

УДК 674.04.047.3

**Н. В. Мазаник, О. Г. Рудак**

Белорусский государственный технологический университет

**ПОВЫШЕНИЕ БИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ  
БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ**

В работе проанализированы известные на текущий момент технологии термостабилизации, отличающиеся между собой в первую очередь видом среды, которая используется для защиты материала от воспламенения и для передачи ему тепла.

Изучены изменения, происходящие в химическом составе древесины при высокотемпературной обработке в паровой среде, а также определена степень их влияния на стойкость древесины по отношению к агентам биологического поражения.

Предложены несколько вариантов проведения исследования. Сделан вывод о том, что одними из перспективных методов изучения полимерных многокомпонентных систем является метод ИК-спектроскопии и рамановской спектроскопии.

В статье приведены результаты рамановской спектроскопии для образцов термодревесины в сравнении с древесиной сосны, не прошедшей высокотемпературной обработки, но высушенной камерным способом до влажности 8% по режиму сушки 4-М. Исследования стойкости древесины к плесневым и деревоокрашивающим грибам проводились в соответствии с оригинальной методикой, разработанной в Научно-исследовательской лаборатории огнезащиты строительных конструкций и материалов Белорусского государственного технологического университета. Подводя итоги проведенного исследования, был сделан вывод о неоднозначном влиянии высокотемпературной обработки в среде насыщенного пара на свойства древесины как строительного и отделочного материала. Установлено, что термообработка обеспечивает высокую степень защиты древесины от поражения несовершенными (деревоокрашивающими и плесневыми) грибами.

**Ключевые слова:** термостабилизация, древесина, стойкость, спектроскопия, деревоокрашивающие и плесневые грибы.

**N. V. Mazanik, O. H. Rudak**

Belarusian State Technological University

**IMPROVING OF THE BIOLOGICAL RESISTANCE OF WOOD  
WITHOUT CHEMICAL PROTECTION**

In the article currently known technology of thermostabilization, differing primarily in a medium kind, which is used to protect the material from the ignition and for heat transfer are analyzed.

The changes occurring in the chemical composition of wood during high temperature treatment in a steam environment, as well as evaluation of its influence on the resistance of wood to the biological destruction are investigated.

Several ways to research the biological resistance of wood are proposed. It is concluded that the most promising technique of studying of polymeric multicomponent systems are IR spectroscopy and Raman spectroscopy.

The results of Raman spectroscopy for thermo samples compared to untreated pine wood dried to a moisture content 8% using regime 4-M are shown. Studies of resistance of wood to wood coloring and wood destroying fungi were carried out in accordance with the original methodology developed in the «Research laboratory of fire protection of building structures and materials» of the Belarusian State Technological University.

Summing up the results of the study, it was concluded that the impact of temperature treatment in saturated steam environment on the wood properties is ambiguous. It was found that heat treatment provides a high degree of protection against imperfect woodcoloring and mold fungi.

**Keywords:** thermostabilization, wood, biological resistance, IR spectroscopy, Raman spectroscopy, imperfect woodcoloring fungi, mold fungi.

**Введение.** Одним из наиболее перспективных направлений в модификации свойств древесины, завоевавшим популярность в последние десятилетия, стала термическая обработка при температурах в диапазоне 150–240°C. Дре-

весина, обработанная таким способом, получила название «термодревесины» и в настоящее время активно предлагается на рынках строительных и отделочных материалов в качестве альтернативы продукции, прошедшей химическую

обработку. Известные на текущий момент технологии термостабилизации отличаются между собой в первую очередь видом среды, которая используется для защиты материала от воспламенения и для передачи ему тепла. В качестве обрабатывающего агента могут выступать водяной пар, инертный газ или масло.

**Основная часть.** Ввиду того, что оборудование, используемое для термомодификации, является относительно дорогостоящим и требует высокой квалификации при эксплуатации, а отработанные технологии, такие как Thermo-wood, BoisPerdure, Plato, Retification, запатентованы, производство термообработанной древесины не получило широкого распространения на отечественных деревообрабатывающих предприятиях. Тем не менее, некоторые отечественные производители производят продукт-аналог по собственной, упрощенной технологии. Данные процессы основаны, как правило, на одностадийной автоклавной обработке древесины в среде насыщенного пара при температуре 180–200°C. Свойства получаемого при этом продукта остаются малоизученными.

