

УДК 674.048

**Н. В. Мазаник**

Белорусский государственный технологический университет

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ХИТОЗАНА  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ ОТ ГРИБНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

Защита древесины от повреждения биологическими агентами, такими как грибы, бактерии и насекомые, позволяет существенно увеличить продолжительность срока эксплуатации деревянных изделий, а следовательно – сократить вырубку лесов. Для предотвращения развития грибов на древесине в настоящее время широко используются антисептики, относящиеся к самым разным группам химических веществ. Признаком, объединяющим все эти вещества, является не только их высокая фунгицидная активность, но и выраженная токсичность по отношению к человеку и теплокровным животным. Существенное ужесточение требований экологической безопасности уже привело к резкому сокращению перечня разрешенных к применению химикатов. Это, в свою очередь, послужило стимулом к развитию направления «экологичной» защиты с использованием натуральных фунгицидов. К сожалению, круг известных на данный момент природных веществ-ингибиторов весьма узок, поэтому исследование новых препаратов представляет несомненный интерес и имеет большую практическую значимость.

Одним из наиболее перспективных натуральных фунгицидов является хитозан. До недавнего времени использование этого вещества в деревообрабатывающей промышленности ограничивалось отсутствием доступного сырья и дешевых технологий экстракции. С появлением в Республике Беларусь предприятий по производству хитозана открывается возможность применения данного вещества в промышленных масштабах, в том числе для защитной обработки древесины. В статье приведены результаты исследования эффективности защиты образцов сосновой древесины по отношению к комплексу деревоокрашивающих грибов при использовании в качестве антисептика раствора хитозана.

**Ключевые слова:** хитозан, древесина, деревоокрашивающие грибы, защита древесины, натуральные препараты, экологическая безопасность.

**N. V. Mazanik**  
Belarusian State Technological University

**USE OF CHITOSAN  
FOR THE PROTECTION OF WOOD AGAINST FUNGI**

Protection of wood against deterioration caused by biological agents such as fungi, bacteria and insects allows us to significantly increase the service life of wood products, and consequently – to reduce deforestation. Various antiseptics are widely used today to prevent the development of fungi on timber. Although antiseptics belong to different classes of chemicals, all these substances are characterized not only by their high fungicidal activity but also pronounced toxicity towards humans and warm-blooded animals. Significantly stricter requirements for environmental safety have already led to a drastic reduction in the list of chemicals that are still allowed. This, in turn, served as an incentive to develop the direction of eco-friendly protection with the use of natural fungicides. Unfortunately, the range of currently known natural fungi inhibitors is quite limited, so the study of new substances is undoubtedly interesting and has great practical importance.

One of the most promising natural fungicides is chitosan. Until recently, the use of this substance in woodworking industry was limited by the lack of available raw materials and inexpensive extraction technics. With the advent of enterprises producing chitosan in the Republic of Belarus it became possible to use this substance on an industrial scale, including protective treatment of wood.

The article describes the results of the study devoted to the protective effectiveness of chitosan solution against the complex of wood-discoloring fungi. Evidence suggests that chitosan coating significantly slowed the development of fungi on wood surface in comparison with the untreated specimens in case of 2% solution.

**Key words:** chitosan, wood, wood-discoloring fungi, preservatives, protection of wood, natural substances, environmental safety.

**Введение.** Одним из трендов последних десятилетий в области защиты древесины от повреждения биологическими агентами является

повышенный интерес к использованию природных веществ, обладающих выраженным фунгицидными свойствами и в то же время не

оказывающих отрицательного воздействия на окружающую среду. Данная тенденция объясняется ужесточением требований к безопасности антисептиков, которое уже привело к существенному сокращению перечня разрешенных к применению химикатов [1, 2].

**Основная часть.** Перспективным направлением в сфере «экологичной» защиты древесины может стать исследование фунгицидных свойств хитозана. Хитозан – это линейный полисахарид, состоящий из случайно распределенных бета-(1-4)-связанных D-глюкозамина и N-ацетил-D-глюкозамина. Наличие реакционноспособных функциональных групп обеспечивает широкие возможности для модификации хитозана (сульфатирования, карбоксилирования и т. д.), что позволяет получить богатый спектр производных веществ с заданными характеристиками [3].

