

УДК 674.046.7

АНАЛИЗ БИОСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

О. В. ОСТРОУХ, А. В. ИГНАТЕНКО*, В. С. БОЛТОВСКИЙ

УО «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова, 13а, 220050 г. Минск, Беларусь.

Проведен микробиологический анализ древесины и лакокрасочных покрытий, изучены способы их защиты от биоповреждений микроорганизмами. Изучена степень защиты древесины биоцидными веществами при различных способах их введения.

Введение

Проблема исследования биодegradации материалов и конструкций является комплексной и многоотраслевой. Многообразие методов исследования связано с широким кругом биологических организмов, являющихся агентами биоразрушений самих объектов биоповреждений. При этом установлено, что более 40% общего объема биоповреждений связано с деятельностью микроорганизмов. Ученные потери от биоповреждений только по 14 наиболее развитым странам Европы и Северной Америки достигают не менее 2% от стоимости произведенной совокупной продукции, что составляет десятки миллиардов долларов ежегодно.

Наряду со снижением срока службы зданий и сооружений, биоразрушения вызывают снижение уровня здоровья людей. Исследования показывают, что во многих зданиях и сооружениях зараженность помещений микроорганизмами превышает предельно допустимую норму в несколько десятков и даже сотен раз [1].

Древесина, являясь органическим материалом, служит источником углеродного питания для многих живых организмов. Основными агентами ее биоповреждений являются развивающиеся на ней дереворазрушающие грибы. Грибы поселяются преимущественно на сырых бревнах, пиломатериалах, различных загрязнениях древесины, развиваются также на поверхности деревянных конструкций в условиях высокой влажности и слабого движения воздуха.

Биодegradация древесины происходит в основном за счет использования грибами в качестве источников питания целлюлозы, лигнина и других компонентов. Как правило, она сочетается со старением древесины под действием природных фак-

торов, механических или эксплуатационных нагрузок.

Этот процесс становится возможным только в определенных условиях, благоприятных для развития грибов. Так, содержание свободной воды в древесине должно быть не менее 18–20%, а минимальный объем воздуха в зависимости от видов грибов – от 5 до 20%. Характер биоповреждений зависит от того, какими ферментами грибы воздействуют на древесину, какие компоненты и в какой последовательности разрушают [1, 2].

Поскольку биологическая коррозия наблюдается в условиях повышенной влажности, одним из способов защиты древесины является удаление свободной влаги высушиванием.

Эффективным средством профилактики может быть надежная гидроизоляция строительных материалов с помощью специальных пропиток, защитных штукатурок, облицовки плитам и оклеочными покрытиями.

Большое значение в повышении долговечности и увеличении сроков эксплуатации материалов имеет защита их лакокрасочными покрытиями. При этом функция лакокрасочных покрытий сводится к защите не только от атмосферных воздействий и прочих агрессивных факторов, но и от микробиологической коррозии, в частности, от поражения грибами. Более эффективны защитные лакокрасочные материалы, содержащие специальные фунгицидные добавки, подавляющие рост и жизнедеятельность микроорганизмов-деструкторов [3–5].

Биоциды воздействуют на биохимические процессы, жизненно важные для организмов-вредителей: на работу генетического аппарата, на белковый, липидный или углеводный обмен, на энергетический цикл или же на систему передачи информации в клетках.

* Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: ostrouxx@mail.ru.

Перспективным методом комплексной защиты от увлажнения, биологических повреждений и возгораний, а также от воздействия агрессивных сред является модифицирование древесины полимерами. Благодаря новым технологиям модифицированная древесина в настоящее время может во многих областях успешно конкурировать с металлами, полимерами и даже керамикой.

Цель работы – оценка биостойкости древесины, защитных лакокрасочных покрытий и выбор эффективных способов защиты древесины от биоповреждений микроорганизмами.