Задачей описываемого исследования являлось изучение изменений, происходящих в химическом составе древесины при высокотемпературной обработке в паровой среде, а также определение степени их влияния на стойкость древесины по отношению к агентам биологического поражения.

Для получения данных об изменениях химического состава возможны несколько вариантов проведения исследования. Химические методы анализа древесины затруднены вследствие высокой лабильности ее компонентов (особенно лигнина и ГМЦ), а также нали-

чия различных химических связей между ними. Поэтому одними из перспективных методов изучения полимерных многокомпонентных систем является методы ИК-спектроскопии и рамановской спектроскопии, позволяющие, благодаря своей чувствительности и экспрессности, изучать растительные материалы, не прибегая к жестким химическим и физическим воздействиям.

В качестве исследуемого материала выступали образцы сосны, обработанные в среде насыщенного пара при температуре 180, 190 и 200°C. Продолжительность выдержки составляла 4 ч. На рис. 1 приведены результаты рамановской спектроскопии для образцов термодревесины в сравнении с древесиной сосны, не прошедшей высокотемпературной обработки, но высушенной камерным способом до влажности 8% по режиму сушки 4-М (максимальная температура сушильного агента в камере не превышала 75°C).

Анализ полученных спектров показал, что изменения в химическом составе древесины после проведения паромодификации выражены тем значительнее, чем более высокой была температура обработки. Наиболее выраженными являются изменения в откликах на частотах, соответствующих гемицеллюлозам и лигнину. Частичная деградация лигнина в процессе высокотемпературной обработки обуславливает снижение прочности и одновременное повышение формоустойчивости термодревесины по сравнению с древесиной необработанной. Данное ухудшение физико-механических свойств приводит к ограничению использования термообработанной древесины в качестве строительного материала.

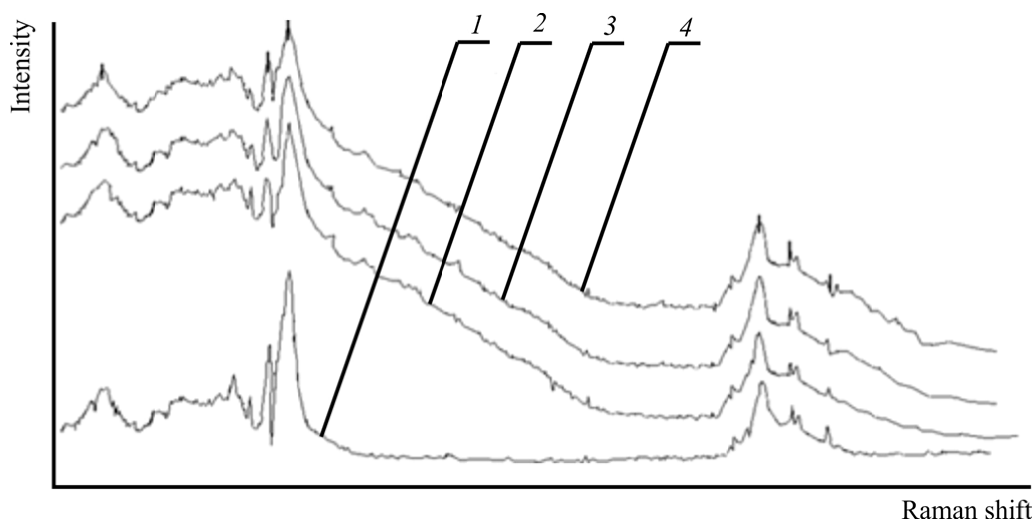


Рис. 1. Результаты спектроскопии:

1 – древесина без высокотемпературной обработки; 2 – термодревесина, обработанная при температуре 180°C; 3 – термодревесина, обработанная при температуре 190°C; 4 – термодревесина, обработанная при температуре 200°C

Как известно древесина как природный материал подвержена воздействию различных биологических организмов. В частности, она является питательной средой для плесневых, деревоокрашивающих и дереворазрушающих грибов. Однако подтвержденный факт изменения химического состава древесины при паро-стабилизации позволяет сделать предположение об улучшении биостойкости термодревесины в сравнении с древесиной необработанной.