Источником хитозана является хитин – один из наиболее распространенных в природе полисахаридов. Он выполняет защитную и опорную функции, обеспечивает жесткость клеточных стенок грибов, является важным компонентом экзоскелета членистоногих. Уникальные свойства хитозана давно привлекали внимание ученых, однако настоящую популярность вещество обрело сравнительно недавно. Причиной этого стала разработка новых технологий извлечения, позволивших существенно снизить стоимость конечного продукта. В настоящее время производство хитозана наложено в 15 странах мира, причем у каждого производителя есть собственные запатентованные технологии его экстракции [4–7]. Примечательно, что одним из лидеров в получении хитина является соседка Беларусь – Российская Федерация: проблемами производства данного вещества и его практического использования занимается Российское хитиновое общество. Выделение чистого хитозана из грибов – сложный и весьма затратный процесс, поэтому сырьем для получения хитина в Российской Федерации служат в основном панцири ракообразных (крылья, камчатский краб) [8]. Отсутствие такого сырьевого источника в нашей стране привело к тому, что еще пять лет назад хитозан завозился в Республику Беларусь только в составе лекарственных средств и биологически активных добавок. Однако высокий спрос на него способствовал запуску собственного производства. В 2014 г. в Брестской области Беларусь ООО «БелРос-БиоТехХитозан» начало выпуск белорусского хитозана. Согласно принятой технологии сырьем служат личинки мух. Развитие личинок до нужного размера занимает 6 дней, из 100 кг личинок получается более 1 кг сухого

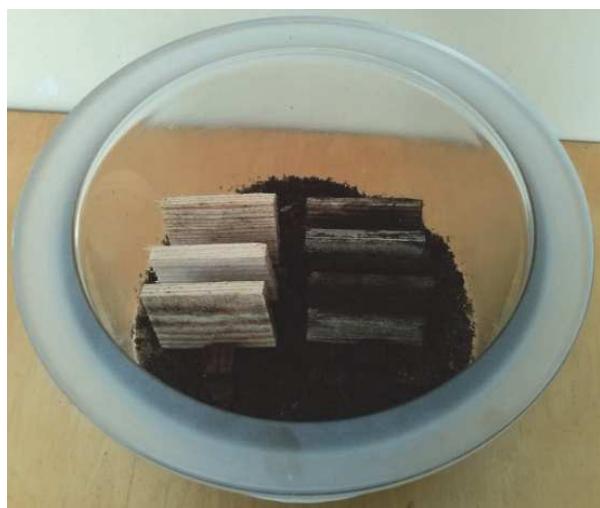
хитозан-меланинового вещества [9]. Как и следовало ожидать, производство дало новый толчок исследованиям в области возможного применения хитозана, в том числе в нашей стране [10, 11].

В целом усилиями мирового научного сообщества к настоящему времени выявлены следующие биологические эффекты хитозана: гиполипидемический и гипохолестеринемический (связывает и выводит из организма избыток жиров и холестерина); гепатопротекторный (снижает нагрузку на печень); регуляторный (регулирует кислотность желудочного сока, обладает противоязвенным действием); антитоксический (связывает и выводит из организма токсичные элементы и кишечные токсины); радиопротекторный (связывает и выводит радиоактивные изотопы); иммуностимулирующий (стимулирует ряд функций иммунной системы, повышает устойчивость организма к инфекциям); антиоксидантный (нейтрализует токсичные перекисные соединения); антибактериальный и противовирусный (угнетает активность ряда микроорганизмов, защищает организм от некоторых вирусных инфекций); регенерирующий (стимулирует заживление ран, язв, ожогов). В качестве важнейшего достоинства отмечается также способность хитозана к биодеградации [12–14].

Тем не менее многочисленные исследования биоцидной активности хитозана в основном сосредоточены на изучении его антибактериальных свойств и антимикотической активности в отношении дрожжевых и дрожжеподобных грибов, тогда как действие хитозана на мицелиальные грибы изучено гораздо в меньшей степени. И все же, известен ряд работ, посвященных перспективам применения хитозановых комплексов для увеличения сроков хранения пищевых продуктов, подверженных поражению анаморфными микромицетами. Среди них можно выделить опыт нанесения хитозановой пленки на поверхность фруктов, а также некоторых ягод [15–18]. В Казанском НИИ эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора и Центре «Биоинженерия» РАН Москвы проводились эксперименты, которые доказали, что низкомолекулярный хитозан ингибирует рост ряда мицелиальных грибов, имеющих медицинское значение [19]. В то же время исследования эффективности хитозана по отношению к деревоокрашающим и дереворазрушающим грибам не известны.

