

BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY

Гончарова Инесса Адамовна

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Белорусского научно-исследовательского института документоведения и архивного дела,
Республика Беларусь

Сабадаха Елена Николаевна

кандидат технических наук, доцент
Белорусского государственного технологического университета, Республика Беларусь

Арашкова Алина Александровна

научный сотрудник
Института микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Республика Беларусь

БИОПОВРЕЖДЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ГРИБАМИ РОДА *ASPERGILLUS*

Аннотация. Обозначены основные признаки колонизации лакокрасочных покрытий грибами р.*Aspergillus* и этапы микодиагностики очагов плесневого поражения. Изучение физико-механических свойств свободных пленок полимерных связующих после массирующего воздействия ксеротолерантного изолята *A.niger* с высоким уровнем экскреции органических кислот, отобранного по результатам микодиагностики, показало перспективность использования «агрессивных» тест-культур для экспресс-тестирования грибостойкости лакокрасочных материалов.

Ключевые слова: лакокрасочные покрытия, плесневые грибы, органические кислоты

Процессам биоповреждения подвержено большинство современных отделочных строительных материалов, включая композиционные материалы на полимерных связующих. Агентами биоповреждения лакокрасочных покрытий (ЛКП), как правило, являются микроскопические (плесневые) грибы, оказывающие негативное воздействие на эксплуатационные свойства материалов и здоровье людей. Люди, длительное время находящиеся в

пораженных помещениях подвергаются опасности развития заболеваний с широким спектром патологических проявлений, объединенных под общим названием «синдром больных зданий» (sick building syndrome) [1].

В число наиболее опасных для человека микроскопических грибов входят представители рода *Aspergillus*. Попадание грибных спор в организм человека происходит, преимущественно, ингаляционным путем. Аспергиллез включает довольно широкий круг микогенных заболеваний, которые в первую очередь влияют на легкие. Инвазивный аспергиллез обычно встречается у людей с ослабленной иммунной системой, имеющих другие заболевания, и может сопровождаться распространением патогена по кровеносным сосудам в различные органы [2]. Особенно тяжелые последствия имеет появление скрытых очагов развития в больничных палатах *A. fumigatus* [3].

На начальной стадии заражения ЛКП колониями *Aspergillus*, имеющих бесцветный мицелий, почти незаметны, а явные признаки плесневого поражения (изменение окраски, мицелиальные налеты, скопления разноцветных спор) обычно не вызывают такого беспокойства, как при появлении темноокрашенных колоний грибов других таксономических групп. У часто встречающегося плесневого гриба *A. niger*, споры черные, но очаги его развития в толще лакокрасочного слоя обычно выявляются по желтоватым пятнам (рис.1а). Однако при проведении финишных отделочных работ на строительных конструкциях могут появиться гигантские зеленые колонии гриба *A.flavus* (рис.1в).

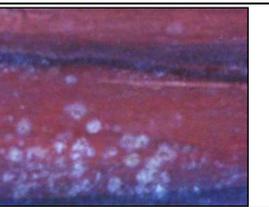
| Внешний вид пораженных покрытий | | | |
|---|---|--|---|
| а | б | в | г |
|  |  |  |  |
| Локальные пигментные пятна | Паутинистые налеты мицелия | Скопление разноцветных спор | Помутнение лакового покрытия |

Рис. 1. Основные признаки колонизации лакокрасочных покрытий грибами р.*Aspergillus*

Не все виды плесневых грибов, рост которых обнаруживается на покрытии, способны использовать его в качестве источника питания, развитие многих из них происходит за счет внешних загрязнений. По литературным данным *A.niger*, *A. terreus*, *A. flavus*, *A. fumigatus* являются истинными деструкторами многих современных ЛКМ [4].

Выявление очагов плесневого поражения и разработка эффективных мероприятий по их ликвидации является достаточно сложной задачей. Упростить работу по выявлению очагов плесневого поражения позволяет высеив споровой суспензии в чашки Петри диаметрными штрихами. В пробе из очага биоповреждения будет обильный рост по штрихам с явным доминированием истинного биодеструктора (рис. 2а).

