

УДК 57

*К. Н. Синцов, А. А. Алалыкин,
Р. Л. Веснин, Е. А. Мартинсон*

ОЦЕНКА БИОЦИДНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕТРАФТАЛАТА

Древесина в значительной степени подвержена биологическому разрушению, в частности, под действием различных грибов. Эффективным способом защиты древесины является её химическая обработка. В статье описываются результаты определения фунгицидной активности защитных составов торговой марки «NORWOOD» при ранней и поздней обработке древесины. Исследования проводили с использованием дереворазрушающих штаммов микромицетов (*Aspergillus niger*; *Penicillium citrinum*; *Paecilomyces Variottii*) и штамма зигомицета *Rhizopus nigricans*, который наиболее часто встречается в окружающей среде нашего климатического региона и вызывает многочисленные дефекты строительных материалов. Противогрибковую активность защитных составов исследовали на образцах обработанной сосновой древесины, а также дискодиффузионным методом. Полученные данные приводятся в сравнении с известными средствами аналогичного назначения. Показано, что биоцидное действие исследованных составов «NORWOOD», в полной мере проявляется на тест-штаммах микромицетов.

Ключевые слова: древесина, защитная обработка, фунгициды, микромицеты, дискодиффузионный метод, биодеструкция, полиэтилентерефталат, борная кислота.

Древесина до настоящего времени остаётся одним из самых распространённых и наиболее перспективных строительных и конструкционных материалов многофункционального назначения. Однако, при хранении и эксплуатации древесных материалов и изделий, в них со временем неизбежно протекают процессы старения и разрушения, в которые значительный вклад вносит явление биокоррозии. Будучи органической по своей природе, древесина служит питательной средой для разного рода микроорганизмов, грибов и насекомых.

Отрицательное влияние на древесину оказывают в основном деревоокрашивающие, плесневые и дереворазрушающие грибы. Две первые группы грибов образуют на древесине пятна и налёты различных цветов, нарушая её декоративный вид, и выступают в роли своеобразного индикатора заражения дереворазрушающими грибами. Дереворазрушающие грибы вырабатывают ферменты, которые растворяют стенки клеток древесины, превращая их в питательные для себя вещества. В результате снижаются механические показатели древесины, изменяются её физические и химические свойства. Повреждённая грибами древесина может поражаться в дальнейшем насекомыми. Для деревянных конструкций в строительстве наиболее опасной принято считать биодеструкцию, вызванную грибами. Это приводит к потере несущей способности конструкций, обрушению или деформации. Кроме того, многие виды грибов патогенны или условно патогенны по отношению к человеку и животным и могут вызвать разного рода заболевания.

Наиболее эффективным методом долгосрочной защиты древесины от биологических разрушающих факторов является её химическая обработка веществами, обладающими биоцидной активностью и способностью длительное время удерживаться древесными волокнами при воздействии атмосферной и почвенной влаги.

Борная кислота и её соли находят широкое применение в составах для защиты древесины, однако легко вымываются с её поверхности и из внутренних слоёв по причине недостаточно прочного химического связывания [1, 2]. Задача эффективной фиксации борной кислоты на древесной матрице была достигнута путём применения водорастворимых составов «NORWOOD», включающих добавки олигомерного строения, полученные в результате неполной химической деструкции полиэтилентерефталата (ПЭТФ) [3]. Химическую деструкцию осуществляли путём обработки ПЭТФ в виде измельчённых отходов пищевой тары смесью моноэтаноламина и триэтаноламина при повышенной температуре. При дальнейшем

взаимодействии образующихся олигомерных продуктов с борной кислотой получали комплексные соединения за счёт образования донорно-акцепторных связей с участием неподелённых электронных пар атомов азота концевых групп олигомеров и вакантных орбиталей атомов бора.

Целью данной работы является установление биоцидной активности защитных составов «NORWOOD», «NORWOOD SUPER», «NORWOOD ECO», а также двух известных аналогичных составов (№ 1 и № 2) по отношению к микроскопическим плесневым грибам.

Исследования проводили в соответствии с руководством [4].

