

3. ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЕРЕVOОБРАБОТКИ

УДК 630*23 (470.45)

**С.В. Коптев, С.А. Васькин, Ю. В. Севастьянова, А.В. Поташев,
В.В. Медведев**

СВОЙСТВА ВОЛОКОН ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ, ПОРАЖЕННОЙ ГНИЛЬЮ

Введение. В течение последних десятилетий для многих стран мира характерен рост очагов болезней леса, отмечаются явления массового усыхания еловых лесов [Angelstam и др., 1994; Стороженко, 1995; Федоров, 2000; Yaroshenko et al., 2001; Цветков и др., 2007]. Это вызвано интенсификацией промышленного освоения лесов, увеличением общего воздействия человека на природу, его потребительским отношением к природным ресурсам [Дрожжин и др., 2001; Wallenius, 2002; Писаренко и др., 2012]. В Архангельской области интенсивное массовое усыхание ельников выявлено в районе Северной Двины и Пинеги на площади более чем 1,6 млн га [Неволин и др., 2005; Жигунов и др., 2007; Sorensen et al., 2013]. Изучение патологии лесов даст возможность учесть различные причины ослабления насаждений и предвидеть дальнейшее развитие болезней, наметить мероприятия по борьбе с ними.

По данным государственного лесного реестра в условиях Архангельской области преобладают хвойные леса, в первую очередь насаждения ели европейской, которые подвергаются активному хозяйственному освоению. Еловые насаждения на 75% представлены спелыми и перестойными древостоями. Старовозрастные еловые насаждения в своем развитии связаны с комплексом патогенных организмов, осваивающих древесную фитомассу и вызывающих развитие гнилевых болезней [Татаринцев, 2016].

В лесных сообществах грибные организмы, которые входят в дерево-разрушающий комплекс биотрофов, вызывают гнили живых деревьев, ослабляют их, интенсифицируют усыхание и вывал из состава древостоя. Грибы, вызывающие гнилевое поражение живых деревьев, разделяются на

группы, вызывающие коррозионные и деструктивные гнили. Именно к группе грибов, вызывающих коррозионные гнили, относятся наиболее агрессивные и патогенные виды, которые при нарушении естественно сложившихся структур биогеоценозов способны к эпифитотическому распространению [Василяускас, 1989; Стороженко, 1987, 1992, 1994].

В еловых насаждениях наиболее распространены базидиальные грибы корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref) и еловая губка (*Phellinus chrysoloma*), вызывающие пеструю коррозионную ядровую, комлевую и стволовую гнили. При этом следует отметить, что в этой зоне древесного ствола находятся волокна, обладающие наибольшей прочностью [Коптев, 1992; Кузьмичев и др., 2004; Неволин и др., 2005; Чупров, 2008]. Для всех видов дереворазрушающих грибов характерно преобладание средней степени декомпозиции древесины. Встречаемость корневой губки в 1 и 2 стадиях развития составила 27%, еловой губки – 48% [Коптев, 1992].

Болезнь приводит к потере значительной части деловой древесины, вызывает образование бурелома, реже ветровала [Кузьмичев и др., 2004]. Для практики лесной таксации и лесопользования важное значение имеют характеристики качественной стороны гнилей. В стандартах на круглые лесоматериалы (ГОСТ 9463–2016, 2016) указываются только их размерные характеристики, без учета качественной стороны, а именно, в каких сортаментах возможно использование гнилей тех или иных стадий. А.Г. Мошкалев отмечал, что в хвойных древостоях примерно до 80 лет встречаются гнили 1 и 2 стадий, а в возрасте до 190 лет – 1, 2, 3 и 4 стадий [Мошкалев и др., 1982].

