

УДК 674.048

**Н. В. Мазаник, И. Г. Федосенко**

Белорусский государственный технологический университет

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ  
ОТ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ**

Древесина является одним из наиболее популярных материалов, используемых для производства столярно-строительных изделий и мебели. Устойчивый спрос на нее сохраняется, несмотря на низкую биостойкость в сыром виде, а также в условиях переменной температуры и влажности. Для повышения биорезистентности древесных материалов применяются различные методы, включая затопление, дождевание, сушку и обработку антисептиками. Все способы защиты наносят ущерб окружающей среде, однако наибольшую опасность представляет использование синтетических фунгицидов, токсичных не только для деревопоражающих грибов, но и по отношению к теплокровным животным и человеку. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к повышению требований к экологической безопасности деревообрабатывающих производств и их продукции. Поэтому разработка и изучение антимикотической активности антисептиков натурального происхождения является весьма актуальным направлением.

В статье рассмотрены различные способы повышения биологической стойкости древесины с точки зрения их влияния на окружающую среду и человека. Проанализированы работы, посвященные экологичным методам защитной обработки, в том числе с использованием масел, эссенций и других натуральных препаратов. Подчеркивается, что одним из перспективных способов подавления роста патогенных грибов на древесине является использование культур рода *Trichoderma*. Отмечается, что препараты на основе грибов *Trichoderma* уже нашли применение в сельском хозяйстве для защиты плодовоовощных культур, однако потенциал использования антагонистов для обработки древесины изучен мало. Приведены результаты эксперимента, посвященного изучению эффективности препаратов на основе споромицелиальной массы *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma lignorum*. Анализ результатов исследования свидетельствует, что грибы-антагонисты подавили развитие других несовершенных микромицетов и предотвратили развитие глубоких грибных окрасок. При этом большую эффективность показал гриб *Trichoderma lignorum*.

**Ключевые слова:** древесина, деревопоражающие грибы, защита древесины, экологическая безопасность, антисептики, токсичность, натуральные препараты, грибы-антагонисты.

**N. V. Mazanik, I. G. Fedosenko**

Belarusian State Technological University

**ECOLOGICAL ASPECTS OF THE PROTECTION  
OF WOOD AGAINST BIOLOGICAL DAMAGE**

Wood is one of the most popular materials used for the structural elements and furniture production. Steady demand remains in spite of the low bioresistance of wood. Various methods are used to improve the biological resistance, including flooding, sprinkling, drying and treatment with chemicals. All methods of protection are harmful to the environment, but the greatest danger is the use of synthetic fungicides. In recent years, much attention has been paid to the ecological safety of woodworking industries and their products. Therefore, the development and study of antimycotic activity of natural preservatives is a very promising field.

The article considers various ways to improve the biological stability of wood in terms of their impact on the environment and human beings. The studies devoted to eco-friendly techniques of protective treatment, including use of oils, essential oils and other natural products, are analyzed. The results of an investigation on the protective efficiency of preservatives based on spore-mycelial suspension of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma lignorum* are presented. Analysis of the results showed that the antagonist fungi mostly suppressed the development of other imperfect micromycetes and prevented deep blue stains in timber specimens. The fungus *Trichoderma lignorum* showed greater efficiency.

**Key words:** wood, wood-destroying fungi, protection, environmental safety, preservatives, toxicity, natural substances, antagonism.

**Введение.** Как ни парадоксально, древесина остается одним из наиболее популярных материалов индустриальной эпохи. Она стабильно удерживает

ведущие позиции в области одноэтажного домостроения, является абсолютным лидером среди материалов, используемых в производстве

мебели, широко применяется при изготовлении стеновых и напольных покрытий, столярных изделий. Причины такого устойчивого спроса кроются в многочисленных достоинствах этого уникального природного сырья. Древесина отличается широчайшим спектром текстуры и цвета, обладает высокой прочностью при относительно низкой плотности, легко обрабатывается, обладает отличными звуко- и теплоизоляционными свойствами.

