

УДК 579.26

Микробиологические повреждения объектов культурного наследия на территории музея-заповедника «Михайловское» (Псковская область)

Хмелевская И. А.

*Псковский государственный университет
Псков, Россия
xmele@mail.ru*

В статье представлены результаты микробиологических исследований объектов культурного наследия «Государственного мемориального историко-литературного и природно-ландшафтного музея-заповедника А. С. Пушкина «Михайловское» (Псковская область). В ходе исследований проведено визуальное обследование исследуемых объектов, отмечена их различная степень разрушения в соответствии со шкалой Князевой (2005). Выявлены такие визуальные признаки биоповреждений как трещины в постаменте, отслоение поверхностного слоя, появление налетов рыжего и темно-зеленого цвета. Установлено, что различные объекты культурного наследия находятся на разной стадии разрушения (от 1 до 4), в целом, состояние большинства из них удовлетворительное. Выявлены объекты наиболее подверженные биоповреждениям (Бюст А. С. Пушкину, п. Пушкинские Горы, ул. Лермонтова; Бюст А. С. Пушкина, п. Пушкинские Горы, ул. Садовая). Определен и проанализирован общий количественный состав микрофлоры сыпучего материала и поверхности различных объектов исследования. Установлена прямая связь уровня бактериальной загрязненности и степени биоповреждений объектов культурного наследия. В работе также представлены результаты исследований на предмет присутствия на изучаемых объектах таких микроорганизмов, как тионовые и нитрифицирующие бактерии. Исследован посевной материал различных объектов культурного наследия, на всех исследованных участках выявлены тионовые бактерии по появлению в среде пленки, осадка или помутнения вследствие образования осадка серы. На большинстве объектов также установлено присутствие нитрифицирующих бактерий. Наличие тионовых и нитрифицирующих бактерий свидетельствует о возможности кислотной коррозии материалов и может привести к ускорению процесса разрушения объектов культурного наследия музея-заповедника «Михайловское».

Ключевые слова: биоповреждения, микрофлора, тионовые бактерии, нитрифицирующие бактерии.

ВВЕДЕНИЕ

Биоповреждения представляют собой изменения каких-либо материалов, вызванное жизнедеятельностью организмов. Проблеме биоповреждений посвящены ряд научных работ (Огарков, 2002; Пехташева, 2002; Шаповалов, 2003; Петушкова, 2005), среди которых особый интерес представляют микробиологические исследования объектов культурного наследия, связанных с изучением геохимической деятельности микроорганизмов и их ферментативной активности в каменной кладке и настенных росписях в исторических зданиях, музеях, церквях и монастырях, на поверхности мрамора и бронзы скульптур (Огарков, 2002; Петушкова, 2005).

Возможности бактерий как агентов биоповреждений связаны со способностью различных систематических групп бактерий использовать разные источники энергии, доноры электронов и источники углерода. Многие бактерии, участвующие в коррозии строительных материалов, являются хемолитотрофами (например, нитрифицирующие). В большинстве случаев разрушение микроорганизмами объектов культурного наследия происходит под действием не одной какой-либо группы, а является следствием комплексного воздействия сформированного микробоценоза, в котором одна группа микроорганизмов формирует субстрат для другой группы.

С позиции экологии важна оценка биоповреждений различных материалов скульптур, исторических зданий, церквей и монастырей с точки зрения их устойчивости к биологическому воздействию, а также оценка возможности защиты этих материалов.

Цель работы – провести анализ микробиологических повреждений объектов культурного наследия на территории музея-заповедника «Михайловское» (Псковская область).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на территории Государственного мемориального историко-литературного и природно-ландшафтного музея-заповедника А. С. Пушкина «Михайловское» и его окрестностях: в поселке Пушкинские Горы, в селах Петровское и Михайловское и деревни Савкино (Псковская область).

Для оценки микробиологических повреждений объектов культурного наследия на территории музея-заповедника «Михайловское» проводили их визуальное обследование, устанавливали общий количественный состав микрофлоры сыпучего материала (поверхности) различных объектов, а также определяли наличие тионовых и нитрифицирующих бактерий на исследуемых объектах.