Представляет интерес изучение процесса гниения древесины и возможности использования поврежденной гнилью древесины. Существует возможность использования поврежденной гнилями древесины в производстве целлюлозы для химической переработки [Bjorkman et al., 1964; Ушаков, 1974; Rayner, 1988; Karlsson et al., 2006]. Добавка до 15–30% поврежденной гнилями древесины к основному сырью не приводит к потере качества продукции. Содержание коррозионной гнили 1 и 2 стадии в сырье до 15–20% не требует изменения технологии варки и не оказывает существенного влияния на выход и показатели механической прочности сульфатной целлюлозы. При этом необходима дифференцированная оценка в допуске разных типов гнилей [Левдикова, 1973; Скиба и др., 1976]. Исследованию химического состава древесины, пораженной гнилями, посвящено большое количество работ, причем объектом исследования являлись

различные древесные породы, пораженные наиболее распространенными возбудителями коррозийной гнили [Молотков, 1968; Скиба и др., 1976; Ушаков и др., 1974]. Однако единой методики изучения химического состава древесины, пораженной гнилями, практически нет.

Цель исследования: изучение свойств древесины ели, пораженной стволовой гнилью различных стадий.

Материалы и методика исследования. В качестве объектов исследования использовалась здоровая и пораженная корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref) и еловой губкой (*Phellinus chrysoloma*) древесина ели. Образцы получены в ходе проведения полевых обследований в Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации. Исследуемые образцы имели тип гнили – коррозийная, вид гнили – пестрая ситовая, стадии от 1 до 4.

В лабораторных условиях были выполнены варки хвойной древесины на варочной установке CRS 420 и получены образцы целлюлозы, режим варки представлен в табл. 1. Для варок использовали щепу нормальной фракции собственного изготовления.

Таблица 1

Режим варки целлюлозы

Mode pulping

Параметры	Режим варки
Продолжительность, мин	
Пропитка при 120 °C	46
Верхняя варочная зона 157 °C	19
Нижняя варочная зона 170 °C	40
Гидро модуль варки	3
Расход активной щелочи, % ед. Na ₂ O	21,0

Варочный и отработанный щелок анализировали согласно общепринятым методикам. Определение степени делигнификации полученных образцов целлюлозы проводилось в соответствии с ГОСТ 10070–74, влажности – по ГОСТ 16932–93, содержания экстрактивных веществ – по ГОСТ 6841–77. Для анализа структурно-морфологических характеристик волокон целлюлозы использовали анализатор свойств волокна системы Fiber Tester Lorientzen & Wettre.

Результаты исследования. Технологическое сырье, используемое для ЦБП допускает различное содержание коры и гнили в зависимости от назначения целлюлозы и применяемого способа варки [Левдикова, 1973].

Результаты сульфатной варки здоровой еловой древесины и древесины, пораженной гнилью, приведены в табл. 2. Общее количество сульфатных варок составило двенадцать.

Таблица 2

Результаты сульфатной варки древесины, пораженной гнилью

The results of sulfate pulping wood affected by rot.

№ образца/стадия гнили	непровар, г	Выход сортированной массы, %	Показатели черного щелока			Показатели целлюлозы	
			содержание сухих веществ, %	рН чёрного щелока	ост. активная щелочь, г/л	Число Каппа	Содержание смол и жиров, %
1 / -	0,00	48,30	29,40	11,70	29,80	28,00	0,20
2 / 1	0,40	46,32	28,10	13,31	39,00	24,20	0,23
3 / 1	1,02	45,98	28,60	13,18	33,30	24,60	0,24
4 / 2	2,01	26,55	31,00	12,93	22,30	36,40	0,19
5 / 2	1,15	21,90	28,60	13,13	22,20	33,30	0,43
6 / 3	0,00	32,72	28,40	13,03	22,30	35,60	0,52
7 / 3	0,64	32,51	27,60	13,19	25,70	34,90	0,41
8 / 3	1,18	28,18	32,00	13,12	33,90	39,50	0,56
9 / 3	8,23	25,93	27,20	13,31	22,50	33,90	0,27
10 / 4	5,08	12,07	33,60	12,57	21,40	49,10	0,31
11 / 4	0,00	6,18	34,50	12,39	26,30	30,90	0,83
12 / 4	0,11	9,21	33,10	12,70	28,10	55,50	0,26

Приведенные результаты эксперимента позволяют сделать вывод, что в отличие от здоровой древесины на разных стадиях гниения наблюдается значительное снижение выхода целлюлозы и увеличение содержания непровара. В частности у образцов, поврежденных гнилью 1 стадии, выход целлюлозы снижается в среднем на 4,5%, при снижении числа Каппа на 14%; 2 стадии – в среднем на 50,0%, при увеличении числа Каппа на 25%;

3 стадии – в среднем на 38,0%, при увеличении числа Каппа на 29%; 4 стадии – в среднем на 81,0%, при увеличении числа Каппа на 61%. Различную избирательность процесса делигнификации для здоровой и поврежденной древесины можно объяснить процессами конденсации лигнина и разрушениями целлюлозы и гемицеллюлоз при различных стадиях повреждения древесины, а также значительным расходом активной щелочи на нейтрализацию кислых продуктов гниения.

