

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.Д.САХАРОВА»

УДК 579.66; 602.6

МИЦКЕВИЧ
Анжелика Георгиевна

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ МИЦЕЛИАЛЬНЫМИ
ГРИБАМИ ОБЪЕКТОВ МАТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ, ПРОШЕДШИХ
БИОЗАЩИТНУЮ ОБРАБОТКУ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 03.02.08 – экология

Минск, 2013

Работа выполнена в лаборатории экспериментальной микологии и биоповреждений Государственного научного учреждения «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси» и на кафедре биологии человека и экологии учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»

Научный руководитель **Капич Александр Николаевич,**
доктор биологических наук, зав. лабораторией экспериментальной микологии и биоповреждений Государственного научного учреждения «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси», профессор кафедры иммунологии учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова»

Официальные оппоненты: **Сергейчик Светлана Александровна,**
доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой товароведения продовольственных товаров учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

Важинская Ирина Станиславовна,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов» Государственного научного учреждения «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси»

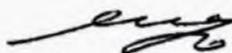
Оппонирующая организация: Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Защита состоится « 22 » февраля 2013 года в 15-00 на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.28.01 при учреждении образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» по адресу: 220070, г. Минск, ул. Долгобродская, 23, E-mail: info@iseu.by, тел./факс: + (375 17) 230-69-98, телефон ученого секретаря: +(375 17) 299-56-30.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова».

Автореферат разослан 21 января 2013 года

Ученый секретарь Совета по защите диссертаций Д 02.28.01, кандидат технических наук, доцент



Н.А.Лысухо

ВВЕДЕНИЕ

В обеспечении сохранности памятников истории и культуры большое значение имеет своевременная диагностика и профилактика биоповреждений. В отношении музейных объектов понятие «биоповреждение» шире общепринятого, так как в данном случае даже простое поверхностное обрастание с изменением внешних характеристик расценивается как повреждение предмета. В средних климатических широтах главная роль в процессах биоповреждения принадлежит грибам. Наибольшую опасность для сохранности деревянных конструкций и изделий представляют дереворазрушающие грибы, вызывающие гниль и резко снижающие прочность древесины [Singh, 2007]. Большинство дереворазрушающих грибов принадлежит к отряду Basidiomycota R.T. Moore, 1980.

Правилами музейного хранения предусматриваются довольно жесткие рамки по условиям микроклимата, однако возникновение экстремальных ситуаций, а также изначальная невозможность соблюдения музейных норм по поддержанию микроклимата создают условия для колонизации помещений и музейных объектов плесневыми грибами [Janińska, 2005]. Плесневые грибы ухудшают внешний вид пораженных объектов, обесцвечивая их поверхность или образуя на них пятна. Споры плесневых грибов представляют серьезную угрозу для здоровья человека. Большинство из них являются экзогенными биологическими аллергенами, некоторые, попадая в дыхательные пути, развиваются в организме человека, вызывая глубокие микозы [Марфенина, 2005].

Основным способом решения проблемы защиты от грибного поражения до настоящего времени являются антисептические обработки. В то же время воздействие биоцидных веществ зачастую не дает желаемого эффекта, ухудшая при этом экологическую ситуацию [Любимцев и др., 2008]. Многократные антисептические обработки поражённых объектов влекут за собой селективный отбор резистентных и более агрессивных штаммов.

Недостаточная изученность экологических аспектов биоповреждения мицелиальными грибами объектов историко-культурного значения с учетом обработок биозащитными составами затрудняет разработку методов своевременного диагностирования очагов биоповреждений и снижает эффективность мероприятий по консервации памятников и музейных коллекций.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами. Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь, отраженным в п. 3.9. и п. 8.4. постановления Совета Министров Республики Беларусь от 17 мая 2005 г. №512 и п. 3.10. и 10.10. постановления Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585.

Работа выполнялась в рамках Государственной программы прикладных научных исследований «Физиолого-биохимические и генетические основы использования микроорганизмов, растительных и животных клеток в биотехнологиях (Новые биотехнологии)», задание «Разработка экологически безопасных методов защиты материалов от поражения плесневыми грибами», № госрегистрации 20062450, а также Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Радиационные и техногенные загрязнения окружающей среды, их влияние на организм и экосистемы, разработка способов снижения отрицательных последствий антропогенных воздействий («Радиация и экосистемы»), задание «Разработка методов определения органических химических загрязнителей в окружающей среде, маркеров их воздействия на организм человека и способов энзиматического разрушения этих соединений ксилотрофными базидиомицетами. Радиация и экосистемы» № госрегистрации 20065179.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования: проведение мониторинга микробиоты объектов материальной культуры, подвергшихся химической обработке и без нее, оценка экологических последствий воздействия биоцидов на грибы-агенты биоповреждений, разработка экологически безопасных способов защиты историко-культурных ценностей от грибного поражения.

Задачи исследования:

1. Выделить грибы из очагов биоповреждения объектов материальной культуры и определить их таксономическую принадлежность.
2. Исследовать воздействие биоцидных соединений, разрешенных для применения в музейной практике, на физиолого-биохимические свойства грибов.
3. Разработать методы, позволяющие в сжатые сроки провести выбор биозащитных средств, обеспечивающих эффективную защиту объектов материальной культуры от грибного поражения.
4. Изучить возможность использования сорбционных материалов с биоцидными свойствами как альтернативного, экологически безопасного способа защиты историко-культурных ценностей от грибного поражения.

Объекты исследований: мицелиальные грибы – агенты биоповреждений движимых и недвижимых памятников историко-культурного значения.

Предмет исследования: особенности видового состава мицелиальных грибов из очагов биоповреждений объектов материальной культуры из различных материалов, аспекты устойчивости микромицетов и макромицетов к биоцидным обработкам в зависимости от условий хранения и экспонирования.

Положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Использование биоцидных препаратов, разрешенных в настоящее время для использования в музейной практике, не способно на длительный срок обеспечить защиту

музейных объектов от повреждения мицелиальными грибами. На памятниках деревянной архитектуры идентифицировано 30 видов ксилотрофных базидиомицетов, в том числе 18 видов – на памятниках, пропитанных огне- биозащитными растворами. В очагах биоповреждения музейных предметов различных коллекций доминировали 54 вида микромицетов, из них 43 вида активно развивались на предметах, ранее подвергнутых биоцидной обработке.

2. Биоцидные соединения способны стимулировать рост мицелия, синтез пигментов, выделение «агрессивных метаболитов», повышать экологическую опасность плесневых грибов, связанную со спорообразованием.

3. Экспресс-оценка фунгитоксичности биоцидных композиций по отношению к агентам биоповреждения в лабораторных условиях позволяет повысить эффективность и экологическую безопасность биозащитных мероприятий.

4. Избежать наступления биоповреждающей ситуации позволяет превентивная консервация с использованием грибостойких сорбентов влаги в сочетании с микологическим мониторингом объектов историко-культурной значимости.

Личный вклад соискателя. Автором лично получен, проанализирован и статистически обработан экспериментальный материал диссертационной работы по микологическому мониторингу, исследованию воздействия биоцидных соединений на физиолого-биохимические свойства грибов, разработке способов консервации объектов историко-культурного значения. Работа проводилась в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь №762 от 15 июня 2006 г. по свидетельству на право проведения работ на историко-культурных ценностях (приложение А-1). В написанных в соавторстве научных публикациях [1–4], диссертанту принадлежит формулировка целей исследования, проведение экспериментов, анализ результатов. В публикациях [5-37] содержится собранный автором экспериментальный материал, сформулированы задачи исследований, обобщены полученные результаты. Автор выражает благодарность и признательность научному руководителю д.б.н. А.Н. Капичу, руководителю группы по биоповреждениям ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси», к.б.н. И.А. Гончаровой за помощь в проведении экспериментов, научные консультации и организационную поддержку исследований, сотрудникам лаборатории микологии ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси» за консультационную помощь по идентификации грибов, сотрудникам кафедры биологии человека и экологии учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» за анализ экологических аспектов работы, дирекциям и сотрудникам ГУ «Белорусский государственный музей народной архитектуры и быта» и «Литовский государственный музей народной архитектуры и быта», «Литовской ассоциации владельцев исторических усадеб» за помощь в проведении микологического мониторинга объектов материальной культуры.