Исследования стойкости древесины к плесневым и деревоокрашивающим грибам проводились в соответствии с оригинальной методикой, разработанной в Научно-исследовательской лаборатории огнезащиты строительных конструкций и материалов Белорусского государственного технологического университета. В качестве тест-культур были использованы следующие виды грибов: *Alternaria humicola*, *Alternaria tenuis*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus ustus*, *Bispora monilioides*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium javanicum*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium scirpi*, *Hormiscium antiquum*, *Oidiodendron griseum*, *Penicillium biforme*, *Penicillium commune*, *Penicillium cyclopium*, *Penicillium divergens*, *Penicillium purpurogenum*, *Penicillium solitum*, *Phialophora fastigiata*, *Rhinochloidiella atrovirens*, *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*, *Verticillium glaucum*.

Сущность метода определения биостойкости состоит в измерении ширины зоны обрастания агарового блока мицелием гриба на образцах древесины. Метод основан на ингибировании роста тест-культур грибов в результате обработки образцов тем или иным способом, повышающим биостойкость, в результате чего ширина зоны обрастания агарового блока мицелием гриба на образце древесины обратно пропорциональна эффективности защитной обработки.

Процедура проведения испытания выглядит следующим образом. Расплавленную питательную среду (сусло-агар) разливают в бактериологические пробирки на 1/3 часть их объема с соблюдением правил асептики и дают застыть с образованием скошенной поверхности. В асептических условиях агаризованную поверхность с помощью бактериологической петли засевают штрихом чистой тестовой культурой гриба. Посевы инкубируют 5 суток при температуре  $26 \pm 0,7^\circ\text{C}$ . В пробирку с накопленной биомассой гриба стерильной пипеткой вносят 1 мл сусло-бульона и тщательно диспергируют. Пробирку закрывают стерильной пробкой, после чего ее встряхивают до образования однородной суспензии. Допускается использование суспензии в данном виде, однако лучший эффект дает суспензия, которую подрачивают

с аэрацией в течение 2 суток, после чего нити мицелия гриба разбивают интенсивным встряхиванием. В стерильную чашку Петри заливают 30 мл расплавленного сусло-агара и подсушивают поверхность среды под стерильными бумажными фильтрами в течение 30 мин при комнатной температуре. После этого на поверхность среды наносят 0,8 мл мицелиальной суспензии и тщательно распределяют с помощью стерильного шпателя. Посевы инкубируют при температуре  $26 \pm 0,7^\circ\text{C}$  до образования равномерного газона гриба. Агаровые блоки вырезают из сусло-агаровой среды, покрытой газоном мицелия гриба, с помощью стерильного пробочного сверла диаметром 10 мм, строго соблюдая правила асептики. При использовании в качестве тест-культуры анаморфного гриба агаровые блоки вырезают из газона до начала спорообразования во избежание рассеивания спор по поверхности образца. Далее в стерильные чашки Петри заливают по 20 мл агаризованной минеральной среды. После того, как среда застынет, на ее поверхность помещают образцы древесины. Предварительно вырезанные с помощью пробочного сверла агаровые блоки переносят в центр испытываемого образца древесины, причем блок располагается ростом вниз. Обязательным условием является одновременная инокуляция блоками образцов, как термообработанных, так и контрольных. Полученные таким образом пробы инкубируют при температуре  $23 \pm 0,7^\circ\text{C}$  до тех пор, пока мицелий гриба на контрольном образце не достигнет границы шпона. После этого испытание считается оконченным и производится обработка результатов эксперимента.

Для определения ширины зоны обрастания блока мицелием применяется измерительный шаблон. Величина ширины зоны обрастания на одном образце древесины является средним арифметическим 6-ти измерений. Принцип измерения ширины зоны обрастания блока мицелием гриба показан на рис. 2.

Основным преимуществом описанного метода по сравнению с известными аналогами является абсолютно одинаковое количество посевного материала (инокулята), наносимого на образцы древесины в виде равномерного «газона» мицелиальной культуры на агаровом блоке. Все взятые в испытании агаровые блоки имеют одинаковый диаметр. Кроме того, фаза роста культуры также одинакова для всех агаровых блоков.

