

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Республиканское научное дочернее унитарное предприятие
«ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»

УДК 630*443(043.3)

ВОЛЧЕНКОВА
Галина Александровна

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
ФИТОПАТОГЕННОГО БАЗИДИОМИЦЕТА
HETEROBASIDION ANNOSUM (FR.) BREF. И ОБОСНОВАНИЕ
КОНТРОЛЯ ПЕСТРОЙ СИТОВОЙ ГНИЛИ КОРНЕЙ СОСНЫ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 06.01.07 – защита растений

аг. Прилуки Минского района, 2017

Работа выполнена на кафедре лесозащиты и древесиноведения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель

Звягинцев Вячеслав Борисович,
кандидат биологических наук, доцент, за-
ведующий кафедрой лесозащиты и древе-
синоведения учреждения образования «Бе-
лорусский государственный технологиче-
ский университет»

Официальные оппоненты:

Карпук Василий Васильевич,
доктор биологических наук, доцент, про-
фессор кафедры ботаники Белорусского
государственного университета

Беломесяцева Дарья Борисовна,
кандидат биологических наук, ведущий
научный сотрудник лаборатории микологии
ГНУ «Институт экспериментальной бота-
ники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси»

Оппонирующая организация

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН
Беларуси»

Защита диссертации состоится «14» сентября 2017 г. в 10⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций К 01.53.01 при Республиканском научном дочернем унитарном предприятии «Институт защиты растений» по адресу: 223011, ул. Мира, 2, аг. Прилуки, Минская область, Минский район, Республика Беларусь, тел. +375-17-509-23-43, факс. +375-17-509-23-39, e-mail: belizr@tut.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РУП «Институт защиты растений»

Автореферат разослан «26» июля 2017 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ярчаковская С. И.

ВВЕДЕНИЕ

В структуре лесного фонда Беларуси преобладает формация хвойных лесов, образованная сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Она занимает площадь 4478,2 тыс. га, что составляет 50,3% покрытых лесом земель страны. Антропогенная трансформация лесных биогеоценозов на фоне резких климатических изменений и увеличения интенсивности и частоты экстремальных погодных явлений оказывают мощное негативное воздействие на состояние сосновых насаждений. В ослабленных древостоях активизируются патогенные организмы, среди которых наибольшую распространенность и вредоносность имеют возбудители пестрой ситовой гнили корней – грибы из рода *Heterobasidion* (корневая губка). В Беларуси более 70% общей площади очагов болезней и вредителей приходится на сосновые леса, пораженные корневой губкой. Возникает необходимость выявления причин повышения вредоносности корневой гнили на основе изучения экологических особенностей возбудителя в трансформированных хозяйственной деятельностью насаждениях и определения эффективности применяемых защитных мероприятий с целью обоснования путей их совершенствования.

Многие исследователи в комплексе мероприятий по снижению ущерба, причиняемого корневой гнилью, подчеркивают важность профилактики болезни в эксплуатационных лесах с использованием биологического метода (O. Holdenrieder, B. J. W. Greig, 1998; F. O. Asiegbu, 2005). Он заключается в направленной биоутилизации пней, как основного субстрата для развития патогена, путем их обработки препаратами на основе гриба-антагониста *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. Биологический метод широко используется для ограничения распространенности и вредоносности корневых гнилей в хвойных насаждениях Западной Европы и показывает высокую эффективность (K. Korhonen, 2003; K. Kenigsvalde et al., 2015). Актуальной задачей для Беларуси является отбор местных изолятов *Ph. gigantea*, изучение их биологических свойств и скрининг высокоактивных штаммов с целью дальнейшей разработки отечественного биопрепарата на их основе.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Диссертационная работа выполнена в 2010–2016 гг. на кафедре лесозащиты и древесиноведения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» в рамках задания 4.1 «Разработать и внедрить рекомендации по ограничению вредоносности корневой губки в сосновых лесных культурах и повышению их устойчивости и продуктивности» государственной научно-технической программы «Леса Беларуси – продуктивность, устойчивость, эффективное использование» (2011–2014 гг.), № госрегистрации 20120607; научно-исследовательской работы ГБ 5-11 «Научное обоснование системы мероприя-

тий по повышению устойчивости и защите хвойных насаждений от вредоносных организмов» (2011–2015 гг.); научно-исследовательской работы ФФ 14-416 «Генотипическая обусловленность патогенеза в пораженных хетеробазидиозом сосновых насаждениях» (при поддержке БРФФИ, договор № Б14М-076 от 23.05.2014 г., 2014–2016 гг.), № госрегистрации 20143080; задания 62 «Разработать и внедрить технологию получения препарата на основе базидиомицета *Phlebiopsis gigantea* для защиты насаждений хвойных пород от корневых гнилей» подпрограммы 1 «Инновационные биотехнологии – 2020» Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2016–2020 гг. (раздел «Микробные биотехнологии»), № госрегистрации 20170049.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – изучить встречаемость, вредоносность и особенности патогенеза пестрой ситовой гнили корней сосны обыкновенной в насаждениях Беларуси и обосновать пути совершенствования лесозащитных мероприятий.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- установить встречаемость и вредоносность пестрой ситовой гнили корней в лесах сосновой формации, уточнить видовое разнообразие грибов рода *Heterobasidion*, формирующих куртинное усыхание сосны;

- изучить биоэкологические особенности гриба *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. и выявить факторы, благоприятствующие повышению вредоносности фитопатогена в сосновых насаждениях;

- исследовать структуру локальных популяций гриба *H. annosum* в куртинах усыхания сосны и установить закономерности возникновения и роста очагов пестрой ситовой гнили корней;

- оценить эффективность лесозащитных мероприятий в очагах пестрой ситовой гнили корней сосны и определить направления их совершенствования;

- выделить из природных мест обитания изоляты антагониста корневой губки, гриба *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich, изучить их антагонистические свойства и провести скрининг штаммов, перспективных для разработки биологического препарата, эффективного в ограничении вредоносности пестрой ситовой гнили корней сосны.

Объект исследования – фитопатогенный базидиомицет *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.

Предмет исследования – встречаемость, вредоносность и особенности патогенеза пестрой ситовой гнили корней сосны, обоснование биологического контроля заболевания.

Научная новизна. Установлена встречаемость и вредоносность пестрой ситовой гнили корней сосны при современном уровне лесохозяйственной деятельности в лесах сосновой формации, что позволило провести ранжирование лесокультурных площадей по угрозе поражения насаждений корневой губкой. Выявлена пространственная структура локальных популяций фитопатогенного бази-

диомицета *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. в пораженных насаждениях. Установлено, что формирование возникающего очага усыхания сосны происходит с участием одной особи *H. annosum*, отличающейся высокой патогенностью и дереворазрушающей активностью. Выявлена низкая эффективность применяемых в Беларуси лесоводственных и санитарно-оздоровительных мероприятий в ограничении развития корневой гнили в сосняках. Впервые в республике отобраны местные штаммы гриба-антагониста корневой губки *Phlebiopsis gigantea*, которые по показателям скорости линейного роста, интенсивности спорообразования и антагонистической активности не уступают штаммам, используемым при производстве зарубежных биопрепаратов для биологической защиты хвойных насаждений от корневых гнилей (финского Rotstop и польского PG-Poszwald).