Объекты и методы испытаний

В качестве объектов для анализа использовали образцы древесины разных пород, поскольку различные породы древесины имеют неодинаковую биостойкость. Среди них выделяют следующие группы: биостойкие – сосна, ясень, ядро лиственницы и дуба; среднестойкие – ель, кедр, пихта, заболонь лиственницы, ядро березы; малостойкие – вяз, клен, заболонь березы и дуба; нестойкие – осина, липа, ольха.

Для защиты древесины от биоповреждений применяли два способа: термохимическую модификацию и окрашивание водно-эмульсионной краской без добавления и с добавлением биоцидов.

В качестве биоцидов использовали препараты «Диактин», «Триасан», «Септанес» (ИП «Ин-краслав»), «Парметол А-26» (ОАО «Лидская лакокраска»), а также фурфурол, полученный на кафедре химической переработки древесины БГТУ.

Модифицирование древесины в лабораторных условиях осуществляли пропиткой образцов фурфуролом в герметизированном автоклаве с последующим термокаталитическим отверждением в оптимальных условиях. Оптимальные условия введения и отверждения фурфуrolа были предварительно определены с использованием статистических методов планирования эксперимента.

До и после модифицирования определяли плотность и биостойкость древесины. После модифицирования кроме визуального осмотра, определяли содержание полимера и равномерность его распределения по длине образца, предел прочности образцов при изгибе.

Для исследования термостойкости образцов древесины, модифицированной полимером на основе фурфуrolа, применяли термогравиметрический анализ. Измерения проводили на термоанализаторе TA-4000 METTLER TOLEDO (Швейцария) при следующих условиях: навеска образца 10 мг; скорость подъема температуры 5 °С/мин в интервале температур 25–550 °С; продув воздухом – 200 мл/мин.

Лакокрасочные композиции получали путем введения в их состав расчетного количества биоцида с последующим перемешиванием смеси на бисерной мельнице.

На анализируемые образцы краску наносили

кистью. В качестве контрольного образца использовали древесину, не защищенную лакокрасочным покрытием.

Биостойкость древесины и защитных покрытий анализировали методом «агаровых блоков», а также с использованием почвенного метода по ГОСТ 9.048–89.

В методе «агаровых блоков» (МAB) на поверхность испытуемых образцов, помещенных в чашки Петри, наносили по центру блоки питательной среды диаметром 6 мм со сплошным газонем чистой тест-культуры *Aspergillus niger*. Чашки Петри инкубировали в термостате при температуре 30 °С в течение 28 суток.

Для анализа образцов почвенным методом (ПМ) подготовленные материалы вносили в лоток, заполненный почвой и помещенный в закрытый эксикатор. Образцы выдерживали в течение 28 суток при температуре 29±2 °С и относительной влажности 90%.

Оценку степени грибостойкости древесины по ГОСТ 9.048–89 проводили визуально и микроскопически, учитывая в баллах интенсивность развития мицелия грибов, наличие проросших спор.

Результаты эксперимента и их обсуждение

В процессе модифицирования древесина превращается в композиционный древесно-полимерный материал, имеющий улучшенные по сравнению с натуральной древесиной характеристики, что позволяет эксплуатировать его в сложных климатических или агрессивных производственных условиях.

Основные характеристики натуральной (НД) и модифицированной древесины (МД) представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики древесины

Порода древесины	Плотность ρ, г/см ³		Биостойкость, баллы	
	НД	МД	НД	МД
Ель	0,588	0,778	4	2
Клен	0,552	0,683	5	0

Результаты определения плотности и содержания полимера по длине образцов свидетельствуют о полной и равномерной пропитке их фурфуролом и, соответственно, равномерном распределении полимера по длине образца. Результаты определения предела прочности при изгибе показали, что прочность древесины, модифицированной полимером на основе фурфуrolа (106,8 МПа) практически не отличается от аналогичного показателя натуральной древесины (106,2 МПа).

Оценка грибостойкости натуральной и модифицированной древесины показала, что древесина, модифицированная полимером на основе фурфуrolа, приобретает значительную биостойкость в сравнении с натуральной древесиной. Наилучшие результаты получены для образцов клена, ко-

торые не повреждались грибами в течение 28 суток наблюдений.