Однако главной причиной приверженности человека к деревянным изделиям является их экологичность. Данный материал ассоциируется с абсолютной дружелюбностью по отношению к окружающей среде. И это означает не только то, что деревянный дом идеально гармонирует с природным ландшафтом. Лес – возобновляемый источник сырья. В настоящее время во всем мире огромное внимание уделяется вопросам устойчивого лесопользования. В странах постсоветского пространства, и в Республике Беларусь в том числе, широко внедряются принципы экологически ответственного, социально выгодного и экономически жизнеспособного лесопользования, пропагандируемые и поддерживаемые авторитетными международными ассоциациями, такими, например, как Лесной Попечительский Совет (FSC). Сертификация по системам FSC, PEFC и SBP гарантирует, что продукция поступила из леса, в отношении которого ведется ответственное управление, а также свидетельствует о том, что эта продукция ни на одном из этапов цепочки поставок не смешивается с продукцией, полученной из несертифицированных лесов. Такой подход обеспечивает своевременное возобновление потребленных лесных ресурсов [1].

Немаловажным фактором влияния любого материала на окружающую среду являются также энергетические затраты на его производство. Для древесины данный показатель находится в диапазоне 5,0–7,5 кВт·ч/т, в то время как расход энергии на производство других популярных строительных материалов в десятки и сотни раз выше: бетон – 250–300, кирпич – 550, цемент – 1000, стекло – 6000, пластики – 8200–20000, алюминий – 72 000 кВт·ч/т [2].

Тем не менее в современном мире кажущаяся экологичность материала зачастую весьма обманчива. Одним из основных факторов, ограничивающих применение древесины, является ее низкая биостойкость. Древесина служит питательной средой для большого количества организмов – бактерий, насекомых, грибов.

Само по себе гниение древесины не наносит природе вред. Как известно, рост древесных насаждений и, соответственно, образование древесного вещества происходит за счет фото-

синтеза при потреблении углекислого газа из атмосферы. Биологическое разложение природного материала сопровождается выделением  $\text{CO}_2$ . Таким образом сохраняется углеродный баланс экосистемы [3].

В то же время предрасположенность к биологическому поражению диктует необходимость защиты древесины при ее использовании человеком. Методы защиты выбираются с учетом видовой принадлежности потенциально опасных организмов, доминирующих в районе использования материала, его назначения и условий эксплуатации. Основным фактором биопоражения древесины в Республике Беларусь считаются плесневые, деревоокрашивающие и дереворазрушающие грибы. Мероприятия по защите от поражения грибами базируются либо на принципе вывода состояния древесины за пределы условий, благоприятных для роста и размножения грибов, либо на обработке материала токсичными для грибов веществами. Примечательно, что любой из данных способов защиты несет потенциальную опасность для окружающей среды.

**Основная часть.** Необходимость проведения защитных мероприятий возникает уже на этапе хранения круглого леса на складе деревообрабатывающего предприятия. Отсутствие мер защиты ведет к развитию так называемой «синевы», существенно снижающей сорт будущей пилопродукции и делающей кряжи непригодными для фанерного производства. Одним из наиболее популярных в Республике Беларусь способов хранения, обеспечивающих поддержание влажности древесины на очень высоком уровне, препятствующем развитию грибов, является дождевание, т. е. регулярное орошение плотных штабелей неокоренных бревен водой. Как правило, данный способ считается малозатратным и абсолютно экологичным. Тем не менее результаты исследований свидетельствуют, что отработанная вода оказывает резкое негативное воздействие на окружающую среду, выражающееся в эвтрофикации, кислородном истощении, снижении проницаемости, закислении почв, вымывании металлов, привнесении в почву токсичных экстрактивных веществ. Эвтрофикация в данном случае означает чрезмерное обогащение почвы питательными веществами (азотом, фосфором, калием и органическими остатками), что приводит к обильному размножению отдельных видов почвенных микроорганизмов и нарушению равновесия экосистемы. Эта же проблема возникает и при другом популярном способе хранения бревен в естественных или искусственных водоемах. Кроме того, «мокрое» хранение лесоматериалов требует очень большого расхода

воды [4, 5]. Альтернативой орошению водой является обработка открытых участков бревен антисептиками.

Схожая ситуация имеет место при защите пиломатериала. Для снижения влажности древесины ниже уровня, приемлемого для развития грибов, широко применяется камерная сушка пиломатериалов. Данная операция является одной из наиболее энергоемких в цикле обработки древесины и требует значительного расхода топлива на подогрев сушильного агента [6]. Сжигание топлива, в свою очередь, связано с выбросом в атмосферу продуктов его горения. Применение атмосферной сушки позволяет резко сократить энергозатраты, однако в условиях неустойчивого климата часто требует защитной обработки древесины антисептиками. Фунгициды также широко применяются для защиты сырой древесины при ее транспортировке. Невозможно избежать использования средств химической защиты и при эксплуатации деревянных изделий в условиях, связанных с периодическим увлажнением.