Апробация результатов диссертации. Результаты исследования доложены на 27 международных и республиканских конференциях, съездах и семинарах, отражены в лекциях, прочитанных на I Международной школе превентивной консервации под эгидой ЮНЕСКО (2005 г., Минск) и на курсах повышения квалификации сотрудников музеев в УО «Институт проблем культуры» (2006, 2007, 2010 гг.).

Опубликованность результатов диссертации. Основные результаты диссертации изложены в 37 публикациях, в том числе, 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь и соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 3 статьи в сборниках научных трудов, 23 – в материалах научных конференций, 4 – в тезисах докладов, 2 – в научно-методических материалах. Общий объем публикаций составляет 6,27 авторских листа, в материалах 2 международных конференций на электронных носителях 31 781 к Б. На статьи в рецензируемых журналах приходится 1,56 авторского листа.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 3 глав, заключения, списка литературы и приложений. Полный объем диссертации составляет 170 страниц, из них 100 страниц занимает основной текст, который содержит 18 таблиц, 16 рисунков, 5 формул. Библиографический список состоит из списка использованных источников (184 наименований на русском, белорусском, польском, и английском языках) и списка публикаций автора (25 наименований на русском языке, 7 на белорусском, 3 на английском языке, по 1 на французском и польском языках).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Обобщены исследования отечественных и зарубежных авторов, посвященные характеристике проблемы сохранности материального культурного наследия, в том числе движимых и недвижимых памятников. Охарактеризована роль грибов как наиболее значимой группы среди агентов биоповреждения архитектурных памятников, книг, произведений живописи и других объектов историко-культурного значения. Рассмотрены факторы, обуславливающие развитие грибных сообществ на музейных предметах: наличие органических источников питания, влажность, температура, освещенность, кислотность среды, взаимодействие контаминирующей микофлоры. Приведены имеющиеся в литературе данные об экологическом риске присутствия микроскопических мицелиальных (плесневых) грибов в исторических объектах для посетителей и персонала. Представлен обзор о практике использования биоцидов в консервации и реставрации, охарактеризованы основные используемые для ликвидации и профилактики поражения музейных объектов грибами фунгицидные средства и составы. Проанализированы существующие методы борьбы с биоповреждениями объектов материальной культуры.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные работы по микологическому мониторингу деревянных памятников архитектуры и объектов хранения проведены на протяжении 2005–2011 гг. в Белорусском государственном музее народной архитектуры и быта (БГМНАБ), филиалах Литературного мемориального музея Я. Коласа, Литовском государственном музее народной архитектуры и быта «Румшишкес». Кроме того были обследованы дворцовые, культовые и усадебные постройки и коллекции. Параллельно изучалась реставрационная и фондовая документация о проведении мероприятий с использованием биоцидных соединений.

Частоту встречаемости высших базидиомицетов оценивали по количеству плодовых тел, микромицетов – по присутствию в пробах, взятых из очагов плесневого поражения. Для определения видовой принадлежности культур пользовались соответствующими определителями с учетом таксономических изменений, отражённых в новых руководствах, а также на информационном сайте интернет-ресурсов “GABI Bioscience and Database of Fungal Names”.

Культивирование грибов проводили на агаризованных средах в чашках Петри и в глубинной культуре на лотковой качалке в колбах Эрленмейера. Динамику роста биомассы газона изучали с помощью фотометрии [Гончарова и др., 1987].

Для моделирования условий, вызывающих плесневое поражение, на испытуемые образцы наносили «агаровую сетку», представляющую собой тонкий слой агаризованной среды, разделенный на блоки сетью борозд [11]. Токсическое действие биоцидов оценивалось по подавлению роста колоний с использованием формулы Эббота [Андреева, 1984].

Содержание аминокислот в биомассе и культуральной жидкости определяли на автоматическом анализаторе аминокислот Т-339. Гидролиз белка проводили в 6 М соляной кислоте в течение 24 часов при температуре 120°C. Свободные аминокислоты экстрагировали из биомассы этиловым спиртом. Экстракция пигментов проводилась щелочным гидролизом мицелия [Стахеев и др., 1982].

Количественное определение нелетучих органических кислот осуществляли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе Shimadzu Nexera 30 А.

При оценке видового разнообразия для оценки видового богатства и доминирования использовались индексы Маргалефа и Бергера-Паркера. Для сравнительного анализа грибных сообществ использовался коэффициент сходства видового состава по Сёренсену. Для выявления типа синэкологического взаимодействия использовался метод культивации на чашках Петри с СА [Терехова и др., 2005]. Для статистической обработки полученных данных использовались компьютерные программы из пакета приложения Microsoft Excel.

МИКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ МАТЕРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ

Результаты микологических обследований деревянных строений и малых архитектурных форм (197 объектов) показали, что из 30 видов выявленных базидиальных грибов 18 видов проявили способность колонизировать древесину, обработанную составами, содержащими соединения с биоцидными свойствами (сульфат меди, хлорид бария, кремнефтористый натрий, кремнефтористый аммоний, бура, борная кислота, формальдегид, бензалконий хлорид).

Наиболее часто в обследованных памятниках деревянной архитектуры встречались домовые грибы *Serpula lacrymans* и *Coniophora puteana*, вне зависимости от биоцидной обработки. *Gloeophyllum sepiarium*, *Fomes fomentarius* и *Trametes versicolor* обнаружены только на нативной древесине малых архитектурных форм, а *Bjerkandera adusta*, *Lentinus lepideus* и *Laetiporus sulphureus* - на химически модифицированной древесине, причём *L. lepideus* повреждал исключительно древесину, пропитанную масляными антисептиками (таблица 1). Присутствию плодовых тел грибов рода *Coprinus* и других агарикоидных гименомицетов сопутствовало сильное разложение целлюлозных материалов.

Обследования на наличие очагов плесневого поражения объектов музейного хранения, находящихся в условиях нестабильного температурно-влажностного режима в экспозициях или приспособленных под фондохранилища помещениях, выявили, что повреждению микромицетами подвержены не только предметы из органических материалов (бумага, ткани, кожа, древесина), но и изделия из металла, керамики, стекла. Наиболее значительно были колонизированы предметы домашнего обихода с остатками бытовых загрязнений, а также объекты, прошедшие реставрацию с использованием поливинилацетатной дисперсии (ПВА) или природных и синтетических клеев.

Микологический анализ 723 проб, взятых из очагов плесневого поражения музейных объектов, дал следующие результаты: в 46,2% проб доминировали грибы рода *Aspergillus*, 31,1% – *Penicillium*, в 6,0% – *Trichoderma*, *Paecilomyces* и *Verticillium*, в 15,2% проб доминировали тёмноокрашенные грибы родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Aureobasidium*, *Ulocladium*. *Aspergillus versicolor* и *A. niger* встречались практически на всех материалах и типах обработки, *A. proliferans*, *A. ustus*, *A. sclerotiorum* и *Paecilomyces marquandii* были изолированы только с биоцидсодержащих субстратов (таблица 1).

