

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: 06.03.01 – Биология

Профиль подготовки: Микробиология и вирусология

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РОЛЬ ИОНОВ МЕДИ В ПОВЫШЕНИИ ГРИБОСТОЙКОСТИ
ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ (ЭД-20)

Обучающийся 4 курса
группы 01-905
"14" июня 2023 г.



Фуфыгина Е.С.

Научный руководитель
канд. биол. наук, доцент
"14" июня 2023 г.



Яковлева Г.Ю.

Заведующий кафедрой
микробиологии
д-р биол. наук, профессор
"14" июня 2023 г.



Ильинская О.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	6
1.1 Биоповреждения различных материалов	6
1.2 Микроскопические грибы – как основные биоповреждающие агенты	9
1.3 Органическое остекление	12
1.4 Борьба с биоповреждениями органического остекления	14
1.5 Эпоксидные полимеры	16
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	18
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	18
2.1 Объект исследования	18
2.2 Выделение чистых культур микроскопических грибов с поверхности образцов композиционного полимерного материала (эпоксидный полимер ЭД-20) с различными концентрациями Cu_2O и их идентификация	18
2.3 Определение грибостойкости образцов полимерного композиционного материала	19
2.4 Определение влияния различных концентраций Cu_2O на рост <i>Aspergillus niger</i>	20
2.4.1 Определение влияния различных концентраций Cu_2O на рост <i>Aspergillus niger</i> на плотной среде Чапека-Докса	20
2.4.2 Определение влияния различных концентраций Cu_2O на рост <i>Aspergillus niger</i> в жидкой среде Чапека-Докса	21
2.5 Статистическая обработка результатов	21
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	22

3.1 Анализ сообщества микромицетов, выделенных с поверхности образцов композиционного полимерного материала (эпоксидный полимер ЭД-20) с различными концентрациями Cu_2O	22
3.2 Устойчивость образцов полимерных композиционных материалов с различной концентрацией Cu_2O к воздействию микроскопических грибов в условии минерального и органического загрязнения	23
3.3 Влияние различных концентраций Cu_2O на рост <i>Aspergillus niger</i>	27
3.3.1 Влияние различных концентраций Cu_2O на рост <i>Aspergillus niger</i> на плотной питательной среде Чапека-Докса	27
3.3.2 Влияние различных концентраций Cu_2O на рост <i>Aspergillus niger</i> на жидкой питательной среде Чапека-Докса	33
ВЫВОДЫ	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	37

ВВЕДЕНИЕ

Биоповреждение – это процесс, при котором происходит изменение физико-химических свойств материалов, под воздействием живых организмов. Микроорганизмы, в особенности микромицеты подвергают разрушению большинство материалов, созданных природой и человеком [Pozo-Antoniao *et al.*, 2022; Kakakhel *et al.*, 2019]. В результате их жизнедеятельности, наносится огромный урон деревянным и бетонным конструкциям. Стекло, топливо и пластмасса также теряют свои характеристики из-за микромицетов [Zhenghong *et al.*, 2022]. Ежегодно, по всему миру на борьбу с биодеструкторами тратится до 50 миллиардов долларов [Coetser, Cloete, 2005]. В результате старения материалов, они становятся более уязвимыми перед микроорганизмами, а в условиях повышенной температуры и влажности, негативное воздействие увеличивается [Кривушина, Горяшник, 2017].

Микромицеты приспособлены к росту в различных экологических зонах. Их быстрый рост в совокупности с широким спектром метаболических путей, позволяет осваивать новые экологические ниши [Каблов с соавт., 2011].

Разработка грибостойких покрытий является важным аспектом в развитии авиационной промышленности. Эксплуатация конструкций в условиях постоянной смены климата, УФ излучения и перепадов давления ускоряет процессы старения и разрушения материалов [Каблов, Старцев, 2019]. Эпоксидные смолы являются хорошим вариантом для покрытия органических стекол, в силу их физических характеристик. Модификация, путем добавления различных пластификаторов, оксидов металлов и других полимерных составов, приводит к улучшению физических свойств, а также появлению устойчивости к коррозии, микробному и грибному поражению [Ерофеевская с соавт., 2021].

Использование капсулированных субмикронных частиц в качестве наполнителя полимерных композиционных материалов (ПМК) позволяет

повысить некоторые их механические характеристики за счет выбора материала и толщины оболочки. Использование капсулированных полистиролом частиц оксида алюминия или цинка позволяет повысить модуль упругости, твердость и предел прочности ПКМ за счет снижения подвижности макромолекул матричного полимера [Bogomolova *et al.*, 2017; Akhmadeev *et al.*, 2020]. Биоразлагаемые полимеры, например, полилактид [Gupta, Kumar, 2007], в качестве материала оболочки дисперсных частиц могут не только модулировать механические свойства ПКМ, но и использоваться микроорганизмами как источник питания, обеспечивая доступ к токсичным частицам. Синтезируемые микроорганизмами ферменты и органические кислоты, в результате взаимодействия с материалом оболочки, способствуют высвобождению дисперсных частиц, например, оксида меди, с образованием токсичных солей меди. Этот процесс происходит локально, в местах поражения ПКМ микроорганизмами и приводит к их гибели. Таким образом, применение капсулированных биоразлагаемых полимеров высокодисперсных наполнителей с биоцидным эффектом, например, частиц оксида меди, позволит улучшить эксплуатационные характеристики ПКМ.

Целью данной работы является определение роли ионов меди в повышении грибостойкости эпоксидных смол (ЭД-20).

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1) Выделить и идентифицировать микробное сообщество с образцов полимерных композиционных материалов с различными концентрациями Cu_2O .

2) Оценить устойчивость образцов полимерных композиционных материалов с различной концентрацией Cu_2O к воздействию микроскопических грибов в условии минерального и органического загрязнения.

3) Оценить влияние различных концентраций Cu_2O на рост *Aspergillus niger* на жидкой и плотной среде Чапека-Докса.

ВЫВОДЫ

1) Из всех микроскопических грибов, выделенных с поверхности композиционного полимерного материала (эпоксидный полимер ЭД-20) с различными концентрациями Cu_2O , 81% составляли представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*, 10% – рода *Fusarium* и 9% – рода *Alternaria*. *Aspergillus niger* являлся наиболее распространенным микромицетом, выделенным с поверхности образцов.

2) Внесение Cu_2O в полимерные композиционные материалы увеличивает их грибоустойчивость в условиях минерального и органического загрязнения. Площадь поражения образцов *Aspergillus niger* уменьшалась с увеличением концентрации дисперсных частиц. Для образцов, наполненных капсулированными частицами, такое уменьшение было более значительным.

3) Внесение Cu_2O 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 Cu_2O 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, вне зависимости от внесения оксида меди в капсулированной или некапсулированной форме. Внесение Cu_2O в концентрации 9.0 г/л в капсулированной форме привело к снижению средней скорости роста в 4.5 раза, в некапсулированной – 6.2 раза. При росте колоний *Aspergillus niger* на среде с добавлением Cu_2O отмечали изменение цвета среды культивирования с красноватого на бледно-голубой.

4) Внесение Cu_2O в жидкую среду Чапека-Докса в концентрации 2.0 г/л, 5.5 г/л и 9.0 г/л в капсулированной полилактидом форме привело к уменьшению концентрации биомассы *Aspergillus niger* в 29, 32 и 38 раз, соответственно, по сравнению с контрольным вариантом, а в некапсулированной форме – в 10, 23 и 25 раз.