основе на других памятниках, этот микофил немного менее требователен к уровню увлажнения субстрата, чем акремониумподобные грибы, что можно считать положительным фактором, но численность микромицетов в пробах из крипты, учитывая данные 2024 года, продолжает оставаться высокой.

В 2024 году дополнительно к существующим точкам мониторинга в крипте был проведен учет численности микромицетов в пробе деструктированной штукатурки из раскопа в аркасолии северной стены, в котором были обнаружены фрагменты древней живописи. Проба была взята со стены на уровне 15 см от дна раскопа. На среде Чапека с крахмалом было выделено очень большое количество актинобактерий и других гетеротрофных бактерий, в составе микобиоты доминировал *Phoma* sp. Колонии *Phoma* sp. были выделены в одной из четырех проб, отобранных в крипте, но в виде единичных колоний. Виды рода *Phoma* часто выделяются в пробах строительных материалах, но чаще в пробах, отобранных на фасадах зданий. По-

видимому, доминирование *Phoma* sp. связано со специфическими условиями раскопа, высокой влажностью строительного материала.

В 2021 году для проведения реставрационных работ на живописи в Спасской церкви были установлены леса со сплошными настилами. В 2022 году реставратор МНРХУ А. Гребенщикова обратила внимание на появление на композиции Дьякон Стефан загрязнений, которые отличались от обычных пылевых (рисунок 1). С помощью цифрового USB-микроскопа Levenhuk DTX 90 было проведено исследование этих загрязнений непосредственно на стенописи (рисунок 2) и отобраны пробы для лабораторных исследований. В результате на южном откосе подпружной арки (Дьякон Стефан) и на южном склоне подпружной арки (Первосвященник Елеазар) были обнаружены микроколонии ксерофильных грибов. Микроколонии были обнаружены и на штукатурных вставках в нише, западного рукава, на южном и северном склонах.



Рисунок 1. – Верхняя половина композиции Дьякон Стефан (южный откос подпружной арки), выделен участок с микроколониями грибов (а); участок сфотографирован с увеличением (б)

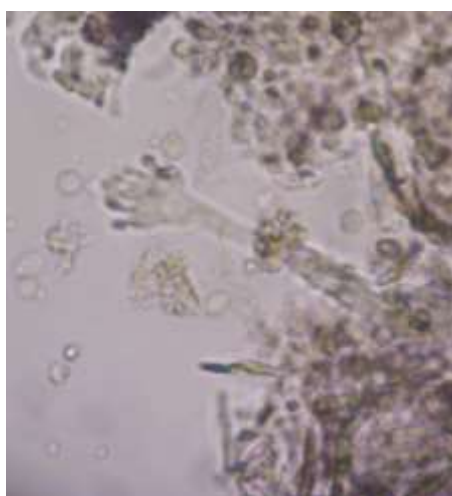
В препаратах, приготовленных из материала микроколоний, обнаруженных на композиции «Дьякон Стефан» и на штукатурных вставках, при исследовании в проходящем свете (микроскоп Leica DM LS2) были обнаружены крупные конидии, конидиеносцы *Aspergillus*, иногда уродливой формы, пенициллоподобные конидиеносцы (рисунок 3).



Рисунок 2. – Дьякон Стефан. Микроколонии на месте роста, цифровой USB- микроскоп Levenhuk DTX 90



а



б

а – конидиеносец *Aspergillus*, крупные конидии;
б – конидиеносец *Aspergillus* уродливой формы, крупные конидии; 400х
Рисунок 3. – Дьякон Стефан, проба из состава микроколоний

Посев на среду Чапека путем переноса небольшого количества материала из микроколоний с помощью глазного скальпеля в разные сектора чашки Петри дал отрицательные результаты. Ни в одном из сделанных посевов не началось развитие колоний грибов. Только посев на среду Чапека со сниженной активностью путем добавления в среду 17% NaCl дал положительные результаты. В части посевов с композиции «Дьякон Стефан» и со штукатурных вставок началось развитие колоний *Aspergillus penicilloides*, экстремального ксерофильного вида (рисунок 4). Грибы-ксерофилы развиваются на различных материалах, используя органические вещества в составе поверхностных загрязнений (пылевых отложений) в условиях образования небольшого количества конденсационной влаги.