На рис. 1, 2 приведены термограммы образцов клена до и после защитной модификации.

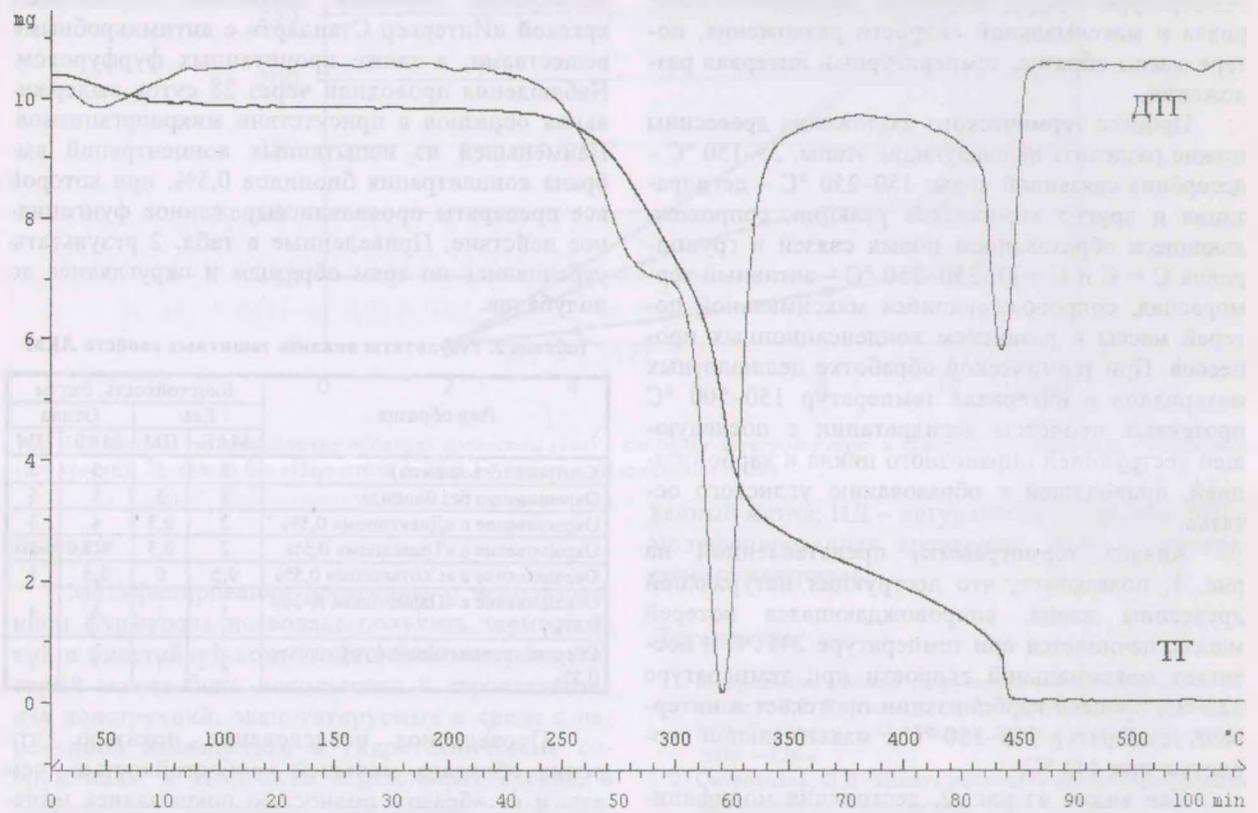


Рис. 1. Термогравиметрические кривые потери массы (ТГ) и изменения скорости потери массы (ДТГ) натуральной древесины клена