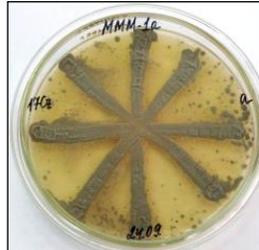
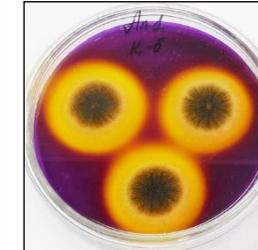
| Этапы микодиагностики | | | |
|---|---|--|---|
| а | б | в | г |
|  |  |  |  |
| Выявление очага биоповреждения | Тест на изолята ксеротолерантность | Оценка продукции органических кислот | Оценка воздействия на свойства ЛКП |

Рис. 2. Микодиагностика очагов плесневого поражения лакокрасочных покрытий грибами р. *Aspergillus*

Характерной особенностью грибов, утилизирующих компоненты лакокрасочных покрытий, является способность развиваться в условиях дефицита влаги. Ксеротолерантные изоляты дают обильное спороношение на средах с низкой активностью воды, например, при добавлении в среду 17% NaCl (рис. 2б).

Начальный этап разрушения полимерной основы ЛКП обусловлен, в первую очередь, воздействием органических кислот, которые способны выделять в значительных количествах отдельные представители рода *Aspergillus*. Оценить ацидофицирующую способность агентов

биоповреждения можно путем высева изолятов на питательные среды, содержащие индикатор бромкрезолпурпур, который при подкислении среды меняет цвет с фиолетового на желтый (рис 2в).

При выборе средств для подавления жизнеспособности плесневых грибов и повышения грибостойкости полимерных материалов следует учитывать, что устойчивость к действию микроскопических грибов лакокрасочного материала и систем лакокрасочных покрытий может существенно различаться. Это положение действительно и при выборе эффективных концентраций биоцидных добавок [4]. При испытаниях образцов ЛКП на фунгитоксичность в качестве тест-культур целесообразно использовать грибные культуры – агенты биоповреждения и создать благоприятные для их роста условия, включая имитацию загрязнений с легкодоступными источниками питания [5]. Создать условия, при которых развитие грибов тормозит только токсическое действие материала можно путем нанесения на образцы с помощью сетчатого шаблона из москитной сетки микроблоков агаризованной питательной среды (рис. 2г).

Данный метод, впервые опубликованный под условным названием «агаровая сетка», [6] можно использовать и для тестирования биостойкости различных лакокрасочных композиций. В Беларуси для этих целей используется преимущественно ГОСТ 9.050-75 «ЕЗКС. Покрытия лакокрасочные. Методы лабораторных испытаний на устойчивость к воздействию плесневых грибов», согласно которого испытываемые образцы опрыскивают водной суспензией смеси грибных спор 10 видов, и после длительной инкубации (от 28 до 84 суток) оценивают изменение внешнего вида и физико-химических свойств. Однако исследования показали, что в ряде случаев степень биодegradации отдельными грибами выше, чем степень биодegradации, определенная с помощью смеси тест-культур грибов [4].

Была проверена эффективность использования агента плесневого поражения ЛКП *A. niger* ЗК, показавшего по результатам микодиагностики ксеротолерантность и высокий уровень выделения во внешнюю среду органических кислот, при определении грибостойкости пленок на основе

акрилового и стирол-акрилового полимеров, наиболее часто применяемых в качестве пленкообразователей в современных ЛКМ. Спорами гриба инокулировали Чапек-Докс-агар перед нанесением на образцы агаровой сетки. Критериями оценки грибостойкости были выбраны прочность при растяжении и относительное удлинение свободной пленки, которые измеряли в соответствии с ГОСТ 14236-81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение».

Результаты исследования показали, что изменения в структуре пленок происходят уже в начальный период развития гриба. Прочность при разрыве обеих пленок через неделю резко возросла, а затем у акрилата осталась на прежнем уровне, а у стирол-акрилата значительно снизилась (рис. 3.)