Целью нашего исследования стало определение ингибирующего эффекта хитозана по отношению к комплексу деревоокрашающих грибов, являющихся доминирующими при повреждении пиломатериалов на складах

деревообрабатывающих предприятий Республики Беларусь [20, 21]. В качестве экспериментального материала использовали свеже-распиленные образцы древесины сосны размером  $75 \times 55 \times 10$  мм со средней влажностью 76,2%. Хитозан растворяли в 0,5%-ном растворе уксусной кислоты до концентраций 1 и 2% с добавлением в каждом случае 0,1% поверхностно-активного вещества для улучшения смачивающей способности раствора. Образцы обрабатывались препаратором путем их кратковременного (3 с) погружения в раствор. Количество образцов для каждой концентрации составляло 6 шт., кроме того, в эксперименте использовали 6 контрольных образцов, не подвергавшихся защитной обработке. После нанесения образцы кондиционировали в вертикальном положении при температуре 20°C и влажности воздуха 60% в течение 6 ч и устанавливали в эксикаторы, представляющие собой влажные камеры, содержащие комплекс активных культур грибов (рисунок).



Эксикатор с образцами, обработанными раствором хитозана и контрольными образцами

В состав комплекса вошли грибы, способные вызывать выраженную синеву, существенно снижающую качество пиломатериалов: *Rhinocladiella atrovirens*, *Oidiodendron griseum*, *Alternaria humicola*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium solitum*. Деревоокрашающие грибы предварительно выращивались на субстрате из свежих опилок хвойных пород, заполнившем каждый из эксикаторов на 2/3 его объема. Образцы устанавливались на подставки, предотвращающие их контакт с зараженными опилками и чрезмерное увлажнение древесины. Каждый эксикатор содержал по 3 образца с нанесенным хитозановым покрытием и 3 контроль-

ных образца. Полная продолжительность эксперимента составила 20 дней. Каждые 5 дней проводили фиксацию площади поражения образцов грибами. Результаты эксперимента представлены в таблице.

### Результаты эксперимента

Время от начала эксперимента	Средняя площадь поражения грибными окрасками, %, на образцах		
	Обработанных раствором хитозана с концентрацией		не обработанных защитным средством
	1%	2%	
0	0	0	0
5	6	0	7
10	24	3	28
15	33	26	72
20	66	32	100

Как видно из представленных данных, обработка образцов раствором хитозана позволила существенно замедлить развитие грибных поражений. В случае применения 1%-ного раствора эффект был слабовыраженным, особенно на начальном этапе. Через 10 дней после начала эксперимента ингибирующий эффект не превышал 17%. Стадия развития грибного мицелия на защищенных образцах также несущественно отставала от контрольных образцов – спороношение было интенсивным по всей площади грибницы. В то же время к концу испытания обработка 1%-ным раствором позволила получить сокращение площади поражения на 34%, что является неплохим, но явно неприемлемым на практике результатом. При использовании 2%-ного раствора высокий уровень защищенности сохранялся на протяжении 8–11 дней, что является достаточным для сохранения качества пиломатериалов с учетом средней продолжительности их хранения на складах перед камерной сушкой. Кроме того, на защищенных 2%-ным раствором образцах было отмечено выраженное угнетение спорообразования, сохранившееся до 16–17 дней.

**Заключение.** Хитозан обладает фунгицидной активностью, которая позволяет использовать данное вещество для подавления роста грибов, вызывающих изменения естественного цвета пиломатериалов, снижающих их качество и рыночную ценность. Рекомендуемая концентрация активного вещества в растворе составляет 2%. При данной концентрации хитозановое покрытие обеспечивает достаточно эффективную защиту пиломатериалов и при сроках хранения не более 10 дней не требует применения дополнительных антисептиков, негативно влияющих на окружающую среду.