Также следует отметить увеличение содержания экстрактивных веществ в целлюлозе, полученной из поврежденной древесины. Максимальные значения имеют образцы, полученные при достижении 3 и 4 стадий гнили.

Полученные данные показывают нецелесообразность использования древесины, поврежденной гнилью выше 1 стадии, в производстве целлюлозы.

Структурно-размерные характеристики полученных образцов целлюлозы отличаются в значительной степени, данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Структурно-морфологические характеристики волокон
сульфатной целлюлозы из неликвидной древесины**

**Structural and morphological characteristics of sulfate cellulose fibers
from illiquid wood**

№/ста- дия гнили	Средняя длина, мм	Средняя ширина, мкм	Средний фактор формы, %	Сред- ний угол излома	Число изло- мов на волокно	Сред- ний индекс излома	Средняя длина сегмента, мм	Содер- жание мелочи, %
1/-	2,56	33,1	85,1	55,0	0,859	1,154	1,775	4,5
2/1	2,01	29,3	82,0	60,0	1,196	1,961	1,203	3,7
3/1	1,97	30,3	80,4	62,2	1,231	2,267	1,134	3,3
4/2	1,65	29,3	77,2	63,0	1,492	3,170	0,846	4,1
5/2	1,51	29,3	74,7	63,7	1,821	3,938	0,678	3,0
6/3	1,31	26,7	80,6	63,3	1,082	2,833	0,786	5,6
7/3	0,97	27,7	84,3	58,4	0,891	2,515	0,702	7,5
8/3	1,28	31,1	80,5	60,1	1,157	2,963	0,740	9,7
9/3	1,43	30,6	81,7	58,3	1,189	2,512	0,883	10,1
10/4	1,20	28,6	79,1	62,3	1,124	2,882	0,751	8,3
11/4	0,94	28,7	76,9	63,1	1,125	3,635	0,538	10,7
12/4	1,05	24,2	78,8	64,8	1,150	3,368	0,626	7,4

Установлено, что все стадии повреждения гнилью древесины ожидаемо значительно снижают размер волокон после варки, в частности средняя длина волокон снижается на 20...60%, средняя ширина волокна на 5...20% в зависимости от стадии гнили. При этом у образцов из древесины, подверженной гниению, резко возрастает поврежденность клеточной стенки, характеризуемая числом изломов на волокно и углом излома, что также подтверждается внешним видом волокон, полученным путем микрофотографий (рис. 1).

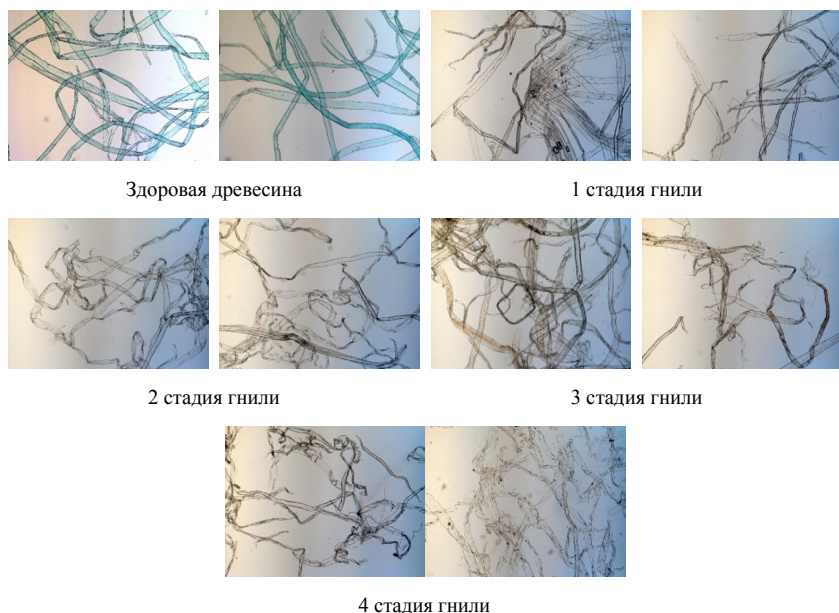


Рис. 1. Результаты микроскопического анализа целлюлозы
Fig. 1. Results of microscopic analysis of cellulose