Таким образом, как было показано выше, применение древесных материалов неразрывно связано с вынужденным использованием веществ, снижающих их натуральность. Как известно, любой фунгицид по определению является ядом, веществом, токсичным по отношению к грибам. Однако большинство известных антисептиков также представляют огромную опасность для человека. Еще несколько десятилетий назад абсолютными лидерами среди веществ, используемых для консервации древесины, являлись соединения хрома, меди, мышьяка, пентахлорфеноляты, креозот и каменноугольное масло. Многочисленные исследования, проводившиеся в разных странах, показали высокую токсичность данных веществ. Антисептики попадают в почву в результате вымывания из древесины, при утилизации пропитанных древесных материалов. Из загрязненной почвы токсичные вещества через питьевую воду и растения попадают в организм человека и наносят ему непоправимый ущерб. Так, высокая скорость осаждения хрома ведет к существенному загрязнению почв. Являясь сильными окислителями, соединения хрома могут нарушать нормальное течение процессов обмена в организме и угнетать активность ряда ферментных систем. Хром оказывает канцерогенное действие, в частности может вызвать бронхопульмональный рак. Превышение содержания меди приводит к развитию заболеваний печени и почек, поражению головного мозга, аллергическим реакциям, атеросклерозу, болезни бронхов, шизофрении. Хроническое отравление мышьяком вызывает невриты зри-

тельного и слухового нервов, вестибулярные расстройства, нарушение памяти, речи, психозы, нарушение костной проводимости, параличи, атрофию костного мозга, анемию, изменения печени, токсическое поражение почек [7, 8]. Широко используемый для пропитки шпал креозот оказывает сильнейшее канцерогенное воздействие [9]. Работа ученых-медиков и экологов послужила основой для запрета данных соединений в подавляющем большинстве стран мира, однако вещества, оставшиеся разрешенными к применению, также не являются безвредными. Таким образом, задача исследователей в области деревообработки сегодня заключается в подборе фунгицидов, обладающих минимальной токсичностью по отношению к теплокровным животным и человеку. Данная задача осложняется тем, что грибы отличаются не только огромным разнообразием (в настоящее время известно несколько тысяч грибов, способных поражать древесину), но и высокой способностью к адаптации. Поэтому поиск новых веществ, обладающих фунгицидными свойствами, всегда остается актуальным [10].

Повышение требований по безопасности лакокрасочных материалов и антисептиков во всем мире привело к тому, что в последние годы резко возрос интерес к веществам природного происхождения, абсолютно не токсичным, а порой даже благотворно влияющим на человека и окружающую среду. Появляется все больше работ, посвященных обработке древесины воском и натуральными маслами, – льняным, соевым и др. [11–13]. Постоянное совершенствование технологии позволяет добиться высокой степени защиты поверхности готовой древесной продукции (мебель, паркет, стеновые панели). Однако в данном случае защитный эффект связан, в первую очередь, с влагоотталкивающими свойствами масел, обработка которыми предотвращает проникновение влаги вглубь материала. Выраженным фунгицидным эффектом данное масло не обладают, кроме того, их применение возможно только на древесине, высушенной до эксплуатационной влажности, и для защиты сырых пиломатериалов и круглого леса они не подходят. Способность повышать биостойкость древесины показали некоторые эфирные масла и содержащиеся в них терпены, однако получение терпенов – достаточно сложный процесс, требующий развитого лесохимического производства, которое в Республике Беларусь отсутствует [14, 15].

Большой интерес с точки зрения ингибирования роста грибов на древесине представляют их естественные антагонисты, например несовершенные микромицеты рода *Trichoderma*. Некоторые исследования свидетельствуют

о способности грибов вида *Trichoderma lignorum* подавлять развитие грибных поражений плодовоовощных культур, например корневых гнилей капусты, томата, огурца [16, 17]. Также имеются сведения о положительных результатах апробации препаратов на основе *Trichoderma* для защиты круглого леса [18]. Тем не менее отработанная технология применения таких средств на пиломатериалах отсутствует, а объем опытных данных не достаточен для заключения об эффективности подобной защиты для апробированных пород древесины, разных условий эксплуатации и набора поражающих грибов.