## Литература

1. Мазаник Н. В., Федосенко И. Г. Экологические аспекты защиты древесины от биологического повреждения // Труды БГТУ. 2017. № 2: Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобн. ресурсов. С. 279–285.
2. Мазаник Н. В. Современные биозащитные средства для древесины // Труды БГТУ. 2011. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 181–184.
3. Физико-химические характеристики хитозан-меланиновых комплексов / А. В. Бакулин [и др.] // Труды БГУ. 2009. Т. 4, ч. 2. С. 290–297.
4. Pochanavanich P., Suntornsuk W. Fungal chitosan production and its characterization // Letters in Applied Microbiology. 2002. Vol. 35. P. 17–21.
5. Elieh-Ali-Komi D., Hamblin M. R. Chitin and Chitosan: Production and Application of Versatile Biomedical Nanomaterials // International Journal of Advanced Research. 2016. No. 4(3). P. 411–427.
6. Hossain M. S., Iqbal A. Production and characterization of chitosan from shrimp waste // Journal of Bangladesh Agricultural University. 2014. No. 12(1). P. 153–160.
7. Abdulkarim A., Isa M. T., Abdulsalam S. Extraction and characterisation of chitin and chitosan from mussel shell // Civil and Environmental Research. 2013. No. 3(2). P. 108–114.
8. Скрябин К. Г., Вихорева Г. А., Варламов В. П. Хитин и хитозан: получение, свойства и применение. М.: Наука, 2002. 368 с.
9. Белорусское хитозановое производство раскрыло свои секреты // Портал «Научная Россия». Минск, 2012. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/belarus-chitosan-details> (дата обращения 01.03.2018).
10. Особенности свойств формовочного раствора и нановолокон из биополимера хитозана / Н. Р. Прокопчук [и др.] // Труды БГТУ. 2015. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 42–48.
11. Использование хитозана в производстве молочных продуктов / Т. В. Буткевич [и др.] // Труды БГУ. 2014. Т. 9, ч. 2: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. С. 181–190.
12. Rinaudo M. Chitin and chitosan: Properties and applications // Progress in Polymer Science. 2006. Vol. 31. No. 7. P. 603–632.
13. Антибактериальная и антимикотическая активность хитозана: механизмы действия и роль структуры / С. Н. Куликов [и др.] // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2009. № 5. С. 91–97.
14. Li Q., Dunn E. T., Grandmaison E. W. Applications and properties of chitosan // Journal of Bioactive and Compatible Polymers. 1992. No. 7. P. 370–397.
15. Jianming Du, Hiroshi Gemma, Shuichi Iwahori. Effects of Chitosan Coating on the Storage of Peach, Japanese Pear and Kiwifruit // Journal Japan. Soc. Hort. Sci. 1997. No. 66(1). P. 15–22.
16. Ahmed El Ghaouth, Joseph Awl, Rathy Ponnampalam. Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries // Journal of food science. 1991. Vol. 56. No. 6. P. 1618–1620.
17. Nadeem Akhtar Abbasi, Zafar Iqbal, Mehdi Maqbool, Ishfaq Ahmad Hafiz. Postharvest quality of mangofruit as affected by chitosan coating // Pak. Journal Bot. 2009. No. 41(1). P. 343–357.
18. Devlieghere F., Vermeulen A., Debevere J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables // Food Microbiol., 2004. No. 21. P. 703–714.
19. Фунгицидная активность хитозана в отношении мицелиальных грибов / С. Н. Куликов [и др.] // Практическая медицина. 2010. № 1(40). С. 119–120.
20. 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.
21. Вилейшикова Н. В., Снопков В. Б. Тычино Н. А. Испытание средств химической защиты древесины от дереворажающих грибов // Известия Белорусской инженерной академии. 2004. № 1(17). С. 57–60.

## References

1. Mazanik N. V., Fedosenko I. G. Ecological aspects of wood protection from biological damage. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2017, no. 2, Forestry, Nature Management and Processing of Renewable Resources, pp. 279–285 (In Russian).
2. Mazanik N. V. Modern wood preservatives. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2011, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 181–184 (In Russian).

