

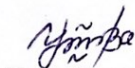
**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Институт фундаментальной медицины и биологии  
Кафедра микробиологии**

Направление подготовки (специальность): 06.04.01 – Биология

Профиль (специализация, магистерская программа): Микробиология и вирусология

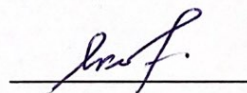
**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ  
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ С БИОЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ К  
ВОЗДЕЙСТВИЮ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ**

Обучающийся 2 курса  
группы 01-040-2



Н.Ш. Уразметова

Научный руководитель  
канд. биол. наук, доцент



Г.Ю. Яковлева

Заведующий кафедрой микробиологии  
д-р биол. наук, профессор



О.Н. Ильинская

Казань – 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b>	5
1.1 Биоповреждения: факторы и агенты	5
1.2 Микромицеты, участвующие в биоповреждении	7
1.2.1 Род <i>Aspergillus</i>	9
1.2.2 Род <i>Aureobasidium</i>	11
1.2.3 Род <i>Trichoderma</i>	12
1.3 Полимерные композитные материалы	13
1.4 Биокоррозия полимерных композитов и меры повышения их биологической стойкости	14
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b>	18
<b>2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ</b>	18
2.1 Объект исследования	18
2.1 Объект исследования	18
2.4 Влияние различных концентраций $Cu_2O$ на рост <i>Aspergillus niger</i> и <i>Penicillium chrysogenum</i>	21
2.5 Статистическая обработка результатов	22
<b>3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ</b>	23
3.1 Определение устойчивости образцов композиционного полимерного материал к воздействию микроскопических грибов	23
3.2 Влияние различных концентраций $Cu_2O$ на рост <i>Aspergillus niger</i>	27
3.3 Влияние различных концентраций $Cu_2O$ на рост <i>Penicillium chrysogenum</i>	33
<b>ВЫВОДЫ</b>	38
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	40

## ВВЕДЕНИЕ

Различные органические стекломатериалы, а именно поликарбонат и полиметилметакрилат, используются для остекления транспортных средств, зданий и сооружений. Для защиты этих материалов от агрессивных внешних факторов, приводящих к истиранию и снижению прозрачности, одним из известных способов является нанесение полисилоксановых покрытий. [Vincent *et al.*, 1985; Пласкунов с соавт., 2020]. Однако воздействие внешних факторов в процессе эксплуатации таких покрытий может привести к снижению их механических характеристик, в частности, износостойкости, адгезии к подложке и твердости. Вследствие этого, на поверхности органических стекол появляются повреждения, которые приводят к существенному снижению оптических характеристик. Деструктивное воздействие микроорганизмов является одним из основных факторов, приводящих к снижению механических характеристик полисилоксанов. Было показано, что полисилоксаны подвергаются воздействию бактерий, в том числе *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus vindans*, *Salmonella enteritidis*, и др. [Rościszewski *et al.*, 1998]. Следует отметить, что наиболее остро проблема биodeградации полисилоксанов с функциональными группами (например, винильными или эпоксидные) [Millar *et al.*, 1996; Hao *et al.*, 2014] проявляется в тропического климата. Это обусловлено не только большим разнообразием микроорганизмов, способных вызывать биодеструкцию, как полисилоксанов, так и функциональных добавок, но и совокупностью агрессивных факторов, таких как высокая влажность, микробиологическое воздействие, высокое содержание солей в воздухе, высокая интенсивность УФ воздействия [Kartashova *et al.*, 2020].

Разработанные методы защиты полимерных материалов от биodeградации не подходят для полисилоксанов, которые используют для покрытия органического остекления. Так, введение наночастиц,

проявляющих токсичность к микроорганизмам [Vasyukova *et al.*, 2021] приводит к снижению оптических характеристик остекления даже в случаях, когда размеры частиц меньше длины волны [Danilaev *et al.*, 2019].

Введение в состав полисилоксановых композиций функциональных групп, проявляющих токсичность к микроорганизмам приводит к неизбежному снижению износостойкости полисилоксанового покрытия [Xu *et al.*, 2020]. Усиление антимикробных свойств полисилоксановых покрытий за счет модификации функциональных групп приводит к снижению стойкости к истиранию [Momber *et al.*, 2020]. Известные методы снижения скорости биодegradации основаны на использовании дисперсных частиц, например, наночастиц серебра, диоксида меди, повышающих токсичность материала для микроорганизмов [DeLorenzo, 2001].

Целью данной работы является оценка устойчивости полимерных композитных материалов с биоцидными свойствами к воздействию микроскопических грибов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи.