Был поставлен эксперимент, в котором оценивалось влияние обработки препаратами, один из которых содержал споромицелиальную массу гриба *Trichoderma harzianum*, а второй — *Trichoderma lignorum*, на показатели поражения образцов древесины плесневыми и деревоокрашивающими грибами. Процедура подготовки препаратов была следующей. Неомеленное солодовое сусло фильтровали через ватно-марлевый фильтр и разбавляли водой до 6–8% по сухим веществам. После этого сусло-бульон нейтрализовали до значения pH 5,2–5,6. Смесь для приготовления сусло-агара включала 50 мл сусло-бульона и 1,25 г агар-агара. Сусло-агар стерилизовали в автоклаве при 0,05 МПа в течение 30 мин, затем разливали в бактериологические пробирки диаметром 16 мм на 1/3 часть их объема. После застывания среды с образованием скошенной поверхности пробирки в стерильных условиях инфицировали чистой культурой гриба с помощью бактериологической иглы. Пробирки с культурами *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma lignorum* культивировались в течение 8 дней при температуре  $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$ . После этого в каждую пробирку добавлялась 10 мл стерилизованной дистиллированной воды и производилась смывка споромицелиальной массы в стерильную колбу. После гомогенизации суспензия была готова к использованию.

В качестве опытных образцов использовались свежераспиленные образцы сосны размером  $75 \times 55 \times 10$  мм со средней влажностью 93,4%. Для испытания эффективности защиты каждым видом суспензии использовали 18 образцов. Образцы обрабатывались путем распыления препарата грибов-антагонистов на их поверхность. Обработанные образцы распределялись на 3 равные группы по 6 образцов. Каждая из групп предназначалась для испытания эффективности защиты древесины по отношению к определенной тест-группе плесневых и деревоокрашивающих грибов.

В качестве тест-культур применяли грибы, которые были определены как доминирующие

при поражении пиломатериалов на складах сырых пиломатериалов деревообрабатывающих предприятий Республики Беларусь [19, 20]. Всего были использованы 3 группы тест-культур. Группа А включала следующие виды: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium commune*, *Penicillium cyclopium*, *Penicillium solitum*, *Verticillium glaucum*; группа В: *Alternaria tenuis*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus terreus*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium bifforme*, *Penicillium divergens*, *Phialophora fastigiata*; группа С: *Alternaria humicola*, *Oidiodendron griseum*, *Penicillium purpurogenum*, *Rhinochlaidiella atrovirens*; *Bispora monilioides*.

Для приготовления суспензий спор тест-культур применялись культуры возрастом 14 сут, считая с момента посева. Суспензию с концентрацией спор  $1 \text{ млн}/\text{см}^3$  готовили отдельно для каждого вида гриба путем внесения бактериологической иглой спор в химические стаканы, содержащие  $50 \text{ см}^3$  дистиллированной воды. Количество спор грибов в суспензии подсчитывали при помощи счетной камеры Горяева. Рабочую суспензию для инфицирования опилок в эксикаторах подготавливали с учетом концентрации спор путем смешивания суспензий отдельных видов грибов, входящих в определенную группу. Для приготовления рабочей суспензии брали  $1 \text{ см}^3$  суспензии с концентрацией спор  $1 \text{ млн}/\text{см}^3$ . Отмеренные объемы суспензии каждого вида гриба вносили в химический стакан и добавляли дистиллированную воду до объема  $(100 \pm 5) \text{ см}^3$ . На каждый вариант испытания готовили три эксикатора. В эксикаторы засыпали на 1/4 часть высоты предварительно увлажненные до  $(70 \pm 5)\%$  опилки из здоровой заболони сосны. Опилки орошали рабочей суспензией при помощи пульверизатора. В каждый эксикатор вносили суспензию грибов определенной группы. Эксикаторы устанавливали в помещении с температурой  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажностью воздуха  $(80 \pm 5)\%$  и выдерживали 14 дней до начала испытаний.

По завершение подготовительных работ в каждый из эксикаторов устанавливали вертикально по 6 образцов, обработанных суспензией гриба-антагониста и по 1 контрольному образцу. Эксикаторы инкубировались в течение 15 сут при температуре  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ , причем производилось регулярное орошение образцов распыленной водой для поддержания влажности древесины, оптимальной для развития грибов.