Положения, выносимые на защиту:

1. Очаги пестрой ситовой гнили корней встречаются на 5,2% площади сосновых лесов Беларуси. Высокая встречаемость болезни отмечена в Березинско-Предполесском (7,8%), Полесско-Приднепровском (7,1%) и Неманско-Предполесском (6,0%) лесорастительных районах. Очаговое поражение пестрой ситовой гнилью корней сосны в условиях Беларуси вызывает гриб *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Величина ежегодного ущерба, вызванного поражением сосновых насаждений корневой губкой, колеблется от 65,78 до 2973,51 бел. руб./га в зависимости от степени зараженности и лесорастительных условий и в целом по республике составляет 21,8 млн бел. руб. (в ценах на 01.10.2016). Повышение вредоносности *H. annosum* характеризуется массовым куртинным усыханием сосны в считавшихся ранее устойчивыми насаждениях естественного происхождения, где формируется от 15,0 до 40,7% очагов корневой гнили, и увеличением встречаемости болезни в насаждениях IV класса возраста.

2. Инфекционный процесс в локальном очаге усыхания сосны инициируется одной особью *H. annosum*, патогенность и дереворазрушающая активность изолятов которой выше на 35,7 и 33,6% соответственно, чем у особей, проникающих в уже сформированный очаг. Иницирующие особи формируют возникающие очаги, колонизируя $18,0 \pm 11,0$ корневых систем деревьев и охватывая площадь $67,7 \pm 23,9$ м². По мере проведения рубок древесный субстрат в очаге усыхания колонизируется другими, менее патогенными особями *H. annosum*, которые охватывают $2,3 \pm 1,2$ корневых систем, занимая существенно меньшую площадь ($10,7 \pm 4,3$ м²).

3. Штаммы *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich PG 10.8.3 и PG 10.10.2 обладают высокими скоростью линейного роста (7,6 и 8,2 мм/сут. соответственно), интенсивностью спорообразования (40,6 и 40,1 млн спор/см² питательной среды), антагонистической активностью на агаризованной питательной среде (ширина зоны нарастания антагониста на колонии патогена – 14,6 и 9,1 мм, скорость нарастания – 0,9 и 0,4 мм/сут.), способностью быстро разрушать древесину сосны (на 44,7 и 36,6% за 90 суток) и колонизировать свежие поверхности пней сосны после

проведения рубок (74,4 и 82,1% соответственно), что позволяет использовать их для разработки биологического препарата для ограничения вредоносности корневой губки в сосновых насаждениях.

Личный вклад соискателя. Автором лично сформулированы цель и задачи исследований, выполнены подбор методик, сбор полевых материалов, проведены лабораторные исследования, обобщены и проанализированы полученные экспериментальные материалы, написана рукопись диссертации, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту. База данных сосновых насаждений Республики Беларусь, пораженных корневой губкой, составлена совместно с сотрудниками ГУ «Беллесозащита» и проанализирована лично автором. Идентификация видовой принадлежности изолятов корневой губки молекулярно-генетическими методами проведена в лаборатории генетики и биотехнологии ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» под руководством научного сотрудника С. В. Пантелева, за что автор выражает ему искреннюю благодарность. Соавторами публикаций [1, 2, 4, 7, 8, 11–15, 17, 18, 20–28] оказана помощь в сборе полевого материала, методическая помощь в проведении лабораторных экспериментов, формулировке выводов. При подготовке работ [5, 6, 9, 10, 16, 29] соискатель участвовал в сборе полевого материала и его анализе. Материалы публикаций [3, 19, 30] подготовлены и опубликованы без соавторов.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационных исследований доложены и обсуждены на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, сотрудников и аспирантов БГТУ (Минск, 2011–2016 гг.), XI Международной конференции молодых ученых «Леса Евразии – Брянский лес» (Брянск, 2011 г.), Международной конференции «Молодежь в науке – 2012» (Минск, 2012 г.), XII Международной конференции молодых ученых «Леса Евразии – Белорусское Поозерье» (Браслав, 2012 г.), Третьем Съезде микологов России (Москва, 2012 г.), VIII Международной конференции «Проблемы лесной фитопатологии и микологии» (Ульяновск, 2012 г.), Международной конференции «Актуальные проблемы ботаники и экологии» (Щёлкино, 2013 г.), IV Международной научной конференции «Мониторинг и оценка состояния растительного мира» (Браслав, 2013 г.), Международной научной конференции «Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2013 г.), Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития» (Гомель, 2013 г.), V Международном симпозиуме РКСД «Строение, свойства и качество древесины – 2014» (Москва, 2014 г.), Всероссийской научной конференции с международным участием «Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии» (Иркутск, 2015 г.), IX Международной конференции «Проблемы лесной фитопатологии и микологии» (Минск, 2015 г.), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения» (Красноярск, 2016 г.).

Опубликованность результатов диссертации. По результатам исследований опубликовано 30 научных работ объемом 9,3 авторского листа, из них 9 статей – в научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь, объемом 5,0 авторского листа (в том числе 1 статья объемом 0,4 авторского листа – лично автором), 1 статья объемом 1,3 авторского листа – в других изданиях, и 20 работ объемом 3,0 авторского листа – в сборниках материалов и тезисов докладов конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, основной части, включающей пять глав, заключения, библиографического списка (282 наименований, в том числе 138 на иностранных языках) и 9 приложений. Объем диссертации составляет 203 страницы, работа включает 24 таблицы и 32 рисунка. Приложения занимают 55 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ литературных источников

Проблему корневых гнилей хвойных пород, наиболее опасными возбудителями которых являются патогенные грибы рода *Heterobasidion*, исследовали многие ученые-фитопатологи на протяжении последних двух столетий. Отечественная и зарубежная библиография насчитывает более двух тысяч научных работ, посвященных таксономии, биологии, встречаемости возбудителей пестрой ситовой гнили корней и методам ограничения их вредоносности. Данные вопросы широко освещены в работах С. Ф. Негруцкого (1973), И. А. Алексеева (1974), С. В. Шевченко (1974), М. В. Давиденко (1986), В. Г. Стороженко (1983), А. П. Василюскаса (1989), Ю. Ф. Арефьева (2005), И. Н. Павлова (2008, 2012), Б. П. Чуракова (2013), K. Korhonen (1978, 2004), J. Stenlid (1985, 1998), M. Garbelotto (1999, 2010, 2013), P. Gontheir (2003, 2012), P. Łakomy (2003, 2007), F. O. Asiegbu (2005), R. Vasaitis (2008), Z. Sierota (2001, 2015) и др. Значительный вклад в изучение распространенности и биоэкологических особенностей корневой губки на территории Беларуси внесли Н. И. Федоров (1970, 1984), И. Т. Ермак (1971), Г. С. Снигерев (1977), Ю. М. Полещук (1987, 1991), Ю. Л. Смоляк (1987), Е. С. Раптунович (1990), Н. Г. Дишук (1990) и др. Обзор литературы позволил выявить, что в антропогенно трансформированных лесах эффективным является биологический метод профилактики и ограничения вредоносности корневой губки, который широко используется при ведении лесного хозяйства в хвойных насаждениях Западной Европы и Северной Америки (K. Korhonen, 2001; E. Pratt, 2000; H. Sun, 2011; K. Kenigsvalde et al., 2015). В качестве основы применяемых биологических препаратов используется гриб *Phlebiopsis gigantea*, который является конкурентом *H. annosum* на древесине порубочных остатков и способствует ограничению его распространения.