Оценка экологического состояния музейных экспозиций и фондохранилищ с использованием общепринятых в экологии критериев позволила установить определенные закономерности. Показано, что после обработок древесины памятников БГМНАиБ, произведенных в 1987-1992 гг., индекс видового разнообразия колонизирующих их грибов постепенно увеличивается, а показатель доминирования и показатель видового сходства по Сёрсену постепенно понижаются.

Таблица 1 – Наиболее распространённые мицелиальные грибы, обнаруженные на объектах материальной культуры

Вид гриба	Частота встречаемости, %	
	Без биоцидной обработки	С биоцидной обработкой
Ксилотрофные базидиомицеты		
<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst. (1879)	-	1,03±0,05
<i>Coniophora puteana</i> (Schumach.) P. Karst. (1868)	7,94±0,56	10,33±0,07
<i>Daedalea quercina</i> (L.) Pers. (L.) Pers. (1801)	0,91±0,02	9,03±0,64
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulfen) P. Karst. (1882)	19,34±0,05	-
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill. (1920)	-	1,03±0,04
<i>Lentinus lepideus</i> (Fr.) Fr. (1838)	-	7,77±0,35
<i>Serpula lacrymans</i> (Wulfen) J. Schrut (1885)	11,05±0,04	11,74±0,04
<i>Trametes hirsuta</i> (Wulfen) Lloyd (1924)	4,94±0,34	0,13±0,04
<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd (1921)	2,44±0,16	-
Анаморфные (несовершенные или митоспоровые грибы)		
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. (1912)	2,53±0,12	1,76±0,05
<i>Aspergillus flavus</i> Link (1809)	2,75±0,13	1,33±0,04
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen. (1863)	1,96±0,03	1,48±0,04
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh. (1867)	4,73±0,01	4,94±0,02
<i>Aspergillus proliferans</i> G. Sm. (1943)	-	1,93±0,90
<i>Aspergillus sclerotiorum</i> G.A. Huber (1933)	-	1,26±0,11
<i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab. (1908)	4,53±0,22	4,62±0,04
<i>Aspergillus ustus</i> (Bainier) Thom & Church (1926)	-	2,38±0,24
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) G. Arnaud (1918)	2,02±0,09	1,76±0,05
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link (1816)	0,22±0,05	2,55±0,12
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom. (1910)	2,08±0,06	2,13±0,07
<i>Penicillium funiculosum</i> Thom. (1910)	1,67±0,07	2,56±0,12
<i>Penicillium notatum</i> Westling. (1911)	1,04±0,01	5,04±0,05
<i>Ulocladium chartarum</i> (Preuss) E.G. Simmons (1967)	1,13±0,02	2,07±0,09
<i>Trichoderma viride</i> Pers. (1794)	0,85±0,03	1,93±0,09
<i>Verticillium lateritium</i> Berk. (1860)	0,24±0,05	0,98±0,02

В очагах плесневого поражения коллекций музейных предметов из древесины показатель доминирования Бергера-Паркера и индекс разнообразия Маргалефа значительно варьировали. Однако разделение всех объектов на подгруппы а) с обработкой биоогнезащитными составами и б) без обработки показало, что индекс видового разнообразия выше на древесине после биоцидной обработки [3].

Для коллекций керамики и кожи, где также практиковались биоцидные обработки, наблюдалась аналогичная закономерность. Индекс сходства по Сёренсену для коллекций в целом имел более низкие значения (керамика – 0,012, кожа – 0,019), чем внутри коллекций (пористая и глазурованная керамика – 0,909, сыромятная и дублёная кожа – 0,702). Установлено, что биоцидные обработки приводят к доминированию нехарактерных для данных субстратов в обычных условиях видов микромицетов [4].

Работа с документацией показала, что для антисептической обработки обследованных коллекций использовались препараты на основе бензалконий хлорида, чаще всего катамин АБ. Многие предметы обрабатывали по нескольку раз, так как в условиях высокой влажности колонии плесневых грибов появлялись повторно. Причем каждое последующее использование данного биоцида увеличивало плотность обрастания и площадь поражения [7].

Моделирование в лабораторных условиях процессов колонизации керамики грибными культурами, выделенными из музейных предметов, неоднократно подвергавшихся антисептической обработке, показало повышенную способность изолятов рода *Aspergillus* разрушать керамические изделия (таблица 2) [1].

Таблица 2 – Состояние поверхности образцов новой керамики с агаровой сеткой среды Чапека-Докса, инокулированной культурами, выделенными из музейных предметов, обработанных растворами бензалконий хлорида, после 20 суток инкубации

Изолят	Музейный предмет	Состояние образцов
<i>A. cervinus</i> К-9	Горшок глазурованной керамики с оплеткой	Точечные высолы
<i>A. versicolor</i> В-3	Горшок пористой керамики	Зоны высаливания
<i>A. ustus</i> К-4	Горшок пористой керамики с оплеткой	Сплошное высаливание
<i>P. funiculosum</i> А-5	Горшок глазурованной керамики	Без изменений
Контроль (стерильная агаровая сетка)		Без изменений

ДЕЙСТВИЕ БИОЦИДОВ НА МИЦЕЛИАЛЬНЫЕ ГРИБЫ

Изучение воздействия бензалконий хлорида на физиолого-биохимические свойства грибов позволило установить некоторые закономерности. Длительность лаг-фазы, как правило, коррелировала с концентрацией биоцида в среде, однако в активной фазе роста его присутствие часто повышало скорость роста грибов. Введение в среду Чапека-Докса 0,01% бензалконий хлорида повысило плотность биомассы катаминустойчивого штамма *A. ustus* К-4 в газонной культуре по сравнению с контролем почти в 2 раза (рисунок 1).

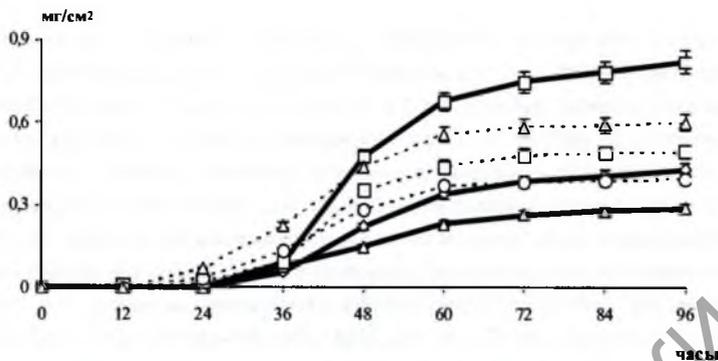


Рисунок 1 – Динамика роста биомассы газона микромицетов, выделенных из антисептированной керамики, *Aspergillus ustus* K-4 (□), *A. cervinus* K-9 (○) и *A. versicolor* B-3 (Δ) на среде Чапека-Докса в присутствии 0,01% бензалконий хлорида (—) и без него (---)

Под действием бензалконий хлорида усиливался выход низкомолекулярных метаболитов в окружающую среду. Однако резистентные штаммы проявили способность восполнять «утечку» жизненно важных соединений. У коллекционной культуры *A. niger* M содержание свободных аминокислот в среде после 3 ч инкубации с 0,05 % бензалконий хлорида возросло в 15 раз, содержание белковых аминокислот в биомассе уменьшилось, а количество свободных внутриклеточных аминокислот увеличилось почти в 2 раза. У *A. ustus* K-4 в этих условиях содержание свободных аминокислот в среде увеличилось в 5 раз, содержание белковых аминокислот в биомассе при этом практически не изменилось, количество свободных внутриклеточных аминокислот уменьшилось лишь на 10 % (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание свободных и белковых аминокислот у грибов в культуральной среде и биомассе *A. niger* M и *A. ustus* K-4 после 3 часов инкубации в среде Чапека с 0,05 % бензалконий хлорида