Распределение волокон поврежденной гнилью древесины по классам длины, представленное на рис. 2, также имеет значительные отличия от здоровой древесины. Четко прослеживается зависимость снижения содержания длинных волокон и увеличения содержания мелкого волокна от степени повреждения древесины. В частности, доля длинных волокон более 3 мм 35% у здоровой древесины, 15% у поврежденной гнилью 1 стадии, 5% у поврежденной гнилью 2 стадии, 2% у поврежденной гнилью 3 стадии и 1% у поврежденной гнилью 4 стадии.

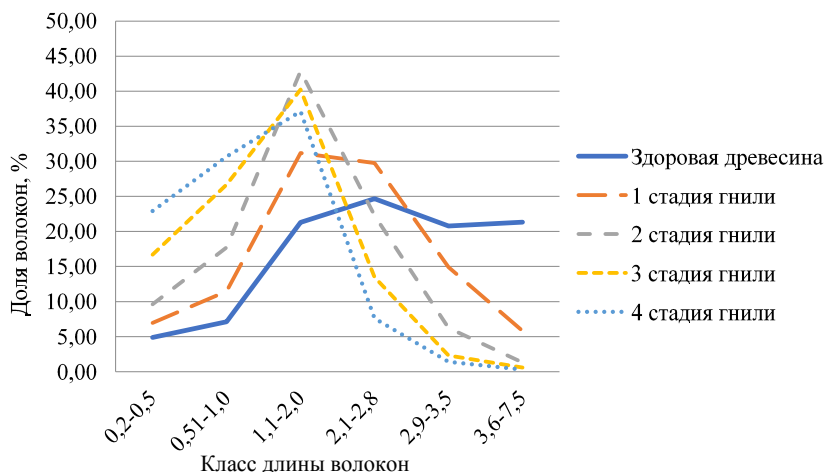


Рис. 2. Распределение волокон по классам длины

Fig. 2. Distribution of fibers by length classes

Доля же мелкого волокна менее 1 мм 9% у здоровой древесины, 14% у поврежденной гнилью 1 стадии, 20% у поврежденной гнилью 2 стадии, 33% у поврежденной гнилью 3 стадии и 42% у поврежденной гнилью 4 стадии.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что повреждение гнилью древесины обусловленное уменьшением геометрических размеров волокон и увеличением их поврежденности значительно влияет на структурно-морфологические характеристики волокон целлюлозы, что негативно отразится на деформационно-прочностных показателях целлюлозы.

Выводы. На основании полученных данных можно сделать вывод, что в производственных условиях возможно использование древесины ели, пораженной коррозийной гнилью не выше 1 стадии, без значительного снижения показателей качества полуфабриката. Границей явной гнили можно считать вторую стадию, поскольку древесина с содержанием целлюлозы менее 40% пригодна лишь для технологической переработки.

Целлюлоза, полученная из древесины ели, поврежденной гнилью 2, 3 и 4 стадий, характеризуется снижением выхода целлюлозы по сравнению со здоровой древесиной на 50–80%, увеличением числа Каппа на 25–60% и повышенным содержанием экстрактивных веществ.

Структурно-морфологические характеристики волокон целлюлозы из поврежденной древесины имеют специфические особенности, выраженные

в снижении геометрических размеров волокон и их значительной поврежденности.

Несмотря на широкий спектр исследований и большое количество публикаций, многие вопросы в отношении патогенных грибов, вызывающих основные болезни хвойных пород, остаются недостаточно изученными.

Сведения о финансировании исследования. Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства. Регистрационный номер темы: 123022800118-4. При выполнении исследований использовано оборудование инновационно-технологического центра «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова), созданного при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Василюскас А.П. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов. Вильнюс: Мокслас, 1989. 175 с.