В работе использовали дереворазрушающие штаммы микромицетов (*Aspergillus niger*; *Penicillium citrinum*; *Paecilomyces Variottii*) и штамм зигомикета *Rhizopus nigricans*, который наиболее часто встречается в окружающей среде нашего климатического региона и вызывает многочисленные дефекты строительных материалов. Противогрибковую активность защитных составов исследовали на образцах обработанной сосновой древесины в виде брусков 60 × 22 × 13 мм.

Первоначально был произведён высеv музейных культур микромицетов на чашки Петри с картофельно-глюкозным агаром для получения сплошного газона грибов в стадии конидиального спороношения. По истечении 7 суток произведён смыв конидий и подсчёт их концентрации при помощи камеры Горяева. Общее число конидий и других микромицетов в посевных суспензиях для обработки исследуемых образцов древесины составило $1,415 \times 10^7$.

Образцы древесины, обработанные исследуемыми составами и один контрольный (не обработанный), были подвергнуты инокуляции (заражению) путём орошения соответствующими посевными суспензиями, после чего помещены в герметичные изолированные ёмкости с влажной атмосферой и выдержаны при комнатной температуре в течение 3 недель. Контроль роста осуществляли периодически через 5-7 суток.

Через 7 суток на поверхности обработанных образцов не наблюдалось видимого в бинокулярный длиннофокусный микроскоп МБС-1 роста ни одного тест-штамма. При этом на контрольном образце наблюдался активный рост мицелия гриба с образованием спороносных структур (рис. 1).

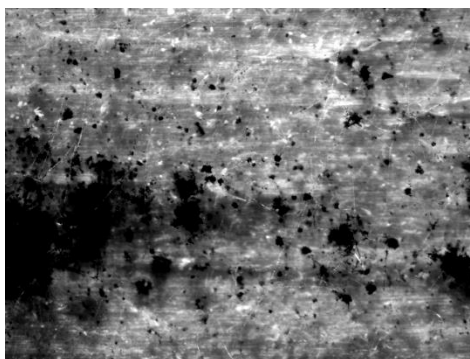


Рис. 1. Микрофотография мицелия гриба *Rhyzopus nigricans* со спороносными структурами на поверхности контрольного образца древесины (увеличение 30 раз).

Через 14 суток не наблюдалось изменений в росте микромицетов на всех образцах, кроме образца древесины, обработанного составом «NORWOOD ЕСО» и зараженного *Penicillium citrinum*. Локально, примерно на 1/10 площади верхней поверхности, обнаружена густая сеть мицелия с начальными элементами спороношения (рис. 2).

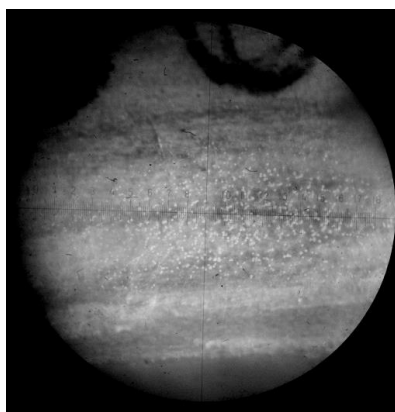


Рис. 2. Микрофотография поверхности древесины с ростом *Penicillium citrinum*. МБС-1 увеличение $2 \times$ (в 20 раз)

По истечении 21 суток наблюдения, просмотр и фотографирование поверхностей образцов производили на длиннофокусном стереоскопическом

микроскопе Nikon SMZ1500 (рис 3). На верхней поверхности образца NORWOOD ECO, примерно 1/2 площади покрыта густой сетью мицелия с начальными явлениями образования спороносных структур микромицета *Penicillium citrinum*. Боковые и нижняя поверхность образца не поражены плесенью.

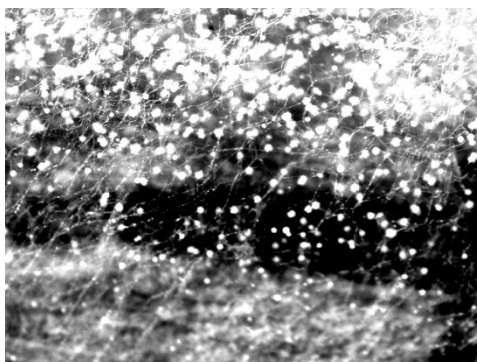


Рис. 3. Микрофотография поверхности древесины с ростом *Penicillium citrinum* на 21 сутки.
(Увеличение 30 раз)

На образцах «NORWOOD ECO» и № 2 обнаружен рост нескольких колоний бактерий на поверхности древесины.