Вариант	<i>A. niger</i> M		<i>A. ustus</i> K-4	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Свободные аминокислоты в среде, мкг/мл	3,02±0,15	44,52±1,46	3,52±0,17	17,55±0,34
Свободные аминокислоты в биомассе, мкг/мг	13,41±0,60	28,40±1,28	15,05±0,53	12,74±0,58
Связанные аминокислоты в биомассе, мкг/мг	31,56±1,26	15,34±0,66	32,02±1,18	30,95±1,47

Появление резистентности к биоцидам является одной из серьезных проблем в области борьбы с плесневением. Было выявлено, что даже при экстремально высоких

концентрациях биоцидов некоторые грибные споры сохраняют свою жизнеспособность. В 10 %-ном растворе бензалконий хлорида основная масса спор коллекционного штамма гриба *A. niger* М погибла уже после 1-минутной экспозиции, но небольшая часть (0,5-0,7 %) сохранила жизнеспособность даже при двухчасовом воздействии препарата. Споры катаминустойчивого штамма данного вида, выделенного из музейного хранилища (*A. niger* К), активно росли на агаризованной среде Чапека-Докса с 0,2% биоцида, тогда как у исходной культуры уже при 0,1 %-ном его содержании наблюдалось полное подавление роста. В жидкой питательной среде минимальная ингибирующая концентрация бензалконий хлорида для *A. niger* М составила 0,01%, для *A. niger* К – 0,05 %. При субстатических концентрациях лаг-фаза возрастала с увеличением концентрации биоцидов в равной степени у обоих штаммов, однако после перехода в стадию активного роста накопление глубинной биомассы *A. niger* К шло более интенсивно по сравнению с исходным штаммом.

Биоцидные свойства бензалконий хлорида в максимальной степени проявляются в нейтральной и слабощелочной среде. Способность резистентного штамма *A. niger* К расти в присутствии высоких концентраций биоцида, возможно, обусловлена в первую очередь его способностью подкислять окружающую среду, нейтрализуя токсическое действие препарата. В процессе роста *A. niger* М pH среды снижался с 6,0 до значений 3,8 - 4,2. *A. niger* К подкислял питательную среду еще значительно, до pH 2,8 - 3,0. Добавление 0,001% биоцида усилило подкисление среды, конечный pH в этом случае составил для *A. niger* М – 3,3, у *A. niger* К – 1,6. В пуле внеклеточных органических кислот *A. niger* М доминировала лимонная кислота, *A. niger* К – янтарная.

Важную роль в выживании грибов в условиях экологического стресса играют пигменты меланиновой природы. Воздействие бензалконий хлорида вызывало стимуляцию синтеза пигментов меланиновой природы. Аналогичный эффект оказывал и ряд других биоцидов, особенно сульфат меди (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание щелочерастворимого меланина в биомассе *A. niger* G-14 после 7 суток культивирования на среде Чапека с бензалконий хлоридом или сульфатом меди

Концентрация биоцида, %	Содержание меланина, %	
	Сульфат меди	Бензалконий хлорид
0	–	–
0,0010	4,52±0,18	2,56±0,10
0,0025	7,37±0,30	3,33±0,13
0,0050	12,42±0,51	5,23±0,25
0,0075	18,23±0,73	7,46±0,32
0,0100	26,71±1,06	11,74±0,53

У резистентных штаммов рода *Aspergillus* под воздействием биоцидных соединений наблюдался более быстрый переход к стадии репродукции и повышался уровень споруляции, размеры конидиеносцев значительно уменьшались, а конидии становились более мелкими и гладкими, что увеличивает их потенциальную проникающую способность в дыхательную систему человека.

Бензалконий хлорид все чаще включают и в состав композиций для защиты древесины от грибного поражения, хотя его действие на ксилотрофные грибы изучено явно недостаточно. Выявлено, что эффективность данного биоцида значительно варьирует в зависимости от культуры гриба и питательного субстрата. Замена источника углерода с глюкозы на крахмал вызвала значительное ослабление токсического действия биоцида на рост базидиальных грибов. Аналогичный эффект проявился и на средах с дрожжевым экстрактом в качестве источника азота, хотя и в меньшей мере. На крахмально-дрожжевой среде биоцид стимулировал рост пленчатого домового гриба *Contiophora puteana* даже в экстремально высоких для других грибов концентрациях (рисунок 2), а на глюкозо-дрожжевой среде вызывал выделение в окружающую среду меланиновых пигментов.

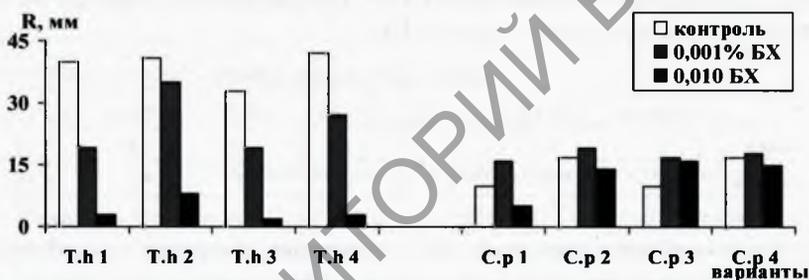


Рисунок 2 – Радиус колоний *T. hirsuta* (*T.h*) и *C. puteana* (*C.p*) через 7 суток роста на агаризованных средах (1 - глюкозо-пептонная, 2 - крахмало-пептонная, 3 - глюкозо-дрожжевая, 4 - крахмало-дрожжевая) с различным содержанием бензалконий хлорида (БХ)

ЗАЩИТА ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРЫ ОТ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ

Так как эффективность биоцидных обработок и их последствия во многом зависят от режима экспонирования и хранения, были проведены исследования по моделированию биозащитных мероприятий в лабораторных экспериментах с учетом внешних условий. Наибольшее соответствие результатам многолетних натуральных испытаний показали модификации метода «агаровая сетка», разработанные с учетом требований к работе с объектами историко-культурного значения. Предварительное проведение модельных экспериментов позволило разработать действенный способ защиты от повторной колонизации плесневыми грибами и биоразрушения коллекции керамики БГМНАБ (таблица 5).

Таблица 5 – Подавление роста микромицетов-деструкторов керамики на модельных образцах, обработанных 2% растворами биоцидных средств (катамин АБ, нипазол, хинозол) в сочетании с укреплением поливинилбутералем

Культура	Подавление роста, %		
	Катамин АБ	Нипазол	Хинозол
<i>A. versicolor</i> В-3	30,2±1,2	100	88,0±4,1
<i>A. cervinus</i> К-9	29,4±0,8	100	71,2±2,5
<i>A. ustus</i> К-4	0	100	53,4±1,4
<i>P. funiculosum</i> А-5	86,0±0,4	100	100

В качестве критериев оценки фунгитоксичности обработанных материалов использовали размер колоний тест-культур, высеванных на агаровую сетку, или лаг-фазу, определяемую по времени от посева до начала массового прорастания спор, определяемого по результатам микрофотографирования ячеек агаровой сетки, которое достаточно проводить 1 раз в сутки (таблица 6).

Таблица 6. – Длительность лаг-фазы роста *A. niger* в агаровой сетке на образцах акрилофисташкового лака с бензалконий хлоридом (БХ)

Вариант	Длительность лаг-фазы, сутки						
	Контроль	0,5% БХ	1,0% БХ	2,0% БХ	3,0% БХ	4,0% БХ	5,0% БХ
Без отмывки	1	4	8	> 10	> 10	> 10	> 10
После отмывки	1	2	3	5	7	8	> 10

Профилактике биоповреждений без применения биоцидов способствует стабилизация влажностного режима. Исследована эффективность использования в практике музейного хранения и экспонирования коллекций материалов, позволяющих поддерживать необходимый уровень влажности в определенном объеме в условиях нерегулируемого температурно-влажностного режима.