Анализ литературных источников показал, что, несмотря на широкую изученность, проблема корневой губки по-прежнему остается крайне актуальной.

Отсутствуют современные данные о встречаемости болезни в сосновых лесах Беларуси и ее связи с лесоводственно-таксационными показателями пораженных насаждений, нет сведений об ущербе, причиненном лесному хозяйству страны. Существуют различные и достаточно противоречивые представления о патогенезе пестрой ситовой гнили корней в сосновых насаждениях, не изучена структура локальных популяций возбудителя болезни, а также роль отдельных особей патогена в развитии инфекционного процесса.

Материалы и методы исследования

Сведения о встречаемости пестрой ситовой гнили корней в сосновых лесах Беларуси получены в результате анализа полной базы данных очагов болезни, составленной по результатам лесопатологического мониторинга лесного фонда и включающей сведения о 22 194 выделах. Видовую принадлежность возбудителя корневой гнили сосны определяли на основе морфологических характеристик плодовых тел гриба и симптомов поражения насаждений и подтверждали при помощи методов молекулярно-генетического анализа (В. Е. Падутов и др., 2007).

Для изучения биологических особенностей *H. annosum* и *Ph. gigantea* из отобранных в природе образцов плодовых тел и древесины были выделены чистые культуры грибов (103 и 46 изолятов соответственно) согласно общепринятым методам (В. И. Билай, 1982).

Структуру локальных популяций *H. annosum* изучали в шести действующих очагах усыхания в чистых сосновых лесных культурах различного возраста. Генетическую разнородность изолятов определяли на основе анализа вегетативной несовместимости с использованием метода встречных культур (J. Stenlid, 1985).

Основные физико-механические свойства древесины патологического отпада сосны были определены по действующим стандартам на 598 образцах древесины с применением испытательной машины MTS Insight 100, обработка данных выполнена в программе TestWorks 4. Потери сортности и стоимости древесины устанавливали на 5 опытных участках на основе раскряжевки и анализа 18 модельных деревьев. Расчет экономического ущерба, причиняемого корневой губкой, проводили с использованием принятых в лесном хозяйстве формул (М. М. Санкович, 2012), усовершенствованных нами с учетом специфики поражения насаждений корневой губкой.

Скрининг активного штамма *Ph. gigantea*, перспективного для разработки биологического препарата, проводили с применением общеизвестных методик (Ю. М. Полещук, 1997; В. Б. Звягинцев, 2003). Эффективность колонизации древесины сосны штаммами *Ph. gigantea* в природных условиях изучали на 1279 пнях. Обработку пней суспензией оидиоспор антагониста в концентрации рабочего раствора 10^7 спор/л проводили при помощи ручного ранцевого опрыскивателя. Суспензию получали путем смыва спор с чистых культур гриба, выра-

щенных в чашках Петри на агаризованной питательной среде (мальтэкстрактагар MEА А5789, 0500 производства AppliChem).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили на 5%-ном уровне значимости по методике Б. А. Доспехова (1985) с использованием Microsoft Excel.

Встречаемость и вредоносность пестрой ситовой гнили корней сосны в лесах Беларуси

Распространенность пестрой ситовой гнили корней в сосновых насаждениях Беларуси на протяжении последних 18 лет продолжает оставаться достаточно высокой: площадь очагов ежегодно составляет от 114 до 152 тыс. га, несмотря на постоянное увеличение объема проводимых лесозащитных мероприятий. В 2016 г. сосняки, пораженные корневой губкой, выявлены на площади 133,0 тыс. га, что составило 82,3% очагов всех вредителей и болезней в лесах страны.

Встречаемость очагов пестрой ситовой гнили корней в сосновых насаждениях страны возрастает при продвижении с севера на юг и достигает наибольшего значения в лесах центральной и южной частей республики: Березинско-Предполесском (поражено 7,8% площади сосновых лесов района), Полесско-Приднепровском (7,1%) и Неманско-Предполесском (6,0%) лесорастительных районах (рисунок 1).