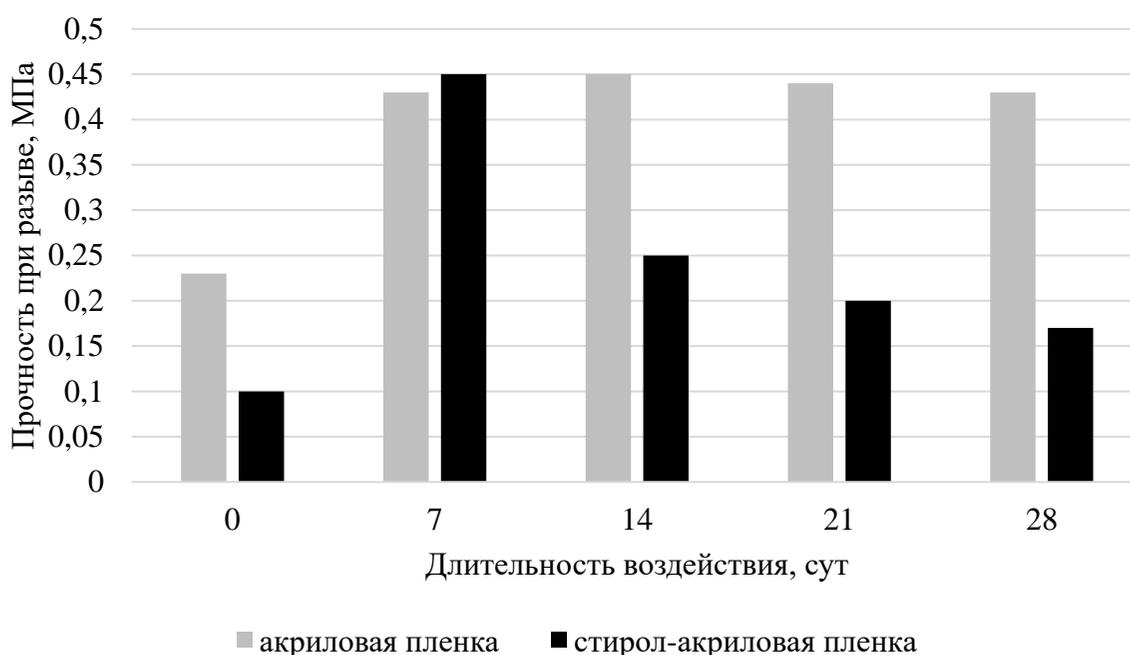


Рис. 3. Прочность при растяжении пленок на основе акрилового и стиролакрилового связующего в зависимости от длительности воздействия метаболитов *A. niger* ЗК

Аналогичные результаты были получены при измерении относительного удлинения: данный параметр в первую неделю резко падал, а затем сохранялся на данном уровне у акриловой пленки, несколько повышался у стиролакриловой (рис. 4.).