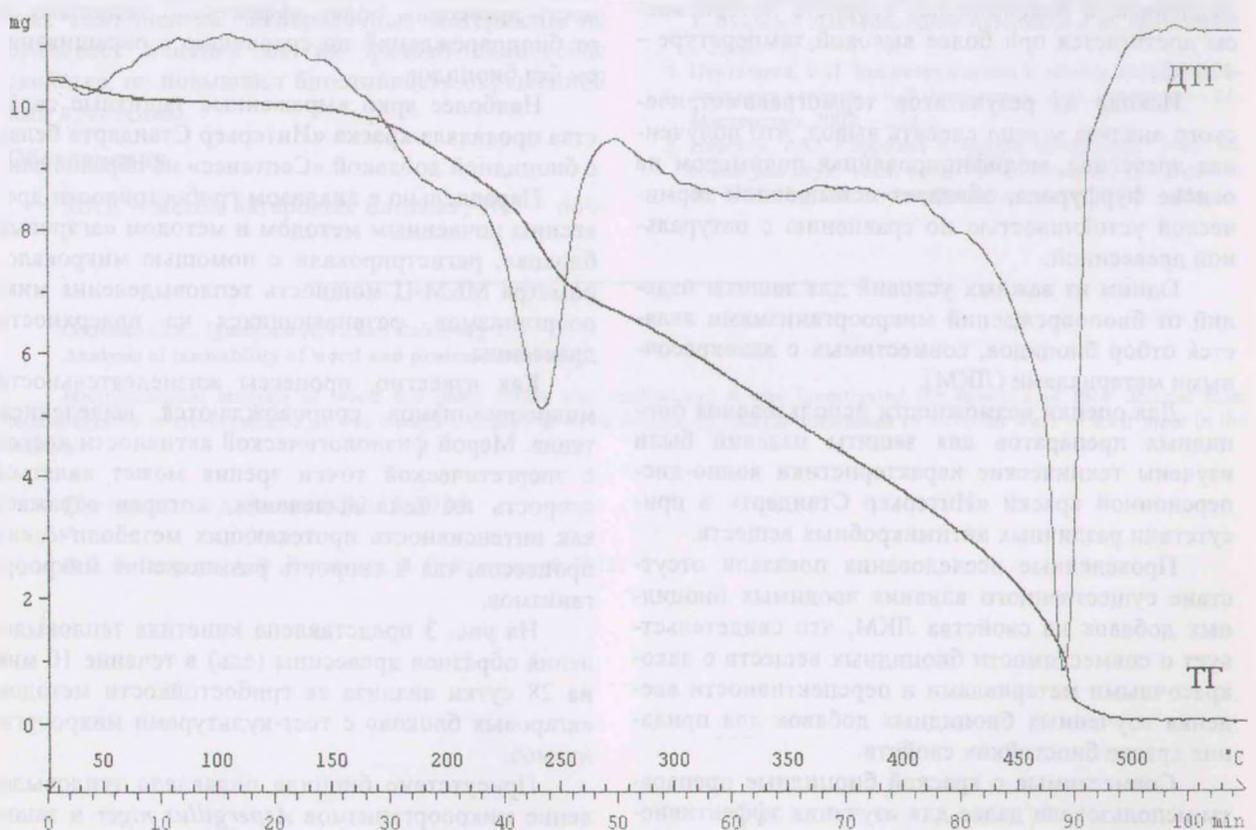


Рис. 2. Термогравиметрические кривые потери массы (ТГ) и изменения скорости потери массы (ДТГ) древесины клена, модифицированной полимером на основе фурфурола

Для сравнения термостойкости целлюлозных материалов использовали следующие параметры: температуры начала, окончания деструкции материала и максимальной скорости разложения, потеря массы образца, температурный интервал разложения.

Процесс термического разложения древесины можно разделить на следующие этапы: 25–150 °С – десорбция связанной воды; 150–250 °С – дегидратация и другие химические реакции, сопровождающиеся образованием новых связей и группировок $C = C$ и $C = O$; 250–350 °С – активный термораспад, сопровождающийся максимальной потерей массы и развитием конденсационных процессов. При термической обработке целлюлозных материалов в интервале температур 150–500 °С протекают процессы дегидратации с последующей деструкцией пиранозного цикла и карбонизацией, приводящей к образованию углистого остатка.