Для идентификации биоповреждений по визуальным признакам использовали шкалу Князевой (Князева, 2005).

Материалы для определения общего количества бактерий были взяты с объектов исследования двумя способами: в виде сыпучего материала при помощи кисточки и с поверхности (1 дм²) при помощи ватных палочек, смоченных стерильной дистиллированной водой. Объекты, с которых был взят сыпучий материал: Монастырская стена Свято-Успенского Святогорского мужского монастыря (рис. 1), Грот-беседка (с. Петровское) (рис. 2), Каменный диван (с. Михайловское) (рис. 3), Каменный крест на Савкиной горке (д. Савкино) (рис. 4). Объекты, материал с которых был взят с поверхности: Бюст А.С.Пушкина (п. Пушкинские Горы, ул. Садовая) (рис. 5), Памятник А.С.Пушкину (п. Пушкинские Горы, близ Святогорского монастыря) (рис. 5), Бюст А.С.Пушкина (п. Пушкинские Горы, ул.Лермонтова) (рис. 6), Памятник А.П.Ганнибалу (с. Петровское) (рис. 7), Скульптура «Пушкин-лицеист» (с. Михайловское) (рис. 8), Культовый камень-следовик (с Михайловское) (рис. 9).

Сыпучий материал массой 1 г измельчали в стерильной ступке и переносили во флакон с 10 мл стерильного физиологического раствора. 1 мл полученной суспензии помещали путём прямого посева в питательный агар, распределяя равномерно по поверхности агара стерильным шпателем для полного распределения образца. Определение количественного состава бактерий проводилось путем прямого подсчета на чашках Петри.

Для определения тионовых бактерий использовали среду Бейеринка (г/л): Na₂SO₄ - 5,0; NH₄Cl - 0,1; NaHCO₃ - 0,1; Na₂HPO₄•2H₂O - 2,0; MgCl₂•6H₂O - 0,1; FeSO₄•2H₂O - следы; стерильная вода. Исходную суспензию засекали в готовую среду. При наличии тионовых бактерий в посевном материале среда мутнеет через 2–3 дня, и на ее поверхности появляется пленка молекулярной серы, которая образуется при окислении тиосульфата.

Характер развития бактерий оценивался условно по образованию пленки, осадка или помутнению вследствие образования серы по следующей шкале:

1. Слабая степень образования серы – среда мутная, без осадка.
2. Средняя степень образования серы – среда мутная, с осадком.
3. Сильная степень образования серы – среда мутная, с хорошо выраженным осадком

и образованием заметной пленки.

Для определения нитрифицирующих бактерий использовали среду Виноградского следующего состава (г/л): (NH₄)₂SO₄ - 1,0; K₂HPO₄ - 0,5; MgSO₄•7H₂O - 0,2; FeSO₄•7H₂O - 0,2; NaCl - 1,0; стерильная вода. Инкубацию посевов проводили при 28-30°C три недели.

Выявление нитратов проводили с помощью дифениламина. Присутствие нитратов вызывает интенсивное синее окрашивание.



Рис. 1. Монастырская стена Свято-Успенского Святогорского мужского монастыря



Рис. 2. Грот-беседка в селе Петровское



Рис. 3. Каменный диван в селе Михайловское



Рис. 4. Каменный крест на Савкиной горке



Рис. 5. Бюст А. С. Пушкина, (п. Пушкинские Горы, ул. Садовая) и памятник А. С. Пушкину (п. Пушкинские Горы, окрестности Святогорского монастыря)



Рис. 6. Бюст А. С Пушкину (п. Пушкинские Горы, ул. Лермонтова)



Рис. 7. Памятник А.П. Ганнибалу (с. Петровское)



Рис. 8. Скульптура «Пушкин-лицеист» в селе Михайловское



Рис. 9. Культный камень-следовик в деревне Савкино

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Микроорганизмы оказывают комплексное воздействие на объекты культурного наследия, причиной которого могут быть различные нарушения в экосистеме. Характеристиками данного воздействия являются внешние признаки, проявляющиеся в виде трещин, пятен, налетов и др. Нами были обследованы различные объекты культурного наследия на территории «Государственного мемориального историко-литературного и природно-ландшафтного музея-заповедника А. С. Пушкина «Михайловское» на предмет

биоповреждений по различным визуальным признакам и определены характерные проявления стадий развития этих повреждений (табл. 1).