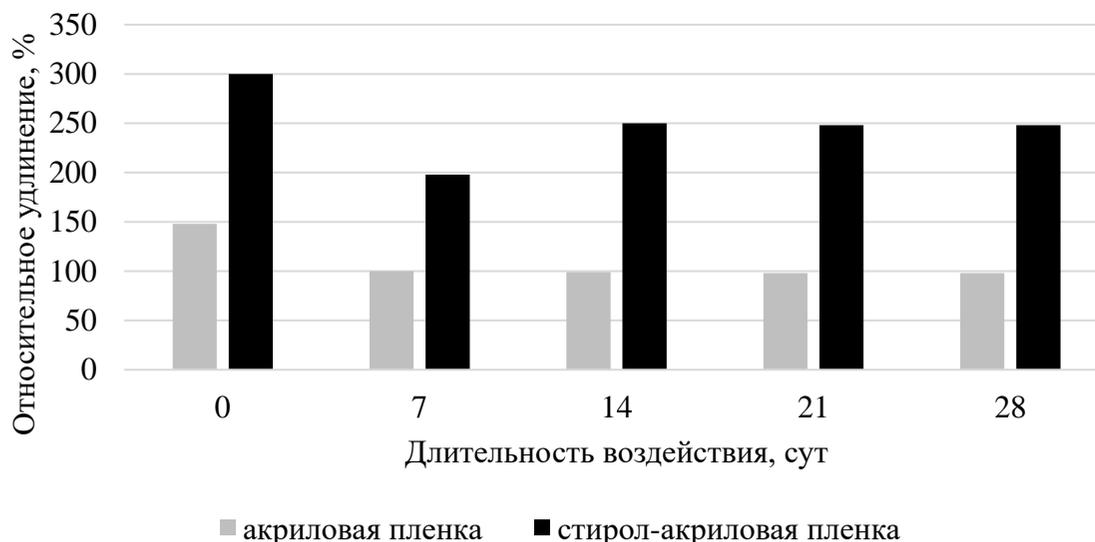


Рис. 4. Относительное удлинение пленок на основе акрилового и стиролакрилового связующего в зависимости от длительности воздействия метаболитов *A. niger* 3К

Изучение динамики содержания органических кислот в среде Чапека-Докса *A. niger* 3К в стационарной культуре [6] показало, что максимальный выход в окружающую среду молочной, лимонной и янтарной кислот наблюдается через 1 неделю культивирования, а затем постепенно снижается вследствие метаболических процессов. Параллельно с этим происходит постепенное накопление в среде щавелевой кислоты, характеризующейся высокой окислительной активностью (табл.1).

Таблица 1

Накопление органических кислот в среде Чапека-Докса *A. niger* 3К в стационарной культуре

| Длительность роста, сутки | Содержание органических кислот в среде, мг/мл | | | |
|---------------------------|---|----------|----------|----------|
| | щавелевая | молочная | лимонная | янтарная |
| 7 | 0,020 | 1,571 | 6,012 | 5,360 |
| 14 | 0,166 | 1,891 | 3,584 | 4,132 |
| 21 | 0,815 | 1,250 | 1,527 | 1,818 |
| 28 | 1,023 | 0,486 | 0,244 | 0,033 |

Таким образом, проведенные исследования показали корреляцию между содержанием органических кислот и метаболитов, выделенных *A. niger* 3К при развитии на полимерных пленках и изменениями физико-механических

свойств этих пленок. Тест-культуры микроскопических грибов, отобранные по результатам микодиагностики, целесообразно использовать для экспресс-тестирования грибостойкости лакокрасочных покрытий.

Список источников:

1. Cooley, J. D. Correlation between the prevalence of certain fungi and sick building syndrome / J. D. Cooley [et al] // *Occupational and Environmental Medicine*. – 1998. – Vol. 55, № 9. – P. 579-584.
2. Zmeili, O.S. Pulmonary aspergillosis: a clinical update / O.S. Zmeili, A.O. Soubani // *QJM*. – 2007. – V. 100. – P. 317–334.
3. Abdel-Rahim, I. R. Fungi-induced paint deterioration and air contamination in the Assiut University hospital, Egypt / I. R. Abdel-Rahim [et al.] // *Indoor and Built Environment*. – 2018. – v. 28, n 3. – p. 384–400.
4. Аникина Н.А. Аутэкологические характеристики микромицетов - деструкторов лакокрасочных материалов, используемых в радиоэлектронике. Автореф. канд. диссертации. Нижний Новгород, 2016. –24 с.
5. Гончарова, И.А. Оценка фунгитоксичности материалов при выборе средств защиты от плесневого поражения / И.А.Гончарова // *Микология сегодня*. Москва: Национальная академия микологии – 2011. – Т.2. – С.225-231.
6. Гончарова, И.А. Рост микромицетов на агаровой сетке, нанесенной на полимерные материалы / И.А.Гончарова, А.А. Малама // *Весці АН БССР*. – 1986 .– № 6.– С.112-113.
7. Захарова, А.М. Определение органических кислот, углеводов и подсластителей в пищевых продуктах и биологически активных добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / А.М. Захарова, Л.А. Карцова, И.Л. Гринштейн // *Аналитика и контроль*. –2013.–Т.17,№ 2.–С.201-210.