Анализ термограммы, представленной на рис. 1, показывает, что деструкция натуральной древесины клена, сопровождающаяся потерей массы, начинается при температуре 245 °С и достигает максимальной скорости при температуре 321 °С, процесс карбонизации протекает в интервале температур 365–550 °С с максимальной скоростью при 443 °С.

Как видно из рис. 2, деструкция модифицированной древесины клена хотя и начинается раньше, при температуре 175 °С, но протекает медленнее, и максимальная скорость потери массы достигается при более высокой температуре – 470 °С.

Исходя из результатов термогравиметрического анализа можно сделать вывод, что полученная древесина, модифицированная полимером на основе фурфурола, обладает повышенной термической устойчивостью по сравнению с натуральной древесиной.

Одним из важных условий для защиты изделий от биоповреждений микроорганизмами является отбор биоцидов, совместимых с лакокрасочными материалами (ЛКМ).

Для оценки возможности использования биоцидных препаратов для защиты изделий были изучены технические характеристики водно-дисперсионной краски «Интерьер Стандарт» в присутствии различных антимикробных веществ.

Проведенные исследования показали отсутствие существенного влияния вводимых биоцидных добавок на свойства ЛКМ, что свидетельствует о совместимости биоцидных веществ с лакокрасочными материалами и перспективности введения изученных биоцидных добавок для придания краске биостойких свойств.

Совместимые с краской биоцидные препараты использовали далее для изучения эффективности их защитного действия в составе биоцидных

покрытий.

В табл. 2 приведена оценка грибостойкости испытуемых образцов древесины, окрашенных краской «Интерьер Стандарт» с антимикробными веществами, а также пропитанных фурфуролом. Наблюдения проводили через 28 суток выдерживания образцов в присутствии микроорганизмов. Наименьшей из испытанных концентраций выбрана концентрация биоцидов 0,5%, при которой все препараты проявляли выраженное фунгицидное действие. Приведенные в табл. 2 результаты усреднялись по трем образцам и округлялись до полубалла.

Таблица 2. Результаты анализа защитных свойств ЛКМ

Вид образца	Биостойкость, баллы			
	Ель		Осина	
	МАБ	ПМ	МАБ	ПМ
Контроль (без защиты)	5	5	5	5
Окрашивание без биоцида	3	3	5	5
Окрашивание с «Диактином» 0,5%	2	0,5	4	3
Окрашивание с «Триасаном» 0,5%	2	0,5	4,5	2
Окрашивание с «Септанесом» 0,5%	0,5	0	3,5	1
Окрашивание с «Парметолом А-26» 0,5%	1	1	4	4
Образец, пропитанный фурфуролом 0,5%	2	1	3	1

Проведенное исследование показало, что осина обладала меньшей грибостойкостью, чем ель, и ее образцы полностью покрывались мицелием за 28 суток. Из табл. 2 видно, что нанесение краски с антимикробными веществами на поверхность древесины более эффективно защищало ее от биоповреждений по сравнению с окрашиванием без биоцидов.

Наиболее ярко выраженные защитные свойства проявляла краска «Интерьер Стандарт» белая с биоцидной добавкой «Септанес» на образце ели.

Параллельно с анализом грибостойкости древесины почвенным методом и методом «агаровых блоков», регистрировали с помощью микрокалориметра МКМ-Ц мощность тепловыделения микроорганизмов, развивающихся на поверхности древесины.

Как известно, процессы жизнедеятельности микроорганизмов сопровождаются выделением тепла. Мерой физиологической активности клеток с энергетической точки зрения может являться скорость их тепловыделения, которая отражает как интенсивность протекающих метаболических процессов, так и скорость размножения микроорганизмов.

На рис. 3 представлена кинетика тепловыделения образцов древесины (ель) в течение 10 мин на 28 сутки анализа ее грибостойкости методом «агаровых блоков» с тест-культурами микроорганизмов.