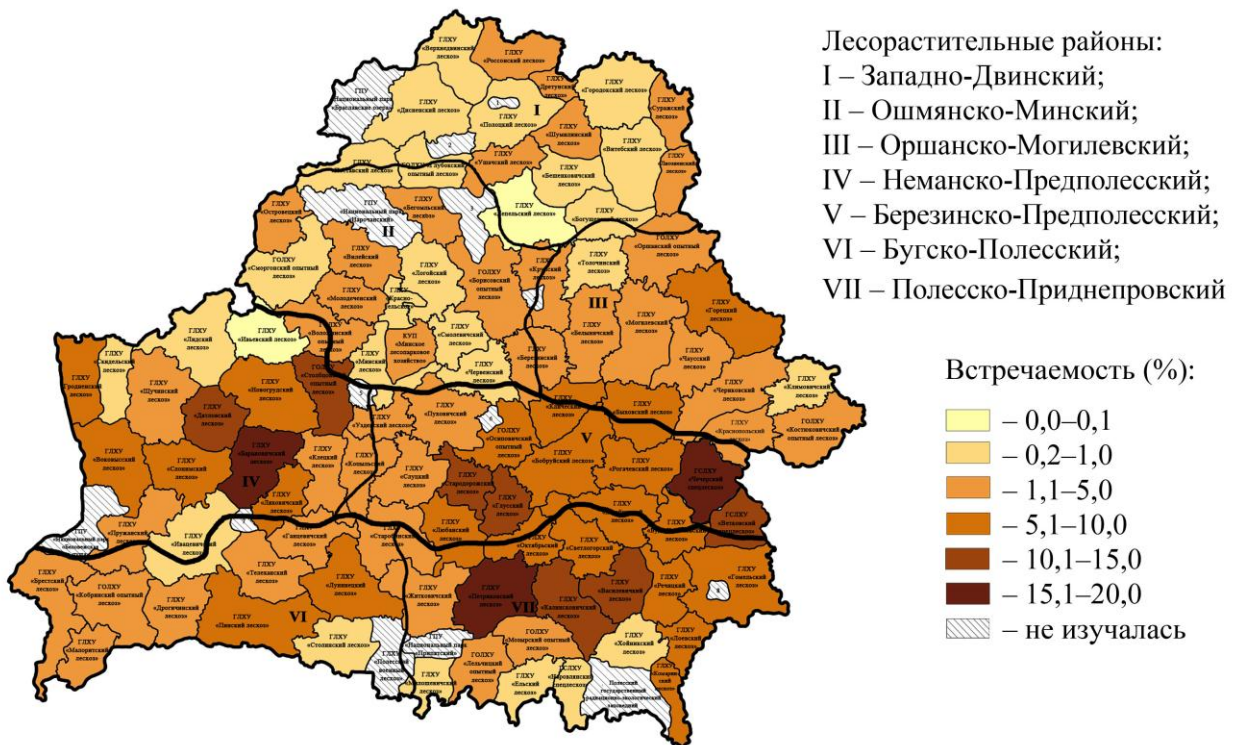


Рисунок 1. – Карта встречаемости очагов корневой губки в сосновых насаждениях Беларуси (по результатам лесопатологического мониторинга, 2011–2012 гг.)

Максимальная встречаемость очагов корневой губки характерна для лесов Петриковского (поражено 18,8% сосняков лесхоза), Барановичского (16,7%), Чечерского (15,4%) лесхозов. Сосняки Западно-Двинского и Ошмянско-Минского лесорастительных районов более устойчивы к поражению пестрой ситовой гнилью корней – встречаемость очагов болезни составляет 1,5 и 1,7% соответственно.

В общей структуре пораженных площадей 81,4% очагов – действующие, 15,2% – затухающие и 3,4% – возникающие. При этом преобладает (80,5%) слабая (в соответствии с ТКП 224-2009) степень зараженности, среднюю степень зараженности имеют 18,0% очагов, сильную – 1,5%.

С помощью молекулярно-генетических методов идентификации (ПДРФ-анализ) было установлено, что все изоляты, отобранные из очагов усыхания сосны, относятся к виду *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Это позволило уточнить морфологические признаки плодовых тел гриба и симптомы развития болезни и установить, что массовое куртинное усыхание сосны в условиях Беларуси вызывает только один из двух представленных в Беларуси видов – *H. annosum*.

Вредоносность пестрой ситовой гнили корней сосны проявляется прежде всего в снижении продуктивности насаждений, вызванном уменьшением прироста пораженных деревьев, появлением пустующих площадей в виде прогалин (окон) из-за куртинного усыхания древостоя, сокращением выхода ценной крупной древесины к возрасту спелости. Наибольшее значение имеет снижение качества древесины патологического отпада (сухостойных деревьев и валежа), который накапливается при формировании очагов пестрой ситовой гнили корней сосны (А. П. Василюкас, 1989). По мере его биодеструкции происходят изменения физико-механических и эксплуатационных свойств древесины (таблица 1).

Таблица 1. – Физико-механические свойства древесины деревьев сосны обыкновенной разного состояния в очагах пестрой ситовой гнили корней (филиал УО БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз», 2012 г.)

Состояние деревьев (давность усыхания)	Плотность ρ_{12} , кг/м ³		Торцевая статическая твердость, Н/мм ²		Прочность на сжатие вдоль волокон, МПа	
	фактическая $\bar{x} \pm t_{05}S_{\bar{x}}$	отклонение от здоровой древесины, ± %	фактическая $\bar{x} \pm t_{05}S_{\bar{x}}$	отклонение от здоровой древесины, ± %	фактическая $\bar{x} \pm t_{05}S_{\bar{x}}$	отклонение от здоровой древесины, ± %
Без признаков ослабления	465,9 ± 21,1	0,0	34,2 ± 1,5	0,0	41,8 ± 2,6	0,0
Старый сухостой (1 год)	417,8 ± 11,9	-10,3	33,4 ± 1,8	-2,3	38,1 ± 2,1	-8,8
Старый сухостой (2 года)	411,8 ± 18,8	-11,6	34,5 ± 2,8	+0,9	35,7 ± 3,0	-14,6
Старый сухостой (3 года)	408,9 ± 12,4	-12,2	32,8 ± 2,2	-4,1	33,3 ± 2,1	-20,3
Старый сухостой (4 года)	378,6 ± 7,0	-18,7	31,2 ± 1,2	-8,8	33,1 ± 1,5	-20,8
Старый сухостой (5 лет)	360,8 ± 13,7	-22,6	29,5 ± 2,1	-13,7	25,8 ± 2,8	-38,3
Валеж (2 года)	337,9 ± 12,3	-27,5	22,6 ± 2,1	-33,9	23,6 ± 2,1	-43,5

Плотность древесины статистически достоверно снижается уже через один год после усыхания дерева, в то время как прочность – через 2 года, торцевая твердость – через 4 года ($p < 0,05$).

Установлено, что после усыхания деревьев сосны происходят существенные изменения качества их древесины вследствие развития пороков, таких как грибные окраски, заболонные гнили, червоточины и трещины от усушки. При этом наблюдается явная закономерность снижения выхода сортовых лесоматериалов с увеличением срока давности усыхания (рисунок 2). Уже через 1 год после усыхания дерева отсутствует древесина I сорта, снижается доля выхода древесины II сорта (на 40,9% по сравнению с древесиной живых деревьев), резко возрастает выход древесины III сорта (81,5% сортиментов), а также появляется несортная древесина (14,8%). Через 4 года после усыхания дерева происходит полная потеря деловых сортиментов.

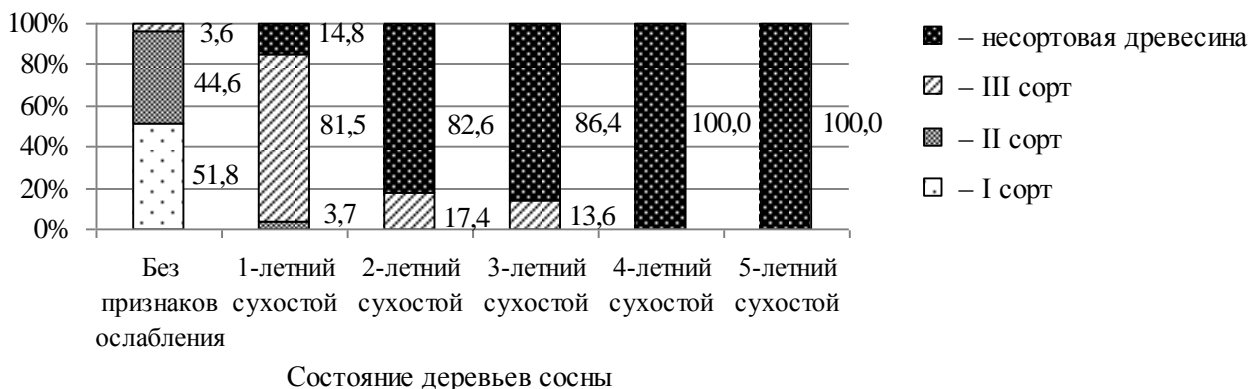


Рисунок 2. – Дифференциация по сортам древесины патологического отпада сосны обыкновенной различной давности усыхания в очагах корневой губки (филиал УО БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз», 2012 г.)