Результаты испытания образцов термодревесины, обработанных при температуре  $190^\circ\text{C}$ , показали, что ширина зоны разрастания тест-культур плесневых и деревоокрашивающих грибов уменьшается, в зависимости от вида гриба, на 84–100%.

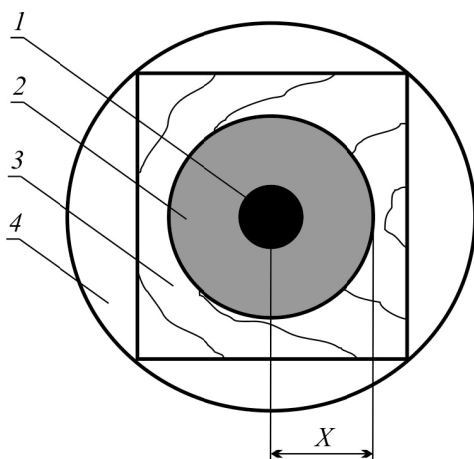


Рис. 2. Принцип измерения ширины зоны обрастания блока мицелием гриба:

1 – агаровый блок; 2 – зона обрастания блока мицелием; 3 – образец древесины (шпон); 4 – агаризованная минеральная среда в чашке Петри

Данные высокие результаты были подтверждены при испытании биостойкости образцов термодревесины методом, основанным на ГОСТ 30028.4–2006 (рис. 3). Было выявлено, что образцы необработанной древесины имели среднюю площадь обрастания 98,4%, в то время как образцы термодревесины имели среднюю площадь обрастания тест-культурами 4,3%.

Нами также были проведены исследования биостойкости термодревесины по отношению к дереворазрушающему грибу *Coniophora puteana* методом, основанным на ГОСТ 16712–95. Тест-культура гриба культивировалась на питательной среде на основе верхнего слоя лесной почвы. Оценка биостойкости проводилась по потере массы древесных образцов после их выдержки на чистой культуре гриба в течение 2 месяцев. Потерю массы образцов термодревесины, обработанной при температуре 190°C, сравнивали с потерей массы контрольных сосновых образцов. Эксперимент показал, что

#### Информация об авторах

**Мазаник Наталья Владимировна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: nata.mazanik@mail.ru

**Рудак Оксана Геннадьевна** – магистр технических наук, ассистент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: oksrudak@mail.ru

#### Information about the authors

**Mazanik Natal'ya Vladimirovna** – Ph. D. Engineering, assistant professor, associate professor, Department of technology of woodworking production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nata.mazanik@mail.ru

**Rudak Oksana Hennad'yevna** – Master of Engineering, assistant lecturer, Department of technology and design of wooden articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: oksrudak@mail.ru

термообработка действительно позволяет снизить потерю массы образцами, однако это уменьшение не превышает 16%, что не является достаточным для обеспечения полной защиты древесины от гниения, вызванного действием целлюлозоразрушающих грибов.

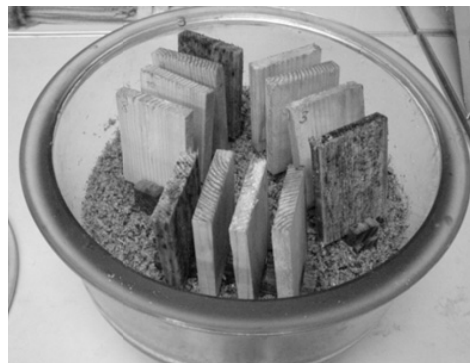


Рис. 3. Образцы термодревесины и контрольные образцы после проведения испытания на биостойкость по ГОСТ 30028.4–2006

**Закключение.** В итоге проведенного исследования может быть сделан вывод о неоднозначном влиянии высокотемпературной обработки в среде насыщенного пара на свойства древесины как строительного и отделочного материала. Установлено, что термообработка обеспечивает высокую степень защиты древесины от поражения несовершенными (деревоокрашивающими и плесневыми) грибами. Это связано со снижением содержания в древесине легкоусвояемых веществ, в первую очередь гемицеллюлоз. Тем не менее, стойкость древесины по отношению к грибам, вызывающим ее гниение, повышается незначительно ввиду практически полного сохранения свойств целлюлозы. В то же время частичное термическое разложение лигнина приводит к ухудшению прочностных характеристик материала, делая его менее пригодным для изготовления ответственных несущих конструкций.