При анализе результатов эксперимента защищающая способность препаратов оценивалась по уменьшению площади поверхности, пораженной деревоокрашивающими грибами,

по сравнению с контрольными образцами, а также по показателям угнетения развития патогенных грибов. По окончании испытаний каждый образец раскалывался вдоль волокон для выявления внутренних грибных окрасок.

Результаты эксперимента представлены в таблице. В данной таблице указаны степени развития древоокрашивающих грибов: *a* – рост мицелия, спороношение отсутствует; *b* – начало стадии спороношения одного из видов; *c* – обильное спороношение; *d* – глубокое (подслойное) проникновение грибной окраски. Данные для патогенных тест-культур приведены без скобок, а для культур *Trichoderma harzianum* либо *Trichoderma lignorum* – в скобках.

Из данных, представленных в таблице, можно видеть, что во всех эксикаторах без исключения площадь поражения контрольных образцов синевой составила 100% от их общей площади. При этом произошло развитие глубокой подслоиной синевы. В случае обработанных образцов во всех трех группах тест-культур общая площадь поражения образцов уменьшилась, причем это снижение в большей степени выражено для образцов, обработанных препаратом на основе *Trichoderma lignorum*. Тем не менее данное снижение не превышало 55%, что явно недостаточно с точки зрения защиты сырой древесины от поражения грибами в период ее сушки либо транспортировки. Тем не менее анализ данных, приведенных в скобках, свидетельствует о том, что подавляющая часть поражения связана с развитием культур *Trichoderma harzianum* (49–71%) либо *Trichoderma lignorum* (36–62%), а распространение грибных окрасок вглубь древесины не только предотвращено, но и произошло подавление спороношения древоокрашивающих микромицетов. Механизм подавления может быть связан с выработкой грибами рода *Trichoderma* замещенных пиронов, которые связываются с клеточной стенкой патогенных грибов, уменьшая ее проницаемость, а также

выделением ферментов, клеточную стенку разрушающих.

Таким образом, если исключить факт развития самих грибов-антагонистов, результаты испытания могут быть признаны весьма успешными. Несмотря на высокую степень обрастания образцов, достигавшую 85% в случае использования препарата *Trichoderma harzianum* и 66% в случае *Trichoderma lignorum*, данные грибы-антагонисты в основном подавили развитие других несовершенных микромицетов. При этом необходимо учитывать тот факт, что грибы рода *Trichoderma* окрашивают поверхность древесины в зелено-желтый цвет, который становится менее заметным при последующей сушке пиломатериалов. Отсутствие индуцированных древоокрашивающими грибами глубоких серо-черных ярких окрасок позволит получить после снятия пораженного грибом *Trichoderma* верхнего слоя качественный древесный материал, пригодный для дальнейшего использования в любой области, включая производство строганого шпона либо мебели.

**Заключение.** Повышение уровня экологической безопасности при защите древесины от биологического поражения возможно при использовании антисептиков на основе натуральных веществ, а также естественных антагонистов древопоражающих грибов.

Препараты на основе споромицелиальной массы *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma lignorum* подавляют развитие плесневых и древоокрашивающих грибов на поверхности сырой древесины и предотвращают образование внутренних грибных окрасок. Препарат гриба *Trichoderma lignorum* показал большую эффективность по отношению к комплексу патогенных микромицетов, распространенных на территории Республики Беларусь. Недостатком рассмотренного способа защиты является обрастание древесины культурой гриба-антагониста.

#### Результаты эксперимента

| Группа тест-культур | Средняя площадь пораженной поверхности на образцах, обработанных суспензией гриба-антагониста (в % от площади поражения на контрольных образцах), при использовании гриба |                              |                             | Максимальная степень развития грибов на образцах, обработанных споромицелиальной суспензией гриба |                              |                             |
|---------------------|---|------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|
|                     | – (контрольный образец)   | <i>Trichoderma harzianum</i> | <i>Trichoderma lignorum</i> | – (контрольный образец)   | <i>Trichoderma harzianum</i> | <i>Trichoderma lignorum</i> |
| <i>A</i>            | 100   | 70 (63)                      | 62 (62)                     | <i>d</i>  | <i>b</i> ( <i>c</i> )        | – ( <i>c</i> )              |
| <i>B</i>            | 100   | 85 (71)                      | 66 (54)                     | <i>d</i>  | <i>a</i> ( <i>c</i> )        | <i>a</i> ( <i>c</i> )       |
| <i>C</i>            | 100   | 64 (49)                      | 45 (36)                     | <i>d</i>  | <i>a</i> ( <i>c</i> )        | <i>b</i> ( <i>c</i> )       |