В результате снижения качества древесины происходит уменьшение ее стоимости. Рассчитано, что через один год после усыхания стоимость древесины патологического отпада снижается в среднем на 20,6%, через 2 года – на 69,2%, через 3 года – на 75,0%. При этом наиболее интенсивно процесс снижения стоимости древесины наблюдается при усыхании деревьев в возрасте до 50 лет. Более крупные деревья старшего возраста медленнее теряют качество сортиментов, что отчасти обусловлено увеличением в процессе роста объема более стойкой к биодеструкции ядровой древесины.

Наибольший экономический ущерб пестрая ситовая гниль корней причиняет в сосняках Полесско-Приднепровского и Неманско-Предполесского лесорастительных районов. Потери при сильной степени зараженности составляют 2,2 и 2,5 тыс. руб./га в год соответственно. В целом по республике ежегодный ущерб, причиняемый корневой губкой сосновым насаждениям, достигает 21 831,6 тыс. руб. (в ценах на 01.10.2016) или 11,3 млн долл. США (по курсу НБ РБ).

Биоэкологические особенности развития *Heterobasidion annosum* в сосновых лесах Беларуси

Было выявлено, что пестрая ситовая гниль корней достаточно часто поражает не только лесные культуры, но и сосняки естественного происхождения, считавшиеся ранее устойчивыми в условиях Беларуси (Н. И. Федоров, 1984; Ю. М. Полещук, 1991). От 15,0 до 40,7% очагов болезни образуется в насаждениях, сформированных естественным путем (таблица 2).

Таблица 2. – Площадь очагов корневой губки в сосновых насаждениях естественного происхождения (по результатам лесопатологического мониторинга, 2011–2012 гг.)

Государственное производственное лесохозяйственное объединение	Общая площадь очагов, га	В том числе в насаждениях естественного происхождения	
		га	%
Брестское	17 748,8	6 978,6	39,3
Гомельское	39 973,7	16 284,6	40,7
Гродненское	18 294,1	2 744,7	15,0

Установлено, что не зависимо от происхождения насаждений большая встречаемость болезни наблюдается в сосновых леса III класса возраста. В различных лесорастительных районах поражено от 1,9 до 7,9% средневозрастных сосняков, а в целом по стране – 6,2%. В некоторых лесохозяйственных учреждениях наблюдается необычно высокая встречаемость пестрой ситовой гнили корней в приспевающих (IV класс возраста) насаждениях (13,6 и 13,3% в Быховском и Глусском лесхозах соответственно), которая в целом по Минлесхозу составляет 2,7%. Исследования, проведенные на территории Беларуси Н. И. Федоровым (1984) в 80-е годы прошлого столетия, показали, что наибольшие площади очагов фиксировались в сосняках I–II классов возраста. Очевидно, что за прошедшие 30 лет эти молодняки перешли в разряд средневозрастных насаждений, сохранив низкую устойчивость к болезни.

Среди представленных в лесном фонде Беларуси типов леса доля пораженных древостоев преобладает в сосняках орляковых (*Pinetum pteridiosum*) (5,8%) и мшистых (*Pinetum pleuroziosum*) (4,8%). При этом встречаемость болезни неоднородна по лесохозяйственным учреждениям и лесорастительным районам: в Неманско-Предполесском, Березинско-Предполесском и Бугско-Полесском она выше в сосняках орляковых, в то время как в остальных – в сосняках мшистых. Устойчивыми к пестрой ситовой гнили корней являются сосняки черничные (*Pinetum myrtillosum*): несмотря на широкую распространенность данного типа леса на территории республики (530 443,9 га), поражено только 0,3% его общей площади.

По мере роста почвенного плодородия (в соответствии с эдафической шкалой П. С. Погребняка, 1968), а также при изменении гидротопы в сторону увеличения или уменьшения влажности относительно свежих условий местопроизрастания встречаемость очагов пестрой ситовой гнили корней снижается (рисунок 3).

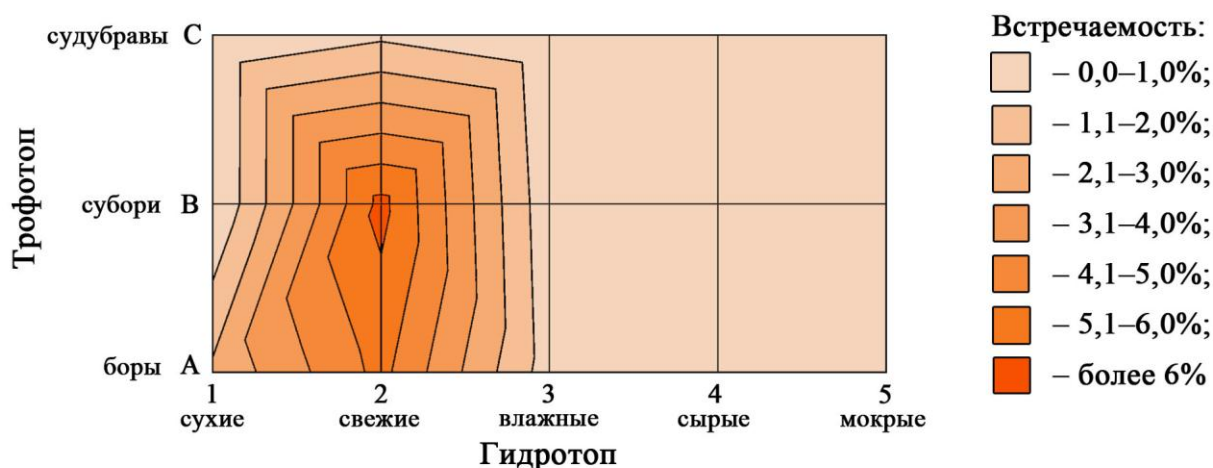


Рисунок 3. – Встречаемость очагов пестрой ситовой гнили корней сосны в различных условиях местопроизрастания насаждений (по результатам лесопатологического мониторинга, 2011–2012 гг.)

На основе анализа базы данных очагов пестрой ситовой гнили корней сосны выделено 8 степеней угрозы поражения корневой губкой создаваемых сосновых насаждений (угроза поражения отсутствует, очень низкая, низкая, ниже средней, средняя, высокая, очень высокая, наивысшая). Наивысшая и очень высокая угроза поражения существует при создании лесных культур на вырубках после сплошных санитарных рубок в очагах болезни во всех типах условий местопроизрастания. В сырых и мокрых условиях местопроизрастания угроза поражения корневой губкой отсутствует, та как очаговое поражение сосны не формируется.