Как следует из табл. 1, большинство изученных объектов подвержено коррозии и находятся в разной степени разрушения, что может быть вызвано антропогенными, климатическими факторами, так и жизнедеятельностью организмов, в том числе и микроорганизмов (бактерий, грибов). Растрескивание, появление в трещинах растительности, отслоение поверхностного слоя — все эти визуальные признаки, наблюдаемые на строительных камнях, свидетельствуют о 3 или 4 стадии биоповреждений. Так, зарастание лишайниками, мхами отмечено на Каменном диване, Каменном кресте и культовом Камне-следовике, а также повсеместно на монастырской стене Свято-Успенского Святогорского мужского монастыря.

Таблица 1

Результаты визуального обследования объектов культурного наследия на территории музея-заповедника «Михайловское»

№	Объект исследований	Стадия	Описание повреждений
1.	Бюст А. С. Пушкина, ул. Садовая	4а	Отслоение поверхностной корки, наблюдается нарушение целостности поверхности в виде сыпучих веществ, заметная шероховатость, появление ярко-оранжевых пятен, трещины в конструкции
2.	Монастырская стена Свято-Успенского Святогорского мужского монастыря	3б	Отмечено зарастание стены, имеются повреждения в виде сыпучих и порошащих веществ, появление налёта зелёного и рыжего цвета, отслоение поверхностных корок
3.	Памятник А. С. Пушкину (близ Святогорского монастыря)	3б	Отмечено появление налёта рыжего, зелёного и красного цвета, пятна, трещины в поверхностной корке
4.	Бюст А. С. Пушкину, ул. Лермонтова	4а	Многочисленные трещины в постаменте, налёт рыжего цвета и тёмно-зелёного цвета, отслоение поверхностного слоя
5.	Грот-беседка, с. Петровское	2б	Отмечено появление рыжего налёта и зелёных растительных наростов, образование микротрещин, нарушение поверхности в виде сыпучих и порошащих веществ, шероховатость некоторых участков
6.	Памятник А.П. Ганнибалу, с. Петровское	2а	Отмечено появление серого и зелёного налёта, а также небольшое отслоение поверхностной корки на некоторых фрагментах памятника
7.	Скульптура «Пушкин-лицеист» с. Михайловское	2б	Отмечено появление микротрещин рыжего, серого и зелёного налёта, а также процесс коррозии металла на небольших участках памятника
8.	Каменный диван в с. Михайловское	3а	Образование крупных трещин и микротрещин, зелёных наростов мха и лишайника, а также беловатого и рыжего налёта в некоторых участках.
9.	Каменный крест на Савкиной горке, д. Савкино	3а	Отслоение фрагментов постамента и креста, наросты мхов и лишайников, трещины по поверхности камня, рыжий и светло-зелёный налёт на некоторых участках, имеются признаки повреждения в виде порошащих веществ
10.	Культовый камень-следовик, д. Савкино	3а	Мхи и лишайники, образование крупных трещин и отслоение кусков камня, очаги белого налёта на поверхности, а также небольшие очаги зеленоватого и рыжеватого налёта

Наибольшими биоповреждениями характеризуются бюсты А. С. Пушкина на ул. Садовой и ул. Лермонтова (стадия 4а). Слабая степень повреждений отмечена для таких объектов как памятник Ганнибалу, скульптура «Пушкин-лицеист» и грот-беседка в селе Петровское (стадии 2а–2б). Возможно, это связано с тем, что материал, из которого изготовлены памятники (гранит, базальт и другие), является более прочным, химически инертным и не разрушается под действием продуктов жизнедеятельности бактерий.

Несмотря на ряд визуальных признаков, свидетельствующих о биоповреждениях, в целом, можно сказать, что большинство объектов культурного наследия на территории заповедника находятся в удовлетворительном состоянии.

Показатели количественного состава микрофлоры сыпучего материала (поверхности) различных объектов культурного наследия Пушкиногорского архитектурно-природного музея-заповедника представлены в таблице 2.