Использование силикагеля и других традиционных сорбентов влаги давало лишь временный эффект. При использовании органических материалов, связывающих избыточную влагу без пересушивания экспонатов, колонии плесневых грибов появлялись на самом сорбенте. Совместно с сотрудниками ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» и ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» на основе верхового торфа был разработан биостойкий композиционный материал с высокой гигроскопичностью и сорбционной способностью по отношению к различным атмосферным поллютантам. Двухлетние испытания партии торфа, модифицированного поверхностно активными и перекисными соединениями, в качестве засыпки проблемных зон деревянного строения сектора «Поднепровье» БГМНАБ показали высокую эффективность его использования для профилактики поражения древесины грибом *Serpula lacrymans*.

Данный материал можно использовать и в качестве наполнителя в бондарных предметах, подверженных сезонному плесневению в весенне-осенний периоды или рассыханию [28]. По результатам апробации в течение двух лет в секторе “Центральная Беларусь” музея клепочные изделия находились в фиксированном состоянии без признаков биоповреждения (рисунок 3).

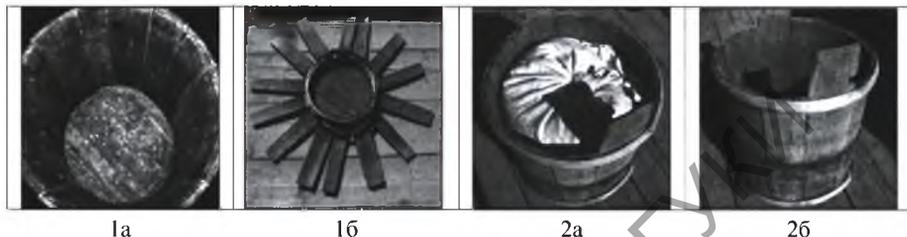


Рисунок 3 – Состояние клепочных предметов до (1а,б) и после двух лет экспонирования с композиционным материалом на основе торфа (2а,б)

Использование сорбционных материалов с биоцидными свойствами в качестве буферов влажности позволит избежать введения антисептиков непосредственно в материалы музейных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выявлено, что использование биоцидных препаратов не гарантирует полной защиты музейных объектов от повреждения мицелиальными грибами. Из 54 видов микромицетов, выделенных из очагов плесневого поражения музейных коллекций, 43 вида колонизировали предметы, ранее подвергнутые антисептической обработке. Наиболее часто из обработанных объектов выделялись представители рода *Aspergillus* (52,8%±1,86). Из 30 видов базидиомицетов, выявленных на памятниках деревянной архитектуры, 18 видов выделено из объектов, пропитанных огнебиозащитными растворами. Наиболее часто в обследованных памятниках деревянной архитектуры встречались грибы *Serpula lacrymans* (22,79%±0,04) и *Coniophora puteana* (18,27%±0,49), вне зависимости от биоцидной обработки. Базидиомы *Bjerkandera adusta*, *Lentinus lepideus*, *Daedalea quercina* и *Laetiporus sulphureus* в БГМНАБ встречались только на химически модифицированной древесине. Присутствию плодовых тел грибов рода *Coprinus* и других агарикоидных гименомицетов сопутствовало сильное разложение целлюлозных материалов [1; 3 – 6; 14; 16 – 19; 24 – 26; 30; 31; 34; 36; 37].

2. Повторные обработки биоцидами одной химической природы могут усиливать повреждение антисептированных объектов. У резистентных к бензалконии хлориду штаммов в присутствии биоцида наблюдалось ускорение роста мицелия и повышение

кислотности окружающей среды, происходила стимуляция синтеза пигментов меланиновой природы, уменьшался выход из биомассы низкомолекулярных метаболитов. Резистентные штаммы проявили способность восполнять «утечку» жизненно важных соединений. У коллекционной культуры *A. niger* М содержание свободных аминокислот в среде после 3 ч инкубации с 0,05 % бензалконий хлорида возросло в 15 раз, содержание белковых аминокислот в биомассе уменьшилось, а свободных аминокислот увеличилось почти в 2 раза. У резистентного штамма *A. ustus* К-4 в этих условиях содержание свободных аминокислот в среде увеличилось в 5 раз, содержание белковых аминокислот в биомассе при этом практически не изменилось, количество свободных внутриклеточных аминокислот уменьшилось лишь на 10 % [1; 2; 5; 10; 12 – 14; 20 – 21; 23; 28; 37; 30].

3. Показано, что предварительная экспресс-оценка фунгитоксичности биоцидных композиций по отношению к агентам биоповреждения в лабораторных условиях позволяет повысить эффективность и экологическую безопасность биозащитных мероприятий. Моделирование с помощью модификаций метода «агаровая сетка» условий, обеспечивающих интенсивное развитие грибного мицелия на поверхности материалов, позволило разработать надежные способы защиты пораженных предметов от повторной колонизации мицелиальными грибами. На основе данного метода разработаны способы мониторинга грибостойкости обработанных объектов материальной культуры по принципу неразрушающего контроля [1; 9; 11; 15; 20; 22; 23; 30; 33].

4. Для профилактики биоповреждений без применения биоцидов исследована эффективность применения различных материалов, способствующих стабилизации влажностного режима. Показано, что в превентивной консервации биоциды более целесообразно вводить в наполнители, сорбенты влаги и иные вспомогательные материалы. Совместно с сотрудниками ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» и ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» разработан композиционный сорбционный материал с фунгицидными свойствами на основе верхового торфа, показавший способность повышать сохранность деревянных строений и бондарных изделий, подверженных сезонному плесневению или рассыханию [1; 3; 4; 8; 12; 14; 16 – 19; 24; 26; 30; 31; 36].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты мониторинговых исследований, использованные в ГУ «Белорусский государственный музей народной архитектуры и быта» и ЛГМНАБ «Румшишкес» (приложения А5, А6), могут найти практическое применение в этнографических и мемориальных музеях, при обслуживании памятников архитектуры различного назначения и т.д.

Биостойкий композиционный материал на основе верхового торфа, опытная партия которого успешно прошла испытания в экспозиции БГМНАБ (приложение А7),

может быть рекомендован для обеспечения сохранности музейных предметов при их экспонировании, хранении и транспортировке.

Разработанные модификации экспресс-метода «агаровая сетка» рекомендуются для использования в реставрационной практике при подборе биоцидных средств и мониторинге грибостойкости обработанных объектов материальной культуры по принципу неразрушающего контроля.

Результаты диссертации были внедрены в учебный процесс в дисциплине «Биоповреждения музейных объектов», курсах «Музейное хранение» и «Реставрация и консервация» для специализации «реставрация произведений декоративно-прикладного искусства» в УО «Белорусский государственный университет культуры и искусств» (приложения А2 – А4).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в научных рецензируемых изданиях

1. Гончарова, И.А. Повреждение музейной керамики микромицетами / И.А. Гончарова, И.Г. Каневская, **А.Г. Рубчэня (А.Г. Мицкевич)** // Микология и фитопатология. – 1991. – Т.25. – №4. – С. 309 – 311.
2. Гончарова, І.А. Уздзеянне катаміну АБ на колькасць і выхад амінакіслот з міцэлію *Aspergillus ustus* K-4, устойлівага да павышаных канцэнтрацый біяцыду. / І.А. Гончарова, **А.Г. Рубчэня (А.Г. Мицкевич)** // Весці Акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 1992. – №1. – С. 87 – 89.
3. Мицкевич, А.Г. Микологический мониторинг памятников деревянного зодчества / **А.Г. Мицкевич**, И.А. Гончарова, А.Н. Капич // Экологический вестник. – 2011. – № 3 (17). – С. 14 – 22.
4. Мицкевич, А.Г. Микромицеты в системе экологического мониторинга объектов материального наследия / **А.Г. Мицкевич**, И.А. Гончарова, А.Н. Капич // Экологический вестник. – 2011. – № 2 (16). – С. 19 – 26.