## Литература

1. Auld G., Gulbrandsen L., McDermott C. Certification Schemes and the Impacts on Forests and Forestry: Annual Review of Environment and Resources // *Annual Reviews*. 2008. No. 33. P. 187–211.
2. Аким М., Йенсен Б. Корпорация TROY. Применение древесины, обработанной антисептиками, в домостроении // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2004. № 6. С. 16–18.
3. Филипчук А. Н., Моисеев Б. Н. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты // *Лесохозяйственная информация*. 2003. № 1. С. 27–34.
4. Расев А. И., Косарин А. А. Технология и оборудование защитной обработки древесины: учеб. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. 171 с.
5. Olsson V. Wet storage of timber – problems and solutions: Master of Science Thesis. Stockholm: Royal institute of technology, 2005. 105 p.
6. Голицын В. П., Голицына Н. В. Сравнительная оценка энергозатрат на сушку пиломатериала в сушильном оборудовании различного типа и способа сушки // *Лесной эксперт*. 2004. № 16. С. 18–25.
7. Мамырбаев А. А. Токсикология хрома и его соединений. Актобе: Актобе, 2012. 284 с.
8. Ершов Ю. А., Плетенева Т. В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. М.: Медицина, 1989. 271 с.
9. Holme J., Refsnes M., Dybing E. Possible carcinogenic risk associated with production and use of creosote-treated wood // *Tidsskrift for Den norske legeförening*. 1999. No. 119(18). P. 1666–2664.
10. Мазаник Н. В. Современные биозащитные средства для древесины // *Труды БГТУ*. 2011. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 181–184.
11. Temiz A., Alma M. H., Terziev N. Efficiency of bio-oil against wood destroying organisms // *Biobased Matereals. Bioenergy*. 2010. No. 4. P. 5–7.
12. Brandt E. Linseed oil paint as an alternative to wood preservatives // *Materials of 9th International Conference on Durability of Materials and Components*. Australia, Brisbane. 2002.
13. Индейцева И. П. Масла для отделки древесины: через века – в наши дни // *Мебельщик*. 2009. № 5 (48). С. 56–57.
14. Антисептики на основе терпеноидных соединений: получение, свойства и применение / А. Ю. Ключев [и др.] // *Труды БГТУ*. 2014. № 4: Химия и технология орган. в-в. С. 48–54.
15. Смирнов В. Ф., Кузьмин Д. А., Смирнова О. Н. Действие терпеноидов на физиолого-биохимическую активность грибов-деструкторов промышленных материалов // *Химия растительного сырья*. 2002. № 4. С. 29–33.
16. Patil A., Laddha A., Lunge A., Paikrao H. In vitro antagonistic properties of selected *Trichoderma* species against tomato root rot causing *Pythium* species // *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2012. Vol. 1. No. 4. P. 302–315.
17. Vermaa M., Brara. K., Tyagi R.D. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control // *Biochemical Engineering Journal*. 2007. Vol. 37, issue 1. P. 1–20.
18. Сычуглов С. Э. Биологическое обоснование применения триходермы для защиты круглых лесоматериалов от повреждения грибами на складах запаса : автореферат дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1984. 24 с.
19. Мазаник Н. В., Снопков В. Б. Тест-культуры грибов для испытания средств защиты древесины // *Труды БГТУ*. 2009. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 194–198.
20. Вилейшикова Н. В., Снопков В. Б., Тычино Н. А. Испытание средств химической защиты древесины от деревопоражающих грибов // *Известия Белорусской инженерной академии*. 2004. № 1(17). С. 57–60.

## References

1. Auld G., Gulbrandsen L., McDermott C. Certification Schemes and the Impacts on Forests and Forestry: Annual Review of Environment and Resources. *Annual Reviews*, 2008, no. 33, pp. 187–211.
2. Akim M., Yensen B. Korporatsiya TROY. Corporation TROY. The use of wood treated with anti-septics in the building industry. *Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye* [Paintwork materials and their application], 2004, no. 6, pp. 16–18 (In Russian).
3. Filipchuk A. N., Moiseev B. N. Contribution of the Russian forests to the carbon balance of the planet. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forest Information], 2003, no. 1, pp. 27–34 (In Russian).
4. Rasev A. I., Kosarin A. A. *Tekhnologiya i oborudovaniye zashchitnoy obrabotki drevesiny* [Technology and equipment for protective wood processing]. Moscow, MGUL Publ., 2010. 171 p.
5. Olsson V. *Wet storage of timber – problems and solutions*: Master of Science Thesis. Stockholm, Royal institute of technology, 2005. 105 p.