Дрожджин Н.А., Самцов А.С., Корзенков В.И., Колос С.С. Влияние антропогенных факторов на устойчивость хвойных фитоценозов к грибным болезням // Проблемы лесоведения и лесной экологии: тез. докл. [20–23 сент. 1990 г., Минск] / СССР, Госкомлес СССР, Науч. совет ООБ АН СССР «Пробл. лесоведения», Науч. совет ОБ АН СССР «Пробл. экологии и антропог. динамики биол. систем», Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича АН БССР. Минск, 1990. Ч. 1. С. 140–144.

Жигунов А.В., Семакова Т.А., Шабунин Д.А. Массовое усыхание лесов на Северо-Западе России // Матер. науч. конф., посвящ. 50-летию Института леса Карельск. Науч. ц-ра РАН. 2007. С. 42–52.

Коптев С.В. Фаутиность северотаежных ельников // Известия высших учебных заведений // Лесной журнал. 1992. № 1. С. 9–15.

Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевская Е.Г. Болезни древесных растений: справочник (Болезни и вредители в лесах России. Т. 1.). М.: ВНИИЛМ, 2004. 120 с.

Левдикова В.Л. О химическом составе древесины, пораженной гнилью // Химия и химическая технология древесины. 1973. Вып. 1. С. 28–34.

Молотков Л.К. Изменение химического состава осиновой древесины при гниении // Химич. перераб. древесины: реферат. информ. ВНИПИЭИлеспром. 1968. Вып. 11. С. 10.

Мошкалев А.Г., Книзе А.А., Ксенофонтов Н.И. Таксация товарной структуры древостоев. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 158 с.

Неволин О.А., Гриницын А.Н., Торхов С.В. О распаде и гибели высоковозрастных ельников в Березниковском лесхозе Архангельской области // Лесной журнал. 2005. № 6. С. 7–22.

Писаренко А.И., Страхов В.В. Бореальные леса и лесное хозяйство. М., 2012. С. 489–509.

Скиба Л.П., Чупрова Н.А. О химическом составе здоровой и фаутной древесины хвойных пород // Химия и химическая технология древесины. 1976. Вып. 4. С. 27–33.

Стороженко В.Г. Грибные дереворазрушающие комплексы в генезисе еловых биогеоценозов: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М.: Институт лесоведения РАН, 1994. 43 с.

Стороженко В.Г. Особенности гнилевого поражения ельников различного происхождения // ИВУЗ. Лесной журнал. 1992. № 3. С. 113–116.

Стороженко В.Г. Особенности поражения ельников различного происхождения дереворазрушающими грибами // Достижения науки и передового опыта защиты леса от вредителей и болезней: тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф., 24–26 ноября 1987 г. Пушкино; М.: ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства, 1987. С. 187–188.

Татаринцев А.И. Стволовая гниль в антропогенно нарушенных сосняках Красноярского Приангарья // Хвойные бореальной зоны. 2016. № 5. С. 259–265.

Ушаков И.И., Голикова Т.Г. Исследование пригодности пораженной гнилью древесины лиственницы для производства сульфатной целлюлозы // Целлюлоза, бумага, картон: экспрессинформ. 1974. Вып. 27. С. 11–12

Федоров Н.И. Основные факторы региональных массовых усыханий ели в лесах Восточной Европы // Грибные сообщества лесных экосистем. М.; Петрозаводск, Карел. НЦ РАН, 2000. С. 252–291.

Цветков В.Ф., Цветков И.В. К проблеме усыхания еловых лесов в Архангельской области // Усыхающие ельники Архангельской области, проблемы и пути их решения. Департамент лесного комплекса. Архангельск, 2007. С. 20–30.

Чупров Н.П. К проблеме усыхания ельников в лесах европейского севера России // Лесное хозяйство. 2008. № 1. С. 24–26.

Angelstam P., Kuuluvainen T. Boreal forests disturbance regimes, successional dynamics and landscape structures – a European // Ecological Bulletins. 1994. 51. P. 117–136.

Bjorkman E., Forssblad L. Malm E. The use of decayed wood from some conifers and broadleaf trees for chemical pulping purposes // Studia forestalia suecica. 1964. No. 20. P. 2–68.