Научные сборники

5. Гончарова, І.А. Асаблівасці плесневых грыбоў, устойлівых да катаміну / І.А. Гончарова, **А.Г. Мицкевич** // “Зборнік навуковых прац Дзяржаўнага музея народнай архітэктуры і побыту”; рэдкал. : Г.А. Ткацэвіч [і інш.]. – Мінск: УП “ІВЦ Мінфіна”, 2001. – С. 122 – 123.
6. Ровбель, Н.М. Видовой состав микромицетов-деструкторов биоцидсодержащих материалов/ Н.М. Ровбель, **А.Г. Мицкевич**, И.А. Гончарова, Д.С. Грек // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. научн. тр. / НАН Беларуси, ГНУ Институт микробиологии, Белорусское общественное объединение микологов ; отв. ред. : Э.И. Коломиец, А.Г. Лобанок. – Минск : Изд. И.П. Логвинов, 2007.

– Т. 1. – С. 383 – 391.

7. Гончарова, И.А. Фунгицидная активность соединений, являющихся действующей основой биозащитных составов / И.А. Гончарова, Д.С. Грек, **А.Г. Мицкевич**, А.П. Луговнева // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. научн. тр. / НАН Беларуси, ГНУ Институт микробиологии, Белорусское общественное объединение микологов ; отв. ред. : Э.И. Коломиец, А.Г. Лобанок. – Минск : “Беларуская навука”, 2009. – Т. 2. – С. 414 – 424.

Материалы научных конференций

8. **Мицкевич А.** Некаторыя аспекты аховы помнікаў народнай архітэктуры / А. Мицкевич, І. Гончарова, В. Бабіцкая // Каштоўнасці мінуўшчыны 7: мат. Рэспубл. навук.-практ. канф. (Мінск, 15 мая 2003 г.) ; рэдкал. : Г.А. Ткачэвіч [і інш.]. – Мінск: Знамяне, 2003. – С. 67 – 72.
9. Гончарова, И.А. Проблемы оценки эффективности биозащиты древесины. / И.А. Гончарова, Н.М. Ровбель, **А.Г. Мицкевич** // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: мат. Междунар. конф. (Минск, 26-28 мая 2004 г.) ; отв. ред. : А.Г. Лобанок, Р.В. Михайлова. – Минск : ГНУ «Институт микробиологии», 2004. – С. 196 – 197.
10. Гончарова, И.А. Действие сульфата меди на рост плесневых грибов / И.А. Гончарова, Н.М. Ровбель, **А.Г. Мицкевич** // Экология фундаментальная и прикладная: Проблемы урбанизации: мат. Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 3-4 февр. 2005 г.) ; отв. ред. : В.Н. Большаков. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2005. – С. 98 – 100.
11. Гончарова, И.А. Экспресс-оценка эффективности защиты материалов от плесневых грибов / И.А. Гончарова, **А.Г. Мицкевич**, Н.М. Ровбель // Успехи медицинской микологии: материалы III Всероссийского конгресса по медицинской микологии (Москва, 29-31 марта, 2005 г.) / РАН, Национальная академия микологии ; под ред. Ю.В. Сергеева. – Москва : Национальная академия микологии, 2005. – Т. 5. – С. 61 – 63.
12. Гончарова, И.А. Поражение мицелиальными грибами целлюлозных материалов в присутствии биоцидов / И.А. Гончарова, **А.Г. Мицкевич**, Н.М. Ровбель // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: труды Междунар. конф., посвященной 100-летию начала работы профессора А.С. Бондарцева в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, 24-28 апр. 2005 г.) / РАН, Ботанический институт им. В.Л. Комарова ; редкол. М.А. Бондарцева [и др.]. – Санкт-Петербург, 2005. – Т.1. – С. 160 – 163.
13. Гончарова, И.А. Рост плесневых грибов в присутствии четвертичных аммониевых соединений / И.А. Гончарова, Н.М. Ровбель, **А.Г. Мицкевич** // Успехи медицинской микологии: материалы IV Всероссийского конгресса по медицинской микологии (Москва, 29-31 марта, 2006 г.) / РАН, Национальная академия

- микологии ; под ред. Ю.В. Сергеева. – Т. 7. – Москва : Национальная академия микологии, 2006. – С. 140 – 142.
14. Мицкевич, А.Г. Повреждение темперной живописи на деревянной основе плесневыми грибами / А.Г. Мицкевич, И.А. Гончарова // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: материалы Междунар. науч. конф. (Минск-Раков, 1-2 июня 2006 г.) / Национальная академия наук Беларуси. Отд-ние биол. наук. Институт микробиологии. Бел. общ-ное объединение микробиологов ; программно-редакционная комиссия З.М. Алещенкова [и др.]. – Минск, 2006. – С. 15 – 17.
15. Гончарова, И.А. Действие бензалкониум хлорида на ксилотрофные базидиомицеты в зависимости от состава питательной среды / И.А. Гончарова, Н.М. Ровбель, А.Г. Мицкевич // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: материалы Междунар. науч. конф. (Минск-Раков, 1-2 июня 2006 г.) / Национальная академия наук Беларуси. Отд-ние биол. наук. Институт микробиологии. Бел. общ-ное объединение микробиологов ; программно-редакционная комиссия З.М. Алещенкова [и др.]. – Минск, 2006. – С. 11 – 13.
16. Мицкевич, А.Г. Мониторинг микологической безопасности музейных фондов / А.Г. Мицкевич, А.Н. Капич // Успехи медицинской микологии: материалы V Всероссийского конгресса по медицинской микологии (Москва, 29-31 марта 2007 г.) / РАН, Национальная академия микологии ; под ред. Ю.В. Сергеева – Москва : Национальная академия микологии, 2007. – Т.9 – С. 63 – 66.
17. Мицкевич А. Влияние химической обработки памятников Белорусского государственного музея народной архитектуры и быта на их колонизацию дереворазрушающими грибами / А. Мицкевич, И. Гончарова, Е. Юрченко, Я. Шапорова // Народнае дойлідства Беларусі. Праблемы захавання, выкарыстання і інтэрпрэтацыі: матэрыялы навук.-практ. канф. (Мінск, 27-28 верасня 2006 г.) / Беларускі дзяржаўны музей народнай архітэктуры і побыту ; уклад. В.Ул. Мірончык. – Мінск : А.М. Варахін, 2007. – С. 109 – 113.
18. Мицкевич, А.Г. Биоповреждения этнографических музейных коллекций анаморфными грибами. / А.Г. Мицкевич, А.Н. Капич // Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века: материалы 7-й Междунар. науч. конф. (Минск, 17-18 мая 2007г.) / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; под ред. С.П. Кундаса [и др.]. – Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2007. – С. 103.
19. Мицкевич, А.Г. Плесневое поражение памятников истории и культуры / А.Г. Мицкевич, И.А. Гончарова // Збереження, дослідження, консервація, реставрація та експертиза музейних пам'яток: Наукові доповіді VI Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 27–30 травня 2008 року) / Національний науково-дослідний реставраційний центр України ; відпов. за випуск : С.О. Стрельнікова. – Київ, 2008. – Ч. 2. – С. 32 – 37.
20. Гончарова, И.А. Влияние биоцидных соединений на плесневые грибы рода *Aspergillus* / И.А. Гончарова, Н.М. Ровбель, Д.С. Грек, А.Г. Мицкевич //