Таблица 2

Количественный состав микрофлоры сыпучего материала (поверхности) объектов культурного наследия на территории музея-заповедника «Михайловское»

№	Объект исследований	Число бактерий ×10 ³ /дм ² поверхности
1	Бюст А. С. Пушкина, ул. Садовая	0,3
2	Монастырская стена Свято-Успенского Святогорского мужского монастыря	1,1
3	Памятник А. С. Пушкину (близ Святогорского монастыря)	1,0
4	Бюст А. С. Пушкину, ул. Лермонтова	4,4
5	Грот-беседка, с. Петровское	4,5
6	Памятник А. П. Ганнибалу, с. Петровское	0,7
7	Скульптура «Пушкин-лицеист» с. Михайловское	0,2
8	Каменный диван в с. Михайловское	5,2
9	Каменный крест на Савкиной горке	5,0
10	Культовый камень-следовик, д. Савкино	5,3

Наибольшее число бактерий на 1 дм² поверхности ($5,0 \cdot 10^3$ – $5,3 \cdot 10^3$) отмечено на трёх объектах: Каменный диван в с. Михайловское, каменный крест на Савкиной горке, Культовый камень-следовик. Наименьшая бактериальная загрязненность отмечена на участках: бюст А. С. Пушкина, скульптура «Пушкин-лицеист», Памятник А. П. Ганнибалу. Следует отметить, что это связано с ежегодной обработкой этих объектов антибактериальными препаратами.

Биоразрушения часто связаны с деятельностью тионовых бактерий, которые способны окислять соединения серы до сульфатов. Под влиянием тионовых бактерий может происходить разрушение каменных, металлических, бетонных и прочих сооружений. Анализ сыпучего материала (поверхности) объектов культурного наследия на присутствие тионовых бактерий (табл. 3) показал, что в большинстве изученных случаев в среде Бейеринка наблюдается средняя степень образования пленки серы. Появление осадка серы и помутнение среды Бейеринка в той или иной степени (в том числе и в среде с разведением в 10 раз) свидетельствуют о присутствии на изучаемых памятниках культуры тионовых бактерий, которые могут вызывать разрушение исследуемых объектов. В аэробных условиях тионовые бактерии продуцируют серную кислоту, которая вызывает кислотную коррозию строительных материалов, растворение карбонатных пород, и, как следствие, вызывает растрескивание мраморных плит и других материалов. Наиболее значительным количеством тионовых бактерий характеризуется Культовый камень-следовик и скульптура «Пушкин-лицеист».

Важным показателем биоразрушений является наличие нитрифицирующих бактерий. Это широко распространенная в природе группа бактерий, которые окисляют аммиак или нитриты до нитратов, и способные спровоцировать кислотную коррозию различных материалов. Как показали результаты исследования, нитрифицирующие бактерии были обнаружены на большинстве объектов исследования (табл. 4).

Таблица 3

Степень образования пленки серы в пробах сыпучего материала (поверхности) объектов культурного наследия музея-заповедника «Михайловское»

№	Объект исследований	Без разведения	Разведение 10 ⁻¹
1	Бюст А.С. Пушкина, ул. Садовая	Слабая	Слабая
2	Монастырская стена Свято-Успенского Святогорского мужского монастыря	Средняя	Средняя
3	Памятник А.С. Пушкину (близ Святогорского монастыря)	Средняя	Средняя
4	Бюст А.С. Пушкину, ул. Лермонтова	Средняя	Слабая
5	Грот-беседка, с. Петровское	Средняя	Средняя
6	Памятник А.П. Ганнибалу, с. Петровское	Средняя	Слабая
7	Скульптура «Пушкин-лицеист» с. Михайловское	Сильная	Средняя
8	Каменный диван в с. Михайловское	Средняя	Слабая
9	Каменный крест на Савкиной горке	Слабая	Слабая
10	Культовый камень-следовик, д. Савкино	Сильная	Сильная

Таблица 4

Наличие нитрифицирующих бактерий в сыпучем материале (поверхности) объектов культурного наследия музея-заповедника «Михайловское»