Изучение пространственной структуры локальных популяций *H. annosum* в куртинах усыхания сосны позволило установить, что в крупных действующих и затухающих очагах корневой губки в процессе усыхания деревьев участвуют несколько групп вегетативно совместимых изолятов патогена, которые охватывают различные по размерам и форме участки куртины усыхания. В возникающих или имеющих небольшие размеры очагах выявлялась только одна группа вегетативно совместимых изолятов. Известно, что у базидиальных макромицетов, образующих индивидуальный долгоживущий мицелий, границы которого можно установить молекулярными методами, выделяются индивидуумы или особи как самостоятельно существующие организмы (Ю. Т. Дьяков, 2012). Изоляты одной особи *H. annosum* вегетативно совместимы, различных особей – несовместимы (J. Stenlid, 1985; Ю. Т. Дьяков, 1995).

Изоляты особей *H. annosum*, инициирующих инфекционный процесс (инициирующие особи), обладают более высокими патогенностью и дереворазрушающей активностью по сравнению с изолятами особей, проникающих в уже сформированный очаг (вторичные особи), в среднем на 35,7 и 33,6% соответственно, ($p < 0,05$) (таблица 3). Иницирующие особи занимают площадь в среднем $67,7 \pm 23,9 \text{ м}^2$, колонизируя $18,0 \pm 11,0$ корневых систем деревьев, в то время как вторичные имеют гораздо меньшие размеры: заселяют $2,3 \pm 1,2$ корневых систем и распространяются на площади $10,7 \pm 4,3 \text{ м}^2$.

Таблица 3. – Сравнительная характеристика изолятов иницирующих и вторичных особей *Heterobasidion annosum* из локальных очагов усыхания сосны (филиал УО БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз», ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз», 2012–2014 гг.)

Показатель	Изоляты иницирующих особей	Изоляты вторичных особей
Количество колонизированных корневых систем, шт.	18,0 ± 11,0	2,3 ± 1,2
Площадь куртины усыхания, колонизированная особью, м ²	67,7 ± 23,9	10,7 ± 4,3
Дереворазрушающая активность, %	14,7 ± 0,8	11,0 ± 0,6
Патогенность, %	97,7 ± 2,1	71,8 ± 7,6

Следовательно, в формировании локального очага усыхания участвует одна особь *H. annosum*, индивидуальные свойства которой определяют успешное внедрение в насаждение и дальнейшее распространение по корневым системам деревьев. При этом большинство особей гриба обладают невысокой патогенностью, о чем свидетельствует, в том числе, достаточно редкое формирование новых куртин усыхания в пораженных насаждениях, несмотря на большое количество инфекции в воздухе (Н. И. Федоров, 1984) и почве (М. Я. Острикова и др., 2011). По мере проведения рубок в насаждении пни и корневые системы заселяются вторичными особями, которые занимают, преимущественно, центральную часть очага и завершают деструкцию мертвой древесины.

Обоснование системы мероприятий по защите сосновых насаждений от пестрой ситовой гнили корней

В результате анализа базы данных сосновых насаждений, пораженных корневой губкой, было выявлено, что с целью оздоровления сосняков в практике лесного хозяйства Беларуси используются исключительно рубки: прореживания, проходные рубки, уборка захламленности, выборочные санитарные рубки. Изучение эффективности данных мероприятий в пораженных корневой губкой сосняках было проведено путем сравнения сроков повторяемости, т. е. среднего количества лет, через которое состояние древостоя требует проведения повторной рубки (рисунок 4).

Отличия в повторяемости вышеперечисленных мероприятий зависят от интенсивности выборки живого компонента древостоя. Выборка деревьев с потенциально высокой угрозой поражения корневой губкой и уже зараженных растений позволяет предупредить появление патологического отпада в насаждении на короткий срок (1,0–3,2 года). Следовательно, проводимые рубки решают лишь вопросы частичной минимизации ущерба от очагового усыхания деревьев выборкой ликвидной древесины, не оказывая воздействия на распространение возбудителя заболевания. Наоборот, рубки вызывают появление в сосновых насаждениях значительного количества питательного субстрата для развития патогена в виде древесины пней и корневых систем.

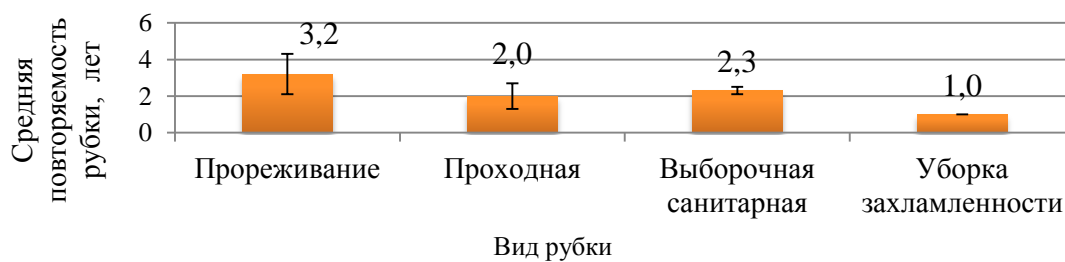


Рисунок 4. – Средняя повторяемость рубок в пораженных сосновых насаждениях

В связи с этим в комплексе мер по ограничению вредоносности корневой гнили важное место должно отводиться контролю инфекции на участках, пройденных рубками. Одним из наиболее эффективных способов сдерживания распространения патогена считается заселение свежесрубленных пней грибами-антагонистами. На основе анализа встречаемости корневой гнили в сосняках были подобраны критерии проведения обработки пней биопрепаратами при осуществлении лесохозяйственных и санитарно-оздоровительных мероприятий (таблица 4).

Таблица 4. – Лесохозяйственные и санитарно-оздоровительные мероприятия в сосновых насаждениях, требующие сопутствующей обработки пней

Вид мероприятия	Условия назначения обработки пней биопрепаратом
Уборка захламленности	При выборке не менее 20% физиологически живой древесины (свежие бурелом, ветровал, снеголом) от вырубемого запаса
Выборочные и сплошные санитарные рубки	Всегда
Прочистки, прореживания, проходные рубки	При назначении в рубку не менее 20% сосны от вырубемого запаса

Лучшие показатели в качестве агента биологической защиты были отмечены у сапротрофного дереворазрушающего гриба *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich, на основе которого разработаны и успешно применяются в странах Западной Европы препараты Rotstop (Финляндия), PG-Suspension (Великобритания).

С целью скрининга штаммов *Ph. gigantea*, перспективных для разработки отечественного биопрепарата, в лабораторных условиях были изучены свойства 46 изолятов антагониста, отобранных в различных регионах республики. Для дальнейшего тестирования в производственных условиях взяты 8 штаммов гриба, обладающих высокими показателями скорости линейного роста, интенсивности спорообразования, антагонистической активности к *H. annosum* (таблица 5).