- Окружающая среда и здоровье человека: материалы II Санкт-Петербургского Междунар. экологического форума (Санкт-Петербург, 1-4 июля 2008г.) ; гл. ред. А.Б. Белевитин. – Санкт-Петербург : ВМедА, 2008. – Ч. II. – С. 348.
21. Гончарова, И.А. Экологические аспекты использования биоцидов для защиты музейных объектов от биоповреждений / И.А. Гончарова, **А.Г. Мицкевич** // Зберігання історико-культурної спадщини. Наука та практика: Наукові доповіді VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 22–24 вересня 2009 року) / Національний науково-дослідний реставраційний центр України ; відпов. за випуск : С.О. Стрельнікова. – Київ, 2009. – Ч. 2. – С. 32 – 37.
22. Гончарова, И.А. Оценка эффективности защиты древесины от поражения грибами / И.А. Гончарова, Д.С. Грек, А.П. Луговнева, **А.Г. Мицкевич** // „Probleme actuale ale microbiologiei și biotehnologiei”, The National Scientific Conference with International Participation “Current Problems in Microbiology and Biotechnology” (Chișinău, 5-6 oct. 2009). – 2009. – P. 36 – 37.
23. **Мицкевич, А.Г.** Проблемы выкарыстання біяцыдаў у музейнай практыцы // А.Г. Мицкевич, І.А. Гончарова // Навукова-даследчая дзейнасць Беларускага дзяржаўнага музея народнай архітэктуры і побыту. Стан і перспектывы: матэрыялы навук.-практ. канф. (Мінск, 19 лістапада 2008 г.) ; уклад. С.Б. Масюская. – Мінск : “Промпечать”, 2009. – С. 138 – 142.
24. Капич, А.Н. Дереворазрушающие грибы в Белорусском государственном музее народной архитектуры и быта / А.Н. Капич, **А.Г. Мицкевич**, И.А. Гончарова, О.О. Серова // Дослідження, реставрація та превентивна консервація музейних пам’яток. Сучасний стан. Перспективи розвитку: Наукові доповіді VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 23–27 травня 2011 року) / Національний науково-дослідний реставраційний центр України ; відпов. за випуск : С.О. Стрельнікова. – Київ, 2011. – С. 179 – 182.
25. Пчельников, В.И. Реставрация итальянской винтовки образца 1871-1887 гг. / В.И. Пчельников, **А.Г. Мицкевич**, Н.В. Воронкович // Дослідження, реставрація та превентивна консервація музейних пам’яток. Сучасний стан. Перспективи розвитку. Наукові доповіді VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 23–27 травня 2011 року) / Національний науково-дослідний реставраційний центр України ; відпов. за випуск : С.О. Стрельнікова. – Київ, 2011. – С. 339 – 342.
26. **Мицкевич, А.Г.** Мікалагічны маніторынг помнікаў драўлянай архітэктуры Беларускага дзяржаўнага музея народнай архітэктуры і побыту / А.Г. Мицкевич, І.А. Гончарова, А.М. Капіч // Памяць продкаў праз музейны свет : праграма музейных чытанняў (Мінск, 7 снежня 2010 г.) / Нацыянальная бібліятэка Беларусі. – Мінск, 2011. – С. 102 – 108.
27. **Мицкевич, А.Г.** Папярэджанне біяпашкодванняў музейных аб’ектаў міцэліяльнымі грыбамі / А.Г. Мицкевич, І.А. Гончарова, Н.В. Варанковіч // Памяць продкаў праз музейны свет : праграма музейных чытанняў (Мінск, 7 снежня 2010 г.) /

Нацыянальная бібліятэка Беларусі. – Мінск, 2011. – С. 109 – 113.

28. **Мицкевич, А.Г.** Использование биологических сорбентов в превентивной консервации / А.Г. Мицкевич, И.А. Гончарова, Т.В. Соколова, А.А. Балюта // Узаемасувязь артэфектаў і прыродных аб'ектаў у музеях пад адкрытым небам: матэрыялы Міжнароднай навукова-практычнай канферэнцыі (20-21 верасня 2011 г.) / Нацыянальная бібліятэка Беларусі. – Мінск, 2012. – С. 112 – 120.
29. **Roubtchenia, A.G. (Mitskevich, A.)** Protection of art works from mould attack / A.G. Roubtchenia, I.A. Goncharova, V.G. Babitskaya // Papers of the 10th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium (Hamburg, 15-18 September, 1996) / DECHEMA Monographs. – VCH Verlagsgesellschaft, 1996. – V. 133. Sept. – P. 411 – 416.
30. **Mickievich, A.** Prevention of museum objects against mould damage [Computer file] / A. Mickievich, I. Goncharova // Materiały z sesji konserwatorskiej "Sztuka konserwacji 2006" 22-24.04.2006. – Computer data, 31 MB. – Warszawa, Państwowe Muzeum Archeologiczne, 2006. – 1 CD-ROM.
31. **Mickievich, A.** Biologiczne uszkodzenia i konserwacja etnograficznej muzealnej ceramiki [Computer file] / A. Mickievich // Materiały z sesji konserwatorskiej "Sztuka konserwacji 2007" 20.04.2007. – Computer data, 621 Kб. – Warszawa, Państwowe Muzeum Archeologiczne, 2007 – 1 CD-ROM.

Тезисы докладов научных конференций

32. Гончарова, И.А. Влияние pH на фунгицидные свойства катамина АБ. / И.А. Гончарова, Е.А. Тамкович, **А.Г. Рубчэня (А.Г.Мицкевич)** // Лимитирование и ингибирование роста микроорганизмов: тез. докл. всесоюзной конф. – Пушкино, 1989. – С. 135 – 136.
33. Гончарова, И.А. Оценка биостойкости целлюлозосодержащих материалов с помощью агаровой сетки / И.А. Гончарова, Н.В. Степенюк, **А.Г. Рубчэня (А.Г. Мицкевич)** // Защита древесины и целлюлозосодержащих материалов от биоповреждений: тез. докл. всесоюзной конф. – Рига, 1989. – С. 91 – 94.22.
34. **Мицкевич, А.Г.** Проблемы сохранности писанок в условиях музеев под открытым небом / А.Г. Мицкевич, И.А. Гончарова // Проблеми збереження, консервації, реставрації та експертизи музейних пам'яток: Тези доповідей V Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ 23-27 травня 2005 року) / Національний науково-дослідний реставраційний центр України ; відпов. за випуск : С.О. Стрельнікова. – Київ, 2005. – С. 209 – 211.
35. **Mickievich, A.G.** Mycological monitoring of the Belarusian State Museum of Folk Architecture and Everyday Life / A.G. Mickievich, A.N. Kapich // International conference "Biodeterioration of Wood and Wood Products" BWWP 2007 : Programme Abstract Book (Riga, Latvia, August 26-29, 2007) / BWWP ; editors : I. Irhe, V. Biziks. – Riga : Perse Ltd., 2007. – P. 41.