№	Объект исследований	Без разведения	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
1	Бюст А.С. Пушкина, ул. Садовая	+	+	+	+
2	Монастырская стена Свято-Успенского Святогорского мужского монастыря	+	+	+	+
3	Памятник А.С. Пушкину (близ Святогорского монастыря)	+	+	+	+
4	Бюст А.С. Пушкину, ул. Лермонтова	+	+	+	+
5	Грот-беседка, с. Петровское	+			
6	Памятник А.П. Ганнибалу, с. Петровское	+	+	+	+
7	Скульптура «Пушкин-лицеист» с. Михайловское				
8	Каменный диван в с. Михайловское	+			
9	Каменный крест на Савкиной горке	+	+	+	+
10	Культовый камень-следовик, д. Савкино	+	+	+	+

Примечание к таблице: Наличие нитрифицирующих бактерий в таблице отмечено знаком «+».

Приведенные данные показывают наличие данных бактерий как в исходной суспензии, так и в средах с разведением в 10–1000 раз. Исключением является скульптура «Пушкин-лицеист», что, возможно, связано с большей степенью ухода за памятником (см. выше).

Наличие нитрифицирующих бактерий практически на всех объектах свидетельствует об образовании агрессивного химического агента – азотной кислоты, что может привести к ускорению разрушения объектов культурного наследия музея-заповедника «Михайловское».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Визуальное обследование объектов культурного наследия музея-заповедника «Михайловское» показало, что большинство объектов культурного наследия подвержено коррозии и находятся в разной степени разрушения, однако, в целом, состояние большинства из них удовлетворительное.

Количественный состав микрофлоры на исследованных участках варьирует от $0,2 \cdot 10^3$ до $5,3 \cdot 10^3$ на 1 дм^2 поверхности. Показатели бактериальной загрязненности сыпучего материала (поверхности) различных объектов культурного наследия коррелируют со степенью их биоповреждений.

Присутствие тионовых и нитрифицирующих бактерий на всех участках свидетельствует о возможности кислотной коррозии материалов, что может привести к ускорению процесса разрушения объектов культурного наследия на территории музея-заповедника «Михайловское».

Список литературы

- Князева В. П. Экология. Основы реставрации. – М., 2005. – 400 с.
Огарков Б. Л. Методы микробиологических исследований биоповреждений гражданских объектов и памятников архитектуры // Материалы рос. науч.- практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения проф. Е. В. Талалаева, 11-13 марта 2002 г. – Иркутск., 2002. – С. 219–223.
Петушкова Ю. А. Методологические аспекты исследования микробиоты памятников истории и культуры: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2005. – 28 с.
Пехташева Е. Л. Биоповреждение и защита непродовольственных товаров. – М.: Мастерство, 2002. – 220 с.
Шаповалов И. В. Биоповреждение строительных материалов плесневыми грибами. – Белгород, 2003. – 149 с.

Khmelevskaya I. A. Microbiological damage to cultural heritage objects on the territory of the Mikhailovskoye Museum-Reserve (Pskov Region) // Ekosistemy. 2023. Iss. 34. P. 224–233.

The biochemical activity of microorganisms, together with anthropogenic factors, often causes the destruction of building materials, masonry of historical buildings, churches, as well as marble and bronze coatings of monuments. This work is devoted to microbiological studies of cultural heritage objects of the State Memorial Historical, Literary and Natural Landscape Museum-Reserve of A. S. Pushkin “Mikhailovskoye” (Pskov region). In the course of the research, a visual examination of the objects under study was carried out, their various degrees of destruction were noted in accordance with the Knyazeva scale (2005). The general quantitative composition of the microflora of bulk material and the surface of various objects of study was determined and analyzed. The relationship between the level of bacterial contamination and the degree of biodamage of cultural heritage objects has been established. The paper also presents the results of studies on the presence of microorganisms such as thionic and nitrifying bacteria on the studied objects. In all areas, thionic and nitrifying bacteria were found, which indicates the possibility of acid corrosion of materials and the acceleration of the process of destruction of cultural heritage objects of the Mikhailovskoye Museum-Reserve. The objects most susceptible to biodamage were identified.

Key words: biodamages, microflora, thionic bacteria, nitrifying bacteria.

Поступила в редакцию 15.11.22

Принята к печати 15.02.23