Присутствие биоцида подавляло тепловыделение микроорганизмов *Aspergillus niger* и защищало древесину от биоповреждений.

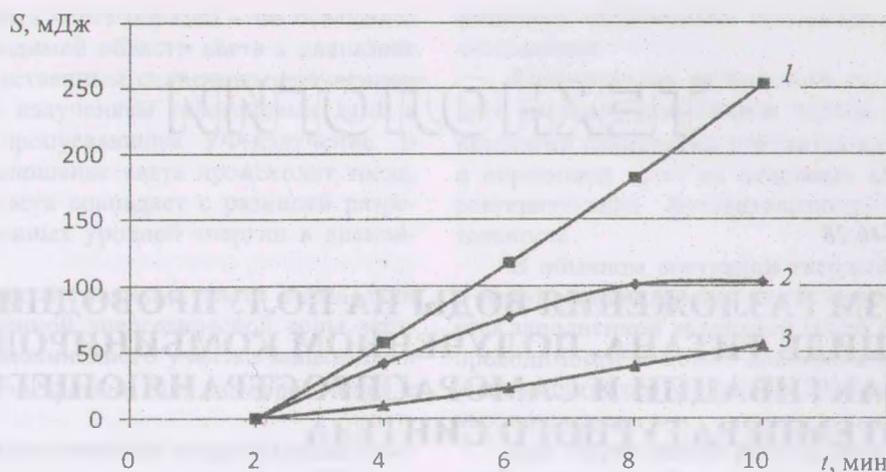


Рис. 3. Кинетика тепловыделения образцов древесины (ель) с клетками *Aspergillus niger* в присутствии биоцидов: 1 – контроль (без краски); 2 – краска без «Парметола А-26»; 3 – краска с «Парметолом А-26»

Выводы

Модифицирование древесины с использованием фурфурола позволяет получить термостойкий и биостойкий композиционный материал, который может быть использован в строительстве для конструкций, эксплуатируемых в среде с переменной влажностью, в гидротехнических сооружениях, в химически агрессивных средах, в сооружениях и изделиях, работающих в контакте с грунтом.

Использование изученных биоцидов в качестве компонентов лакокрасочных материалов не оказывает влияния на их физико-технические свойства, но повышают биостойкость окрашенной ими древесины.

Обозначения

МАБ – метод «агаровых блоков»; ПМ – поч-

венный метод; НД – натуральная древесина; МД – модифицированная древесина; ЛКМ – лакокрасочные материалы.

Литература

1. Микробиологическое разрушение материалов: учеб. пособие / В.Т. Ерофеев [и др.]; под ред. В.Т. Ерофеева и В.Ф. Смирнова. – М.: Изд-во Ассоциации строит. вузов, 2008. – 128 с.
2. Скороходов, В.Д. Защита неметаллических строительных материалов от биокоррозии: учеб. пособие / В.Д. Скороходов, С.И. Шестакова. – М.: Высш. шк., 2004. – 204 с.
3. Вундер, Т. Пленочные биоциды для фасадных покрытий: новые решения на базе известных активных веществ / Т. Вундер // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2008. – № 4. – С. 16.
4. Пехташева, Е.Л. Биоповреждения и защита непродовольственных товаров / Е.Л. Пехташева, А.Н. Неверова. – М.: Мастерство, 2002. – 224 с.
5. Неверов, А.С. Коррозия и защита материалов: учеб. пособие для студ. техн. спец. / А.С. Неверов, Д.А. Родченко, М.И. Цырлин. – Мн.: Вышэйш. школа, 2007. – 224 с.

Ostroukh O.V., Ignatenko A.V., and Boltovsky V.S.
Analysis of biostability of wood and protective covers.

Microbiological analysis of wood and paint covers was studied and it was investigated the manners of their defense from biodamages by micro-organisms. It was studied a degree of wood defense by biocide substances in different ways of their input in the material.

Поступила в редакцию 22.11.2011.

© О. В. Остроух, А. В. Игнатенко, В. С. Болтовский, 2012.