6. Golitsyn V. P., Golitsyna N. V. Comparative evaluation of energy consumption during drying lumber in drying equipment of various types and drying method. *Lesnoy ekspert* [Forest Expert], 2004, no. 16, pp. 18–25 (In Russian).
7. Mamyrbayev A. A. *Toksikologiya khroma i ego soyedineniy* [Toxicology of chromium and its compounds]. Aktobe, Aktobe Publ., 2012. 284 p.
8. Ershov Yu. A., Pleteneva T. V. *Mekhanizmy toksicheskogo deystviya neorganicheskikh soyedineniy* [Mechanisms of toxic effect of inorganic compounds]. Moscow, Meditsina Publ., 1989. 271 p.
9. Holme J., Refsnes M., Dybing E. Possible carcinogenic risk associated with production and use of creosote-treated wood. *Tidsskrift for Den norske legeförening*. 1999, no. 119(18), pp. 1666–2664.
10. Mazanik N. V. Modern bioprotective means for wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2011, series II, Forest and Woodworking Industry, pp. 181–184 (In Russian).
11. Temiz A., Alma M. H., Terziev N. Efficiency of bio-oil against wood destroying organisms. *Biobased Materials. Bioenergy*. 2010, no. 4, pp. 5–7.
12. Brandt E. Linseed oil paint as an alternative to wood preservatives. *Materials of 9th International Conference on Durability of Materials and Components*. Australia, Brisbane, 2002.
13. Indeytseva I. P. Oils for wood finishing: through the centuries – in our days. *Mebel'shchik* [Furniture maker], 2009, no. 5 (48), pp. 56–57 (In Russian).
14. Klyuyev A. Yu., Kozlov N. G., Procopchuk N. R., Rozkova E. I. Antiseptics based on terpenoid compounds: preparation, properties and application. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, series IV, Chemistry and Technology of Organic substances, pp. 48–54 (In Russian).
15. Smirnov V. F., Kuz'min D. A., Smirnova O. N. The effect of terpenoids on the physiological and biochemical activity of fungi-destroyers of industrial materials. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2002, no. 4, pp. 29–33 (In Russian).
16. Patil A., Laddha A., Lunge A., Paikrao H. In vitro antagonistic properties of selected Trichoderma species against tomato root rot causing Pythium species. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 2012, vol. 1, no. 4, pp. 302–315.
17. Vermaa M., Brara K., Tyagi R. D. Antagonistic fungi, Trichoderma spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*. 2007, vol. 37, issue 1, pp. 1–20.
18. Sychugov S. E. *Biologicheskoye obosnovaniye primeneniya trikhodermy dlya zashchity kruglykh lesomaterialov ot povrezhdeniya gribami na skladakh zapasa: Avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Biological substantiation of application of Trichoderma for protection of round timber against fungal damage in logyards. Abstract of thesis cand. biol. sci.]. Sverdlovsk, 1984. 24 p.
19. Mazanik N. V., Snopkov V. B. Test-cultures of fungi for the testing of wood preservatives. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2009, series II, Forest and Woodworking Industry, pp. 194–198 (In Russian).
20. Vileyshikova N. V., Snopkov V. B., Tychino N. A. Testing the chemical protection of wood from wood-preserving fungi. *Izvestiya Belorusskoy inzhenernoy akademii* [News of the Belarusian Engineering Academy], 2004, no. 1(17), pp. 57–60 (In Russian).

#### 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

**Федосенко Иван Гаврилович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Ivan.fedosenko@mail.ru

#### Information about the authors

**Mazanik Natallia Vladimirovna** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Woodworking Technology (13a, Sverdlova str., Minsk, 220006, Republic of Belarus). E-mail: nata.mazanik@mail.ru

**Fedosenko Ivan Gavriilovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Woodworking Technology (13a, Sverdlova str., Minsk, 220006, Republic of Belarus). E-mail: Ivan.fedosenko@mail.ru

Поступила 20.04.2017