3. Bakulin A. V., Kurchenko V. P., Sushinskaya N. V., Azarko I. I., Varlamov V. P. Physico-chemical characteristics of chitosan-melanin complexes. *Trudy BGU* [Proceedings of BSU], 2009, vol. 4(2), pp. 290–297 (In Russian).
4. Pochanavanich P., Suntornsuk W. Fungal chitosan production and its characterization. *Letters in Applied Microbiology*. 2002, vol. 35, pp. 17–21.
5. Elieh-Ali-Komi D., Hamblin M. R. Chitin and Chitosan: Production and Application of Versatile Biomedical Nanomaterials. *International Jornal of Advansed Research*. 2016, no. 4(3), pp. 411–427.
6. Hossain M. S., Iqbal A. Production and characterization of chitosan from shrimp waste. *Journal of Bangladesh Agricultural University*. 2014, no. 12(1), pp. 153–160.
7. Abdulkarim A., Isa M. T., Abdulsalam S. Extraction and characterisation of chitin and chitosan from mussel shell. *Civil and Environmental Research*. 2013, no. 3(2), pp. 108–114.
8. Skryabin K. G., Vikhoreva G. A., Varlamov V. P. *Khitin i khitozan: poluchenije, svoystva i primeneniye* [Chitin and chitosan: production, properties and application]. Moscow, Nauka Publ., 2002. 368 p.
9. Belarusian producers of chitosan reveal their secrets. *Portal “Nauchnaya Rossiya”* [Scientific Russia], 2012. Available at: <https://scientificrussia.ru/articles/belarus-chitosan-details> (accessed 01.03.2018).
10. Prokopchuk N. R., Shashok Zh. S., Vishnevskiy K. V., Prishchepenko D. V. Features of the properties of the molding solution and nanofibers from the biopolymer chitosan. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4, Chemistry, Technology of Organic Substances and Biotechnology, pp. 42–48 (In Russian).
11. Butkevich T. V., Varlamov V. P., Evdokimov I. A., Alieva L. R., Kurchenko V. P. The use of chitosan in the production of milk products. *Trudy BGU* [Proceedings of BSU], 2014, vol. 9 (2): Physiological, Biochemical and Molecular Basis of Functioning of Biosystems, pp. 181–190 (In Russian).
12. Rinaudo M. Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*. 2006, vol. 31, no. 7, pp. 603–632.
13. Kulikov S. N., Tyurin Yu. A., Fassahov R. S., Varlamov V. P. Antibacterial and antimycotic activity of chitosan: mechanisms of action and the role of structure. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology], 2009, no. 5, pp. 91–97 (In Russian).
14. Li Q., Dunn E.T., Grandmaison E.W. Applications and properties of chitosan. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*. 1992, no. 7, pp. 370–397.
15. Jianming Du, Hiroshi Gemma, Shuichi Iwahori. Effects of Chitosan Coating on the Storage of Peach, Japanese Pear and Kiwifruit. *Journal Japan. Soc. Hort. Sci.* 1997, no. 66 (1), pp. 15–22.
16. Ahmed El Ghaouth, Joseph Awl, Rathy Ponnapalam. Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries. *Journal of food science*. 1991, vol. 56, no. 6, pp. 1618–1620.
17. Nadeem Akhtar Abbasi, Zafar Iqbal, Mehdi Maqbool, Ishfaq Ahmad Hafiz. Postharvest quality of mango fruit as affected by chitosan coating. *Pak. Journal Bot.* 2009, no. 41(1), pp. 343–357.
18. Devlieghere F., Vermeulen A., Debevere J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiol.* 2004, no. 21, pp. 703–714.
19. Kulikov S. N., Hajrullin R. Z., Tyurin Yu. A., Lisovskaya S. A., Glushko N. I., Levov A. N., Varlamov V. P. Fungicidal activity of chitosan against mycelial fungi. *Prakticheskaya meditsina* [Practical medicine], 2010, no. 1 (40), pp. 119–120 (In Russian).
20. Mazanik N. V., Snopkov V. B. Test-cultures of fungi for the testing of wood preservatives. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2009, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 194–198 (In Russian).
21. Vileishikova 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 авторе

**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

### Information about the author

**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

Поступила 06.03.2018