Рисунок 4. – Чашки со средой Чапека +17% NaCl, засеянные материалом из состава микроколоний, 33-й день инкубации: слева сверху – ниша южного склона: в 4 посевах началось развитие колоний *A. penicilloides*, справа сверху – северный склон: отсутствие роста; внизу – Дьякон Стефан: в 2 посевах началось развитие колоний *A. penicilloides*

Результаты энтомологического мониторинга в 2016 – 2019 годах. Леса уменьшили подвижность воздуха в храме, что способствовало появлению микроколониальных форм грибов в рукавах на склонах арок, в так называемых влажностных карманах, в которых микроклиматические параметры отличаются от центральных

зон. Обнаруженные на стенописи микроколонии грибов были удалены реставраторами МНРХУ с применением антисептических составов.

В Спасской церкви много деревянных конструкций. Дубовые связи в стенах, дубовые плиты северо-западных столбов, деревянные конструкции чердака и лестницы, ведущей на чердак. Дубовые внутристенные связи использовались во многих домонгольских храмах Древней Руси. Совершенно особый пример применения дерева в конструкции здания – это деревянные плиты северо-западных столбов [2]. На деревянной плите северо-западного столба, слева от входа, обнаружены следы жизнедеятельности точильщиков, очаги их развития в настоящее время не активны.

Вверху церкви внутристенные связи хорошо сохранились, об этом можно судить по торцу дубовой балки, который виден на уровне окна барабана. Внизу из-за высокой влажности стены деревянная связь на уровне входа в храм разрушилась вследствие развития дереворазрушающих грибов и муравьев древоточцев. В 2018 году из канала в стене удалось извлечь остатки дерева, поврежденные дереворазрушающими грибами и гнездо муравьев древоточцев. Муравьи древоточцы поселяются во влажной гниющей древесине, выгрызают в древесине ходы и камеры, используют ее как строительный материал, но не питаются ею. Тем не менее, они способствуют разрушению деревянных конструкций. Для строительства гнезда муравьи древоточцы делают «картон» – смесь пережеванной древесины с жидкостями (падьютлей, слюной) (рисунок 5). В гнезде и рядом с ним личинок, яиц и муравьев не обнаружено. По-видимому, повреждение внутристенной деревянной связи муравьями древоточцами произошло давно.



Рисунок 5. – Гнездо муравьев древоточцев, извлеченное из канала разрушенной связи

В 2018 году при обследовании лестницы, ведущей на чердак, и деревянных конструкций чердака были обнаружены летные отверстия и осыпи буровой муки в виде конусов (рисунок 6), что указывало на жизнедеятельность личинок и жуков древоточцев. В результате в соответствии с данными рекомендация была проведена инсектицидная обработка и приняты меры по профилактике повторного заражения. Развитие древоточцев в конструкциях чердака и лестницы было приостановлено.



а – летные отверстия; *б* – осыпи буровой муки
Рисунок 6. – Конструкции чердака

Таким образом, микологические и энтомологические исследования, проводимые в Спасской церкви, способствовали выявлению нарушения биологического режима и своевременному принятию мер для ингибирования роста микроорганизмов и вредных насекомых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии : справ. / В. И. Билай. – Киев : Наукова думка, 1982. – 552 с.
2. Раппопорт, П. А. Строительное производство Древней Руси (X-XIII вв.) / П. А. Раппопорт. – СПб. : Наука, 1994. – 160 с.
3. Ребрикова, Н. Л. Опыт микологического мониторинга в Спасо-Преображенском храме Спасо-Евфросиниевского монастыря / Н. Л. Ребрикова // Спасо-Преображенский храм в г. Полоцке: вопросы изучения и реставрации : материалы междунар. науч.-практ. конф., Полоцк, 17–18 сент. 2019 г. – Полоцк : Полоц. книж. изд-во, 2022. – С. 222–226.