Таким образом, на образцах древесины, обработанных различными фунгицидными составами, во влажных, изолированных от внешней среды камерах, через 21 сутки, роста плесневых грибов *Aspergillus niger*; *Penicillium citrinum*; *Raecilomyces Variottii*; *Rhizopus nigricans* не было выявлено. Появление локального роста *Penicillium citrinum* на образце «NORWOOD ECO» связано, скорее всего, с недостаточной пропиткой составом из-за механического препятствия (место фиксации образца пинцетом). Развитие же колоний бактерий на поверхности древесины, обусловлено отсутствием антибактериального действия грибов и устойчивостью этих бактерий к данным фунгицидным составам. Результаты исследования фунгицидной активности составов на образцах обработанной древесины приведены в таблице 1.

Таблица 1

Фунгицидное действие исследуемых составов

Состав	«Свежий»	«Подороженный» микромицет
--------	----------	---------------------------

Биологические науки

	микробицет (мм)				(мм)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Norwood Super	13	16	+19	17	9	11+17	10	0
Norwood	12	+10	+11	12	+8	9	10	0
Norwood ECO	14	+10	+13	13	+8	9+12	9	0
№ 1	63	34	20	17+27	13	10+15	12+20	0
№ 2	58	50	30	31+35	22	8+27	15+21	0
Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0

Пояснения к таблице.

1 – *Aspergillus niger*; 2 – *Penicillium citrinum*; 3 – *Paecilomyces Variottii*; 4 – *Rhizopus nigricans*.

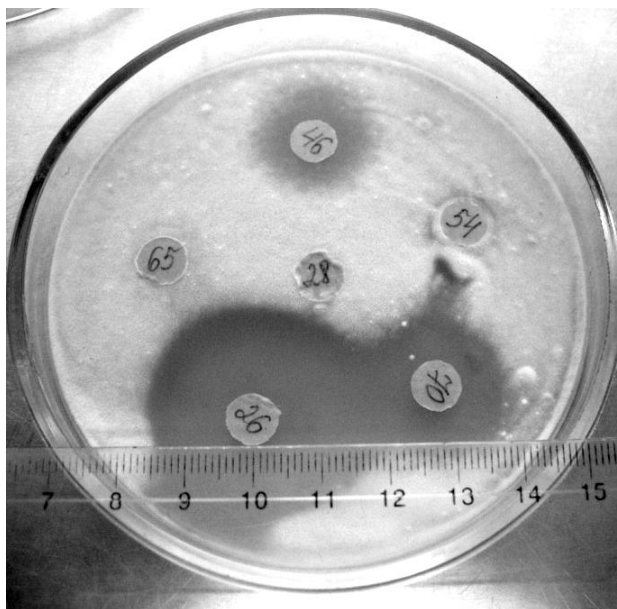
(9+12) – 9 мм зона полной ингибиции гриба; +12 мм зона задержки роста, в виде замедления конидиеобразования.

(0) – отсутствие задержки роста.

Фунгицидное действие исследуемых составов оценивали также диско-диффузионным методом в соответствии с [5]. После получения смывов конидий микробицетов с известной концентрацией был произведён засев чашек Петри с картофельно-глюкозным агаром тест-штаммами микробицетов и дальнейшее подращивание в термостате при температуре 28°C в течение 24 часов.