Karlsson H. Fiber Guide. Fiber analysis and process applications in the pulp and paper industry. AB Lorentzen&Werrte, 2006. 120 p.

Rayner A.D.M., Boddy L. Fungal Decomposition of Wood: Its Biology and Ecology. Wiley. 1988. 587 p.

Sorensen O., Bjelkasen T., Ivantsov S. Examples of the internal stand structures (α-diversity in) old growth forest in the Yula river basin – Archangelsk region // Forest Journal. 2013. No. 2. P. 98–107.

Wallenius T. Forest age distribution and traces of past fires in a natural boreal landscape dominated by *Picea abies* // Silva Fennica. 2002. 36 (1). P. 201–211.

Yaroshenko A.Y., Potapov P.V., Turubanova S.A. The last intact forest landscapes in northern European Russia. M.: Greenpeace Russia and the Global Forest Watch, 2001. 75 p.

References

Angelstam P., Kuuluvainen T. Modes of disturbance of boreal forests, succession dynamics and landscape structures – European. *Ecological Bulletins*, 1994, 51, pp. 117–136.

Bjorkman E., Forssblad L., Malm E. The use of rotten wood of some coniferous and broad-leaved trees for chemical cooking of cellulose. *Studia forestalia suecica*, 1964, no. 20. p. 2–68.

Chuprov N.P. On the problem of drying of spruce forests in the forests of the European north of Russia. *Forestry*, 2008, no. 1, pp. 24–26. (In Russ.)

Drozhzhin N.A., Samtsov A.S., Korzenok V.I., Kolos S.S. The influence of anthropogenic factors on the resistance of coniferous phytocenoses to fungal diseases. *Problems of forestry and forest ecology: tez. dokl. [20–23 Sep. 1990, Minsk] / USSR, State Committee of the USSR, Scientific. Council of the OOB of the USSR Academy of Sciences «Probl. Lesovedeniya», Sci. Council of the Academy of Sciences of the USSR «Probl. ecology and anthropogenic dynamics of biol. systems», In-t experim. botany named after V.F. Kuprevich of the Academy of Sciences of the BSSR. Minsk, 1990. P. 1, pp. 140–144. (In Russ.)*

Fedorov N.I. The main factors of regional mass drying of spruce in the forests of Eastern Europe. *Mushroom communities of forest ecosystems*. M.: Petrozavodsk, Karel. NC RAS, 2000, pp. 252–291. (In Russ.)

Karlsson H. Fiber guide. Fiber analysis and technological applications in the pulp and paper industry. AB Lorentzen&Werre, 2006. 120 p.

Koptev S.V. Fauteness of North taiga spruce forests. *IVUZ. Forest magazine*, 1992, no. 1, pp. 9–15. (In Russ.)

Kuzmichev E.P., Sokolova E.S., Mozolevskaya E.G. Diseases of woody plants: handbook (Diseases and pests in the forests of Russia. Vol. 1). M.: VNIILM, 2004. 120 p. (In Russ.)

Levdikova V.L. On the chemical composition of wood affected by rot. *Chemistry and chemical technology of wood*, 1973, iss. 1, pp. 28–34. (In Russ.)

Molotov L.K. Change in the chemical composition of aspen wood during rotting. *Chemich. pererab. wood: abstract. inform. Vnipielesprom*, 1968, iss. 11, p. 10. (In Russ.)

Moshkalev A.G., Knize A.A., Ksenofontov N.I. Taxation of the commodity structure of stands. M.: Lesn. prom-st', 1982. 158 p. (In Russ.)

Nevolin O.A., Grinitsyn A.N., Torkhov S.V. On the decay and death of high-age spruce forests in the Bereznikovsky forestry of the Arkhangelsk region. *Lesnoj zhurnal*, 2005, no. 6, pp. 7–22. (In Russ.)

Pisarenko A.I., Strakhov V.V. Boreal forests and forestry of boreal forests and forests of organization Management. M., 2012, pp. 489–509. (In Russ.)

Rainer A.D.M., Boddy L. Fungal decomposition of wood: its biology and ecology. Wiley, 1988. 587 p.