Научно-методические материалы

36. Міцкевіч, А.Г. Кансервацыя і рэстаўрацыя керамікі / А.Г. Міцкевіч // Школа музейных кансерватараў: Бытавая кераміка, этнаграфічны тэкстыль: навук.-метад. матэрыялы ; укл. А.Б. Сташкевіч ; нав. рэд. Л.У. Дамнянкова. – Мінск : БелДІПК, 2005. – С. 21 – 32.
37. Mitskevich, A. La protection des valeurs des musees de l'endommagement par les moisissures (Ахова музейных каштоўнасцей ад пашкодвання плесняй) / A. Mitskevich, I. Gancharova, N. Rovbel // School of museum conservatives: Newsletter: навук.-метад. матэрыялы ; укл. А.Б. Сташкевіч; нав. рэд. Л.У. Дамнянкова. – Мінск : БелДІПК, 2005. – 2006. – Р. 33 – 36.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ



РЕЗЮМЕ

Мицкевич Анжелика Георгиевна

Экологические аспекты биоповреждений мицелиальными грибами объектов материальной культуры, прошедших биозащитную обработку

Ключевые слова: мицелиальные грибы, грибы-технофилы, биоповреждение, биоциды, фунгициды, фунгитоксичность, превентивная консервация.

Объект исследования: мицелиальные грибы – агенты биоповреждений движимых и недвижимых памятников историко-культурного значения.

Цель работы: проведение мониторинга микобиоты объектов материальной культуры, подвергшихся химической обработке и без нее, оценка экологических последствий воздействия биоцидов на грибы-агенты биоповреждений, разработка экологически безопасных способов защиты историко-культурных ценностей от грибного поражения.

Методы исследования: микробиологические, экологические, биохимические, аналитические, статистические.

Полученные результаты, их новизна. Впервые установлен видовой состав микофлоры объектов материальной культуры, в том числе прошедших биозащитную обработку. Выявлено, что биоцидные соединения, традиционно применяемые в составах для огнебиозащиты памятников деревянного зодчества (соли меди) и в реставрационной практике (бензалконий хлорид), в субингибирующих концентрациях способны стимулировать рост мицелия и синтез пигментов, а также повышать экологическую опасность плесневых грибов, связанную с усилением спорообразования. Повторные обработки биоцидами той же группы могут приводить к более сильному поражению. Дана оценка и произведен подбор экспресс-методов предварительного тестирования биоцидных средств. Выявлено, что биоциды более целесообразно вводить в наполнители, сорбенты влаги и иные вспомогательные материалы, избегая введения непосредственно в материал самих исторических объектов. Разработан подход для комплексного использования в превентивной консервации результатов микологического мониторинга и предварительного тестирования биоцидных средств.

Рекомендации по использованию. Результаты диссертации рекомендуются для практического применения в музеях страны, особенно тех, где в силу определенных обстоятельств, сложно соблюсти оптимальный температурно-влажностный режим. Результаты диссертации используются в учебных программах для студентов реставрационных и музееведческих специализаций.

Область применения: экология, ботаника, охрана окружающей среды, реставрация и консервация, музееведение.

РЭЗІЮМЭ

Мішкевіч Анжэліка Георгіеўна

Экалагічныя аспекты біяпашкоджанняў міцэліяльнымі грыбамі аб'ектаў матэрыяльнай культуры, прайшоўшых біяхаўную апрацоўку

Ключавыя словы: міцэліяльныя грыбы, грыбы-тэхнафілы, біяпашкоджанне, біяцыды, фунгіцыды, фунгітаксічнасць, прэвентыўная кансервацыя.

Аб'ект даследавання: міцэліяльныя грыбы – агенты біяпашкоджання рухомых і нерухомых помнікаў гісторыка-культурнага значэння.

Мэта работы: – правядзенне маніторынга мікабіёты аб'ектаў матэрыяльнай культуры, пасля хімічнай апрацоўкі і без яе, ацэнка экалагічных наступстваў уздзеяння біяцыдаў на грыбы-агенты біяпашкоджанняў, распрацоўка экалагічна бяспечных спосабаў аховы гісторыка-культурных каштоўнасцей ад грыбнога паражэння.

Метады даследавання: мікрабіялагічныя, экалагічныя, біяхімічныя, аналітычныя, статыстычныя.

Атрыманыя вынікі, іх навізна. Упершыню ўстаноўлены віды склад мікрафлары аб'ектаў матэрыяльнай культуры, у тым ліку прайшоўшых біяхаўную апрацоўку. Выяўлена, што біяцыдныя злучэнні, традыцыйна выкарыстоўваемыя ў саставах для вогнебіяховы помнікаў драўлянай архітэктуры (солі медзі) і ў рэстаўрацыйнай практыцы (бензалконій хларыд), у субінгібуючых канцэнтрацыях здольны стымуляваць рост міцэлія і сінтэз пігментаў, а таксама павышаць экалагічную небяспеку цвілевых грыбоў, звязаную з узмацненнем спораўтварэння. Паўторныя апрацоўкі біяцыдамі той жа групы могуць прыводзіць да больш моцнага паражэння. Дадзена ацэнка і праведзены падбор экспрэс-метадаў папярэдняга тэсціравання біяцыдных сродкаў. Выяўлена, што біяцыды больш мэтазгодна ўводзіць у напаўняльнікі, сарбенты вільгаці і іншыя дапаможныя матэрыялы, пазбягаючы увядзення непасрэдна ў матэрыял саміх гістарычных аб'ектаў. Распрацаваны падыход для комплекснага выкарыстання ў прэвентыўнай кансервацыі вынікаў мікалагічнага маніторынга і папярэдняга тэсціравання біяцыдных сродкаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанню. Вынікі дысертацыі рэкамендуецца для практычнага выкарыстання ў музеях краіны, асабліва тых, дзе ў сілу вызначаных абставін складана вытрымаць аптымальны тэмпературна-вільготнасны рэжым. Вынікі дысертацыі выкарыстоўваюцца ў вучэбных праграмах для студэнтаў рэстаўрацыйных і музейнаўчучых спецыялізацый.

Вобласць выкарыстання: экалогія, батаніка, ахова навакольнага асяроддзя, рэстаўрацыя і кансервацыя, музейнаўчучства.

SUMMARY

Mickiewicz Angelika Georgievna

Ecological aspects of biodamages objects of material culture which passed bioprotective treatment by filamentous fungi

Keywords: filamentous fungi, fungi technophiles, biodamage, biocides, fungicides, fungi toxicity, preventive conservation.

The object of researching: filamentous fungi as biodamage factors of movable and immovable historical and cultural values.

The purpose of research: investigation of environmental aspects of filamentous fungi's influence on biodamage of material culture objects which passed bioprotective treatment and elaboration ways to minimize the negative environmental effects of chemical protective materials of historical and cultural significance, and masterpieces of art.

Methods of researching: microbiological, environmental, biochemical, analytical, statistical.

The results and conclusions, their novelty: The species composition of the microflora of objects of material culture first established, including the ones which passed bioprotective processing. Revealed that the biocidal compounds conventionally used in compositions for fire- and bioprotection monuments of wooden architecture (copper salt) and in restoration practice (benzalkonium chloride), in sub inhibition concentrations can stimulate the growth of the mycelium and the synthesis of pigments, as well as increase environmental hazard of molds connected with increased sporulation. Repeated biocidal treatment in the same group can lead to a stronger affection. The evaluation was made and was organized the selection of rapid methods of preliminary testing of biocidal elements. Revealed that biocides should be entailed into fillers, moisture absorbents and other supporting materials, avoiding the direct involvement into the material of historical sites itself. The approach was worked out for the complex use in the preventive conservation of the results of mycological monitoring and preliminary testing of biocidal elements.

Recommendations for using: the results of dissertation are recommended for practical application in the country's museums, especially in these ones where forcing by some particular circumstances it could be complicated to follow optimal temperature and humidity conditions. The results of investigation are applied in educational programs for students of restoration and museological specializations.

The application area: ecology, botany, environmental protection, restoration and conservation, museology.