Все тестируемые штаммы проявили способность колонизировать древесину пней сосны. Успешность инокуляции пней зависит от индивидуальных особенностей антагониста, сроков и способа обработки. Лучшую приживаемость на естественном субстрате показали штаммы PG 10.10.2 (колонизировано 76,0–92,6% пней) и PG 10.8.3 (колонизировано 55,6–84,6% пней). Данные штаммы также обладают высокой дереворазрушающей активностью (в лабораторных условиях потеря массы образцов древесины сосны составила 36,6 и 44,7% соответственно) и могут быть рекомендованы для разработки на их основе биологического препарата.

Таблица 5. – Характеристика биологических свойств штаммов *Ph. gigantea*, отобранных для тестирования в производственных условиях (лабораторные опыты, 2011–2012 гг.)

Штамм	Среднесуточная скорость линейного роста, мм/сут.	Интенсивность спорообразования, млн шт./см ²	Антагонистическая активность к <i>H. annosum</i>	
			ширина зоны нарастания, мм	скорость нарастания, мм/сут.
PG 10.6.2	8,29 ± 0,36	33,58 ± 9,99	12,11 ± 8,62	0,63 ± 0,14
PG 10.7.1	7,90 ± 0,20	61,38 ± 9,60	11,44 ± 5,87	0,74 ± 0,36
PG 10.8.3	7,58 ± 0,72	40,61 ± 7,28	14,56 ± 9,70	0,90 ± 0,58
PG 10.10.2	8,16 ± 0,27	40,12 ± 7,35	9,11 ± 1,72	0,36 ± 0,09
PG 11.3.1	8,29 ± 0,31	24,80 ± 1,54	8,44 ± 4,56	0,48 ± 0,19
PG 11.5.1	9,61 ± 0,25	6,66 ± 1,89	14,39 ± 4,90	0,84 ± 0,11
PG 11.13.1	8,16 ± 0,31	18,07 ± 4,35	13,28 ± 4,76	0,70 ± 0,41
PG 11.15.3	9,50 ± 0,36	6,16 ± 1,44	8,22 ± 2,76	0,40 ± 0,13

Наиболее результативной оказалась обработка свежих (давность рубки – не более 7 сут.) поверхностей пней с последующим прикрытием дисками спиленной древесины (85,6%), а также без прикрытия (83,6%) (таблица 6). Благодаря своей простоте, обработка свежих пней без прикрытия может быть рекомендована для применения в лесном хозяйстве.

Таблица 6. – Эффективность инокуляции древесины пней сосны штаммами *Ph. gigantea* в зависимости от способа обработки (производственные опыты, филиал УО БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз», 2011–2012 гг.)

Вариант обработки	Средняя эффективность инокуляции, %
Старые (более 7 суток) поверхности пней без прикрытия	63,1 ± 7,8
Свежие (менее 7 суток) поверхности пней без прикрытия	83,6 ± 7,4
Свежие поверхности пней, прикрытые мхом или подстилкой	75,4 ± 9,0
Свежие поверхности пней, прикрытые дисками древесины	85,6 ± 5,7

На контрольных секциях, где обработка пней не проводилась, также наблюдалось массовое образование плодовых тел *Ph. gigantea*, которое постепенно снижалось по мере удаления от опытных участков. На расстоянии 145 м число колонизированных пней составило 23,9%, а на расстоянии 196 м – 6,1%. Также изменялось и среднее покрытие поверхности пня плодовыми телами антагониста (от 50,8% возле опытного участка до 0,3% на расстоянии 196 м). Следовательно, весенние рубки с внесением *Ph. gigantea* позволяют антагонисту не только колонизировать обработанный древесный субстрат, но и способствуют его активному распространению в насаждении благодаря интенсивной споруляции быстрорастущих плодовых тел.

На основе отобранного штамма *Ph. gigantea* PG 10.8.3 осуществляется разработка технологии производства биологического препарата на базе ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлено, что площадь очагов пестрой ситовой гнили корней в сосновых лесах Беларуси составляет 5,2% площади сосняков страны. Выявлено, что встречаемость болезни возрастает при продвижении с севера на юг республики, достигая наибольшего значения в центральной и южной частях страны: в Березинско-Предполесском (поражено 7,8% сосновых лесов), Полесско-Приднепровском (7,1%) и Неманско-Предполесском (6,0%) лесорастительных районах [8, 15].

2. Выявлено, что с увеличением возраста патологического отпада сосны в очагах усыхания происходит изменение прочностных и эксплуатационных свойств древесины и качества получаемых лесоматериалов. Установлено, что спустя 3 года плотность древесины сухостоя снижается на 12,2%, твердость – на 4,1%, прочность – на 20,3% по сравнению со здоровой. Спустя год после усыхания выход сортовой древесины сокращается на 14,8%, через 2 года – на 82,6%, через 3 года – на 86,4%, через 4 года – на 100%. Соответственно снижается стоимость получаемых лесоматериалов в среднем на 20,6% из 1-летнего сухостоя, на 69,2% – из 2-летнего, на 75% – из 3-летнего [6, 18].

3. Усовершенствована формула расчета ежегодного ущерба, вызванного поражением сосновых насаждений корневой губкой, учитывающая потери стоимости лесной продукции, затраты на проведение лесозащитных и лесовосстановительных мероприятий, упущенную выгоду от снижения выхода крупной ценной древесины к рубке главного пользования [26]. Согласно проведенным расчетам, величина ежегодного ущерба колеблется от 65,78 до 2973,51 руб./га в зависимости от лесорастительного района и в целом по республике составляет 21,8 млн руб. (в ценах на 01.10.2016).

4. Выявлена связь встречаемости болезни с возрастом и типом условий местопроизрастания насаждений: наиболее часто очаги встречаются в средневозрастных сосняках (6,2%), произрастающих в орляковой (5,8%), мшистой (4,8%) и вересковой (2,6%) сериях типов леса. Доказано, что массовое куртинное усыхание сосны происходит и в считавшихся ранее устойчивыми насаждениях естественного происхождения, где формируется от 15,0 до 40,7% очагов болезни. Проведено ранжирование лесотипологических условий и лесокультурных площадей по угрозе поражения создаваемых сосновых насаждений корневой губкой, на основе которого выделено 8 степеней угрозы: от отсутствующей до наивысшей. Наивысшая и очень высокая степени угрозы поражения характерны для вырубок в очагах корневой губки во всех условиях местопроизрастания. В сырых условиях местопроизрастания (А₄) угроза поражения отсутствует [2, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 21].