Skiba L.P., Chuprova N.A. About the chemical composition of healthy and fauteous coniferous wood. *Chemistry and chemical technology of wood*, 1976, iss. 4, pp. 27–33. (In Russ.)

Sorensen O., Belkasen Yu., Ivantsov S. Examples of internal structures of a stand (species diversity in) old-age forests in the Yula River basin – Arkhangelsk region. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 2, pp. 98–107.

Storozhenko V.G. Features of rotting lesion of spruce forests of various origin. *News of higher educational institutions. Forest magazine*, 1992, no. 3, pp. 113–116. (In Russ.)

Storozhenko V.G. Features of the lesion of spruce forests of various origin by wood-destroying fungi. *Achievements of science and best practices of forest protection from pests and diseases: tez. dokl. All-Union. sci.-tech. conf.*, November 24–26, 1987 Pushkino; M.: Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry, 1987, pp. 187–188. (In Russ.)

Storozhenko V.G. Mushroom wood-destroying complexes in the genesis of spruce biogeocenoses : abstract of the dissertation of Dr. biol. nauk. M.: Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences, 1994. 43 p. (In Russ.)

Tatarintsev A.I. Stem rot in anthropogenically disturbed pine forests of the Krasnoyarsk Angara region. *Coniferous boreal zones*, 2016, no. 5, pp. 259–265. (In Russ.)

Tsvetkov V.F., Tsvetkov I.V. On the problem of drying of spruce forests in the Arkhangelsk region. *Shrinking spruce forests of the Arkhangelsk region, problems and ways to solve them*. Department of the Forest Complex. Arkhangelsk, 2007, pp. 20–30. (In Russ.)

Ushakov I.I., Golikova T.G. Study of the suitability of rot-affected larch wood for the production of sulfate cellulose. *Cellulose, paper, cardboard: expressinform*, 1974, iss. 27, pp. 11–12. (In Russ.)

Vasilyauskas A.P. Root sponge and sustainability of coniferous forest ecosystems. Vilnius: Mokslas, 1989. 175 p. (In Russ.)

Wallenius T. Distribution of forests by age and traces of past fires in the natural boreal landscape dominated by *Picea abies*. *Silva Fennica*, 2002, 36 (1), pp. 201–211.

Yaroshenko A.Yu., Potapov P.V., Turubanova S.A. The last untouched forest landscapes in the north of European Russia. M.: Greenpeace of Russia and Global Forest Watch, 2001. 75 p.

Zhigunov A.V., Semakova T.A., Shabunin D.A. Mass desiccation of forests in the North–West of Russia. *Mater. scientific. conf., dedicated. 50th anniversary of the Karels Forest Institute*. Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2007, pp. 42–52. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 28.02.2023

Коптев С.В., Васькин С.А., Севастьянова Ю.В., Поташев А.В., Медведев В.В. Свойства волокон древесины ели, пораженной гнилью // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 247. С. 264–277. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.264-277

В условиях Архангельской области преобладают хвойные леса, в первую очередь насаждения ели европейской (*Picea abies*), которые подвергаются активному хозяйственному освоению. Одной из причин снижения товарности еловых древостоев является воздействие дереворазрушающих грибов. В еловых насаждениях района исследований наиболее распространены базидиальные грибы: корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref), и еловая губка (*Phellinus chrysoloma*), вызывающие пеструю коррозионную ядровую комлевую и стволовую гнили. Болезнь приводит к потере части деловой древесины, вызывает образование бурелома и ветровала. В связи с этим представляет интерес изучение процесса гниения древесины и возможности использования поврежденной гнилью древесины в промышленных целях. В лабораторных условиях были выполнены варки образцов древесины ели, пораженной коррозионными гнилями различной степени развития. Установлено, что в производственных условиях возможно использование древесины ели, пораженной коррозионной гнилью не выше 1 стадии без значительного снижения показателей качества полуфабриката. Целлюлоза, полученная из древесины ели, поврежденной гнилью 2, 3 и 4 стадий, характеризуется более низким выходом целлюлозы по сравнению с образцом, полученным из здоровой древесины. Структурно-морфологические характеристики волокон целлюлозы из поврежденной древесины имеют специфические особенности. Многие вопросы в отношении патогенных грибов, вызывающих основные болезни хвойных пород, остаются недостаточно изученными.