- 1) Определить устойчивость образцов полимерных композитных материалов с различной концентрацией  $\text{Cu}_2\text{O}$  к воздействию микроскопических грибов при внесении спор микромицетов в стерильной дистиллированной воде и в среде Чапека-Докса.
- 2) Оценить влияние различных концентраций  $\text{Cu}_2\text{O}$  на рост *Aspergillus niger*.
- 3) Оценить влияние различных концентраций  $\text{Cu}_2\text{O}$  на рост *Penicillium chrysogenum*.

## ВЫВОДЫ

1) При визуальном осмотре поверхности образцов эпоксидного материала с различной концентрацией  $\text{Cu}_2\text{O}$  рост микроскопических грибов отмечали только при внесении спор микромицетов в среде Чапека-Докса. По морфологическим признакам, выросшие на образцах микромицеты были отнесены к *Aspergillus niger*. При нанесении спор микроскопических грибов в дистиллированной воде рост микромицетов на поверхности образцов зафиксирован не был.

2) При микроскопическом исследовании образцов фиксировали поражение поверхности образцов в вариантах без  $\text{Cu}_2\text{O}$  и в присутствии биоцида с массовой концентрацией 0.18 % по массе в матричном полимере как при внесении спор микромицетов в дистиллированной воде, так и в среде Чапека-Докса. Площадь поражения в присутствии биоцида снижалась в 2.0 раза и 1.5 раза соответственно по сравнению с вариантом без  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Внесение биоцида в концентрации 0.92 % по массе в матричном полимере снизило площадь поражения микромицетами 3.8 раза по сравнению с вариантом без  $\text{Cu}_2\text{O}$  при нанесении спор в среде Чапека-Докса и полностью подавило их рост при нанесении спор в дистиллированной воде.

3) Внесение  $\text{Cu}_2\text{O}$  в среду Чапека-Докса привело к замедлению роста *Aspergillus niger* на поверхности питательной среды. Средняя радиальная скорость роста *Aspergillus niger* на среде Чапека-Докса с добавлением  $\text{Cu}_2\text{O}$  в концентрации 2.0 г/л и 5.5 г/л была ниже, чем в контрольном варианте в 1.9 и 2.5 раза соответственно в не зависимости от внесения оксида меди в капсулированной или не капсулированной форме. Внесение  $\text{Cu}_2\text{O}$  в концентрации 9.0 г/л в капсулированной форме привело к снижению средней скорости роста в 4.5 раза, а в не капсулированной 6.2 раза. При росте колоний *Aspergillus niger* на среде с добавлением  $\text{Cu}_2\text{O}$  отмечали изменение цвета среды культивирования с красноватого на бледно голубой.

4) Внесение в среду культивирования *Penicillium chrysogenum*  $\text{Cu}_2\text{O}$  привело к подавлению роста микромицета вне зависимости от концентрации биоцида и формы его внесения. Средняя радиальная скорость роста *Penicillium chrysogenum* при всех исследуемых концентрациях  $\text{Cu}_2\text{O}$  в среде Чапека-Докса снизилась в среднем  $8.0 \pm 0.3$  раз по сравнению с вариантом без биоцида. На протяжении всего времени культивирования не отмечали изменение цвета среды Чапека-Докса с  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

ГОСТ 9.049-81. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию микроорганизмов. [Текст] – М.: Издательство стандартов, 1992.

4) Грофова, В. Т. Влияние эксплуатационной среды на долговечность строительных конструкций [Текст] / В. Т. Грофова, А. Д. Болотин, С. Н. Зайцова, С. Н. Казначеев, В. Ф. Смирнов // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – Т.7. – № 13. – С. 23-31.

5) Зайцева, Н.А. Обитание органических кислот, выделяемых объектом, пораженных биокоррозией [Текст] / Н. А. Зайцева, Н. В. Даркина и М.А.Ситникова // Вестник Вятского государственного университета. – 2015. – Т.9. – № 4. – С. 303-306.

6) Малица, Е. Биокоррозия: Учебное пособие для студентов Биологического факультета [Текст] / Е. Малица. – Москва, 1987. – С.87-112.

7) Каримова, Н. С. Методы исследования в области биокоррозии, вызванной микроорганизмами [Текст] / Н. С. Каримова, Г. В. Падеева, Т. В. Гусева. – Казань: Изд-во КФУ, 2014. – 36 с.

8) Коган, А. М. Этапы биокоррозии и коррозии стали в морской воде [Текст] / А. М. Коган, Е. В. Никитин, А. В. Голубев, А. И. Давыдов, Л. А. Мовсисян // Труды ВИАМ. – 2019. – Т.6. – № 78. – С. 10-13.