

УДК 577

Полиметакрилатные композиты с наночастицами серебра для различных применений: получение, характеристика, фунгицидные свойства

Булыгин Егор Андреевич^(*)

egor_bulygin03@mail.ru

Попов Иван Александрович

popovia2003@yandex.ru

Грицаева Анна Викторовна

anngritsaeva@mail.ru

Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Россия

Аннотация. В настоящей работе разработан композитный материал на основе метакрилатной смолы с наночастицами серебра для различных применений. Изучена фунгицидная активность полученного композита для подавления гриба *Alternaria alternata*. Исследования показали умеренную фунгицидную активность: жизнеспособность спор снижалась до 65 % за 30 дней. Материал сохраняет оптические свойства и демонстрирует потенциал для применения в системах с контролируемым снижением микробной активности.

Ключевые слова: полимеры, композитные материалы, наночастицы серебра, противогрибковый эффект, *Alternaria Alternata*

Polymethacrylate composites with silver nanoparticles for various applications: preparation, characterization, fungicidal properties

Bulygin Egor Andreevich^(*)

egor_bulygin03@mail.ru

Popov Ivan Alexandrovich

popovia2003@yandex.ru

Gritsaeva Anna Viktorovna

anngritsaeva@mail.ru

A.M. Prokhorov Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. In this work, a composite material based on methacrylate resin with silver nanoparticles has been developed for various applications. The fungicidal activity of the obtained composite for the suppression of the fungus *Alternaria alternata* has been studied. Studies have shown moderate fungicidal activity: the viability of spores decreased to 65 % in 30 days. The material retains optical properties and demonstrates potential for use in systems with controlled reduction of microbial activity.

Keywords: polymers, composite materials, silver nanoparticles, antifungal effect, *Alternaria Alternata*

Введение. Полимерные материалы, в том числе — на основе полиметакрилатов, находят широкое применения во многих отраслях, начиная с биомедицины и заканчивая сельским хозяйством. Модифицирование полимеров введением наноразмерных наполнителей разной природы позволяет улучшить свойства полиметакрилатной матрицы и придать получаемым композитным

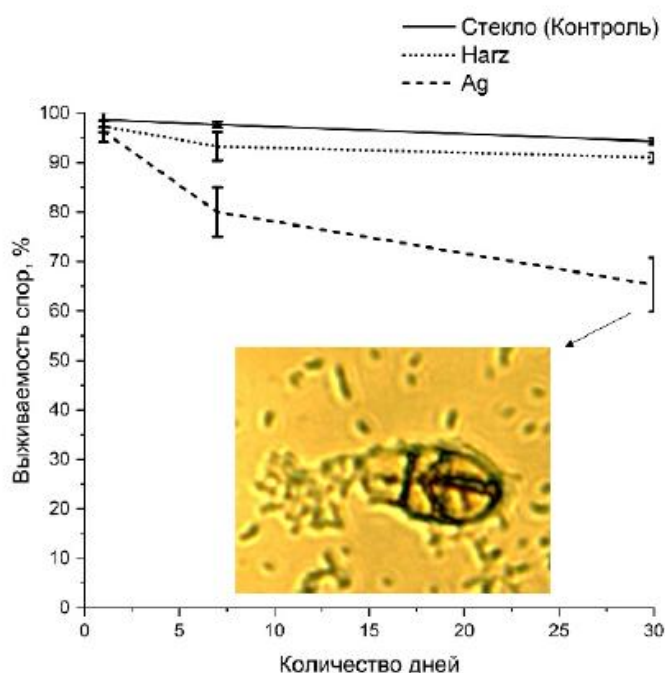
материалам новые свойства, например, антибактериальную или антигрибковую активность.

Способность грибов вызывать заболевания, порчу продуктов и биодegradацию материалов является серьезной проблемой для общества. Эффективность применяемых утвержденных противогрибковых средств снижается из-за постепенного развития резистентности. Широко известны антибактериальные и противогрибковые свойства наночастиц серебра [1].

В данной работе были получены композитные материалы на основе полиметакрилатной смолы с введенными наночастицами серебра, полученными методом лазерной абляции в воде. Полученные материалы были охарактеризованы, а также была оценена их фунгицидная активность.

Методы и материалы. Композиционный материал (pAg) был получен путем смешивания дисперсии наночастиц Ag в ацетоне (полученных методом импульсной лазерной абляции, с использованием волоконного иттербиевого лазера $\lambda = 1064$ нм, $f = 35$ кГц, $\tau = 200$ нс, $E_p = 1,5$ мДж) с метакрилатной смолой (Harz Labs., Москва, РФ). После полимеризации образцов с серебром (pAg) было проведено сравнение с немодифицированными образцами (Harz) с использованием ИК-фурье и УФ-видимой спектроскопии. В опытах по определению противогрибковой активности использовалась культура грибов *Alternaria Alternata*, производилось сравнение образцов Harz и pAg. Количественная оценка фунгицидной активности проводилась методом JIS Z 2801 со стеклом в качестве контрольного образца.

Результаты. Результаты спектральных измерений показали отсутствие значимого влияния наночастиц на оптические свойства материала.



Динамика выживаемости спор *A. Alternata* на поверхности pAg.

Вставка: фотография сделана на 30-й день эксперимента. Разрушенная спора под действием полимера с серебром. Цвет светлый, с края виднеется разрыв клеточной стенки с «выдавленным» наружу содержимым

Исследование фунгицидной активности диско-диффузионным методом показало отсутствие зон ингибирования роста грибов. Однако интересно, что в отличие от чистого полимера без наночастиц, на серебросодержащих образцах отмечаются четкие ровные границы без признаков адгезии грибов. Эксперимент с подсчетом жизнеспособных спор без добавления питательной среды показал, что для образца стекла (контроль) к 30 суткам снизились лишь до $94,3 \pm 0,6 \%$ (см. рисунок). Это свидетельствует о благоприятных условиях для сохранения жизнеспособности в контрольных условиях. Исходный полимер показал слабую активность, сопоставимую с контрольным образцом (рисунок). Материал pAg продемонстрировал умеренную фунгицидную активность. Первоначальные показатели жизнеспособности ($96,3 \pm 2,1 \%$) через 7 суток снизились до $80,0 \pm 5,0 \%$, а к 30 суткам достигли $65,3 \pm 5,5 \%$. Такая динамика указывает на постепенное проявление антигрибковых свойств данного материала.

Заключение. Материал pAg показал умеренную активность с постепенным нарастанием эффекта (65 % выживаемости через 30 суток). Полученный в данной работе материал pAg может найти применение в системах с контролируемым снижением активности микромицетов.

Список источников

- [1] Fisher M.C., Hawkins N.J., Sanglard D., Gurr S.J. Worldwide emergence of resistance to anti-fungal drugs challenges human health and food security. *Science*, 2018, no. 6390, pp. 739–742. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba6574>