Ключевые слова: еловые насаждения, дереворазрушающие грибы, сульфатная варка, волокно, целлюлоза, лигнин.

Koptev S.V., Vaskin S.A., Sevastyanova Y.V., Potashev A.V., Medvedev V.V. Properties of spruce wood fibers affected by rot. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoy Akademii*, 2024, iss. 247, pp. 264–277 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.264-277

In the conditions of the Arkhangelsk region, coniferous forests predominate, and first of all, stands of European spruce (*Picea abies*), which are undergoing active economic development. One of the main reasons for the decreasing of spruce stands

merchantable structure is the impact of wood-destroying fungi. Basidial fungi are most common in the spruce stands of the research area: root rot (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref), and spruce rot (*Phellinus chrysoloma*), causing variegated corrosive root and stem rot. The disease leads to the loss of part of the commercial wood, causes the windbreak and a windblow formation. In this regard, it is of interest to study the process of rotting wood and the possibility of using rot-damaged wood. Coniferous wood was cooked under laboratory conditions. It is established that in production conditions it is possible to use spruce wood affected by corrosive rot no higher than stage 1 without a significant decrease in the quality of the semi-finished product. Cellulose obtained from spruce wood damaged by rot of stages 2, 3 and 4 is characterized by a lower yield of cellulose compared to a sample obtained from healthy wood. The structural and morphological characteristics of cellulose fibers from damaged wood have specific features. Many questions regarding pathogenic fungi that cause the main diseases of conifers remain insufficiently studied.

Keywords: spruce stands, wood-destroying fungi, sulfate digestion, fiber, cellulose, lignin.

КОПТЕВ Сергей Викторович – заведующий кафедрой лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент. Research ID: ABD-5497-2021; ORCID: 0000-0002-5402-1953.

163000, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: s.koptev@narfu.ru

KOPTEV Sergey V. – DSc (Agriculture), docent, Head of the Department of Forestry and Forest Management, Higher School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Research ID: ABD-5497-2021; ORCID: 0000-0002-5402-1953.

163000. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: s.koptev@narfu.ru

ВАСЬКИН Сергей Александрович – научный сотрудник ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», аспирант Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Research ID: AHB-7358-2022; ORCID: 0000-0001-6160-5140.

163000, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: vaskin.s@edu.narfu.ru

VASKIN Sergey A. – researcher at the Northern Research Institute of Forestry, a postgraduate student at the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Research ID: AHB-7358-2022; ORCID: 0000-0001-6160-5140.

163000. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: vaskin.s@edu.narfu.ru

СЕВАСТЬЯНОВА Юлия Вениаминовна – директор инновационно-технологического центра «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, кандидат технических наук, доцент. ResearcherID: ABE-4746-2020; ORCID: 0000-0002-1806-9052.

163000, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: J.Sevastyanova@narfu.ru

SEVASTYANOVA Yulia V. – PhD (Technical), docent, Director of the Innovation and Technology Center «Modern Technologies for processing Biological Resources of the North» of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. ResearcherID: ABE-4746-2020; ORCID: 0000-0002-1806-9052.

163000. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: J.Sevastyanova@narfu.ru

ПОТАШЕВ Александр Викторович – научный сотрудник Инновационно-технологического центра «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, кандидат технических наук. Research ID: H-1601-2019; ORCID: H-1601-2019.

163000, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: a.potashhev@narfu.ru

POTASHEV Alexander V. – PhD (Technical), researcher at the Innovation and Technology Center «Modern Technologies for processing Biological Resources of the North» of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Research ID: H-1601-2019; ORCID: H-1601-2019.

163000. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: a.potashhev@narfu.ru

МЕДВЕДЕВ Василий Викторович – инженер Инновационно-технологического центра «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, аспирант Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. ORCID: 0000-0002-9877-5829.

163000, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, E-mail: parker2005@mail.ru

MEDVEDEV Vasiliy V. – engineer of the Innovation and Technology Center «Modern Technologies for Processing Biological Resources of the North» of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, a postgraduate student of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. ORCID: 0000-0002-9877-5829.

163000. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: parker2005@mail.ru