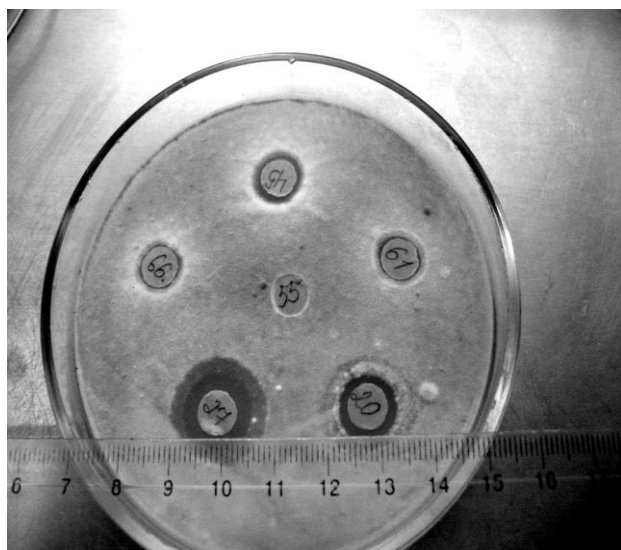
Через сутки на чашки Петри с «подросшими» культурами были разложены стерильные диски фильтровальной бумаги диаметром 8 мм, смоченные в исследуемых фунгицидных составах. Наряду с подрощенными грибами исследовали воздействие фунгицидных составов на только что посеянные (свежие) грибы. Для этого, за 30 минут перед раскладыванием дисков, пропитанных фунгицидными составами, поверхность картофельно-глюкозного агара инокулировали взвесью конидий тест-штаммов микробицетов с известной концентрацией, примерно равной для всех исследуемых грибов.

В ходе исследования различных фунгицидных составов в условиях *in vitro* диско-диффузионным методом, получили положительный результат разной степени выраженности у всех составов при условии «свежего» заражения грибами (рис. 4).



- 28 – Контроль
- 54 – Norwood
- 46 – Norwood Super
- 65 – Norwood Eco
- 70 – Состав № 1
- 26 – Состав № 2

Рис. 4. Фотография фунгицидного действия составов на развитие конидий при свежем «заражении» *Paecilomyces Variottii*



- 55 – Контроль
- 61 – Norwood
- 45 – Norwood Super
- 66 – Norwood Eco
- 20 – Состав № 1
- 27 – Состав № 2

Рис. 5. Фотография фунгицидного действия составов на развитие «подрощенного» *Paecilomyces Variottii*

При «поздней» обработке (рис. 5) поверхности, зараженной микромицетами, фунгицидную активность проявили составы № 1, № 2 и NORWOOD SUPER. В случае «поздней» обработки при заражении *Rhizopus nigricans* исследованные составы не проявили фунгицидного действия в условиях *in vitro*.

Исходя из полученных в ходе экспериментов результатов можно сделать вывод о том, что биоцидное действие составов «NORWOOD», «NORWOOD SUPER» и «NORWOOD ECO» в полной мере проявляется на тест-штаммах микромицетов. При этом отличие биоцидной активности этих составов от известных аналогичных составов № 1 и № 2 незначительно.

Список литературы

1. Домбург Г. Э., Скрипченко Т. Н., Россинская Г. А. Взаимодействие древесины и ее компонентов с борной кислотой в процессе термообработки // Химия древесины (Рига). – 1982. – № 3. – С. 76–81.
2. Котенева И. В. Боразотные модификаторы поверхности для защиты древесины строительных конструкций : монография / ГОУ ВПО Моск. гос. строит. ун-т. – М. : МГСУ, 2011. – 191 с.
3. Кислицына О. В., Веснин Р. Л., Синцов К. Н., Алалыкин А. А. Оценка биоцидной активности нового средства «NORWOOD ECO» для защитной обработки древесины // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2015. – Вып. 212. – С. 229–237.
4. Р 4.2.2643–10. Руководство 3.5. Дезинфектология. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности.
5. МУК 4.2.1890–04. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам.

СИНЦОВ Константин Николаевич – лаборант-исследователь научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Института биологии и биотехнологии, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: konstantin69kir@yandex.ru

АЛАЛЫКИН Александр Алексеевич – кандидат химических наук, ведущий инженер научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Института биологии и биотехнологии, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: al-wood@list.ru

ВЕСНИН Роман Леонидович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой Химии и технологии переработки полимеров, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: vesninroman@mail.ru

МАРТИНСОН Екатерина Александровна – кандидат технических наук, заведующая кафедрой Биотехнологии, директор Института биологии и биотехнологии, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: biotech.vgu@gmail.com