5. Установлено, что в крупных действующих и затухающих очагах корневой губки в процессе усыхания деревьев участвуют несколько групп вегетативно совместимых изолятов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., которые занимают различ-

ное положение в границах куртины и охватывают неодинаковые площади, в то время как в возникающих и небольших очагах распространена одна группа вегетативно совместимых изолятов. Изучение популяционной структуры патогена в пораженных сосняках позволило заключить, что инфекционный процесс в куртине усыхания инициируется особью *H. annosum*, патогенность и дереворазрушающая активность изолятов которой соответственно выше на 35,7 и 33,6%, чем у изолятов особей, внедряющихся в уже сформированный очаг. Иницирующие особи колонизируют $18,0 \pm 11,0$ корневых систем деревьев и занимают площадь $67,7 \pm 23,9 \text{ м}^2$, в то время как другие (вторичные) особи колонизируют от $2,3 \pm 1,2$ корневых систем и распространяются на площади $10,7 \pm 4,3 \text{ м}^2$ [12, 23, 27, 30]

6. Выявлено, что основные мероприятия, проводимые в сосновых насаждениях Беларуси с целью локализации и ликвидации очагов пестрой ситовой гнили корней, имеют низкую эффективность, показателем которой является их высокая повторяемость, составляющая для прореживаний – 3,2 года, проходных рубок – 2,0 года, выборочных санитарных рубок – 2,3 года, уборки захламленности – 1,0 год [5].

7. На основании проведенных лабораторных и полевых исследований для разработки биологического препарата, эффективного в защите сосновых насаждений от корневой губки, отобраны штаммы *Ph. gigantea* PG 10.8.3 и PG 10.10.2, обладающие высокими скоростью линейного роста (7,6 и 8,2 мм/сут. соответственно), интенсивностью спорообразования (40,6 и 40,1 млн спор/см² питательной среды), антагонистической активностью (ширина зоны нарастания антагониста на колонии патогена – 14,6 и 9,1 мм, скорость нарастания – 0,9 и 0,4 мм/сут.) на агаризованной питательной среде, способностью быстро разрушать древесину сосны (на 44,7 и 36,6% за 90 сут.) и колонизировать свежие поверхности пней сосны после проведения рубок (приживаемость составляет 74,4 и 82,1% соответственно) [3, 4, 17, 25]. Применение биопрепаратов на основе *Ph. gigantea* позволяет снизить первичное заражение свежих пней спорами гриба *H. annosum*, воспрепятствовать распространению инфекции по корневым системам срубленных деревьев за счет колонизации и быстрого разложения древесины грибом-антагонистом [1, 22, 24, 28]. Использование биологического метода позволит повысить продуктивность эксплуатируемых насаждений, снизив ущерб, приносимый корневой губкой лесному хозяйству [9, 13, 16, 19, 20, 29].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. При проектировании лесных культур необходимо учитывать ранжирование лесотипологических условий и лесокультурных площадей по угрозе поражения создаваемых насаждений корневой губкой. При наивысшей и очень высокой угрозах поражения необходимо отказаться от создания лесных культур сосны обыкновенной, предпочтение следует отдавать содействию естественному возобновлению лиственных пород, при высокой и средней угрозах поражения реко-

мендуется создание лесных культур сосны с примесью березы, а также других лиственных пород, обладающих аллелопатическими свойствами.

2. В очагах корневой губки целесообразно проводить выборку патологического отпада сосны не реже одного раза в два года, при этом сортименты из сухостоя можно относить в разряд дровяной древесины только на основе их товаро-ведческой оценки.

3. При проведении рубок рекомендуется использовать биологический метод защиты насаждений от пестрой ситовой гнили корней сосны. Обработка пней биологическим препаратом на основе гриба *Phlebiopsis gigantea* целесообразна в процессе рубок ухода и уборки захламленности (при выборке не менее 20% физиологически живой древесины сосны от вырубаемого запаса), а также совместно с выборочными и сплошными санитарными рубками.

Практическая значимость полученных данных подтверждается актами о практическом использовании результатов научных исследований в филиале УО БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз», ГЛХУ «Любанский лесхоз», ГОЛХУ «Стародорожский опытный лесхоз», ГОЛХУ «Кобринский опытный лесхоз», а также справками о внедрении в учебный процесс.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи, опубликованные в научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь

1. **Волченкова, Г. А.** Развитие биологических методов ограничения вредности корневой губки / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель, 2011. – Вып. 71. – С. 445–455.

2. Распространенность очагов корневой губки в сосновых насаждениях Витебского, Минского и Могилевского ГПЛХО / **Г. А. Волченкова**, В. Б. Звягинцев, З. И. Кривицкая, С. А. Жданович // Труды БГТУ. – 2012. – № 1 : Лесное хоз-во. – С. 225–228.

3. **Волченкова, Г. А.** Скрининг штаммов *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich *in vitro* по антагонистическим свойствам к корневой губке / Г. А. Волченкова // Молодежь в науке – 2012 : прил. к журн. «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» : в 5 ч. ; редкол.: И. Д. Вологовский [и др.]. – Минск, 2013. – Ч. 4 : Сер. биол. наук, сер. мед. наук. – С. 17–21.

4. **Волченкова, Г. А.** Скрининг штаммов *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich по приживаемости на пнях сосны после рубок ухода / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев, А. В. Савицкий // Труды БГТУ. – 2013. – № 1 : Лесное хоз-во. – С. 219–222.

5. Звягинцев, В. Б. Лесоводственные и лесозащитные мероприятия в пора-

женных корневой губкой сосновых насаждениях / В. Б. Звягинцев, Г. А. Волченкова, С. А. Жданович // Труды БГТУ. – 2013. – № 1 : Лесное хозяйство. – С. 223–226.

6. Звягинцев, В. Б. Качественные изменения древесины патологического отпада в очагах корневой губки сосны / В. Б. Звягинцев, Г. А. Волченкова // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель, 2013. – Вып. 73. – С. 518–526.

7. Волченкова, Г. А. Ранжирование лесокультурных площадей по угрозе поражения корневой губкой создаваемых насаждений сосны / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев, С. А. Жданович // Труды БГТУ. – 2014. – № 1 : Лесное хозяйство. – С. 213–217.

8. Волченкова, Г. А. Зараженность сосняков Беларуси корневой губкой / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев, С. А. Жданович // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель, 2014. – Вып. 74. – С. 502–512.

9. Звягинцев, В. Б. Повышение эффективности лесоводственных мероприятий в сосняках биологическим методом / В. Б. Звягинцев, Г. А. Волченкова, А. В. Савицкий // Труды БГТУ. – 2015. – № 1 : Лесное хозяйство. – С. 178–182.

Статьи, опубликованные в прочих изданиях

10. Звягинцев, В. Б. Трансформация патогенеза корневой губки при интенсификации лесного хозяйства / В. Б. Звягинцев, Г. А. Волченкова // Грибные сообщества лесных экосистем: сб. науч. тр. Карел. науч. центра РАН / под ред. В. Г. Стороженко, А. В. Руоколайнен. – М.; Петрозаводск, 2014. – Т. 4. Сер. Биогеография. – С. 15–25.

Материалы конференций

11. Волченкова, Г. А. Корневая губка в сосновых насаждениях Беларуси: динамика развития и современное состояние / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Леса Евразии – Брянский лес : материалы XI Междунар. конф. молодых ученых, посвящ. 80-летию Брянск. гос. инж.-технолог. акад. и проф. В. П. Тимофееву, Брянск, 12–18 сент. 2011 г. / Брянск. гос. инж.-технолог. акад. ; редкол.: В. И. Запруднов [и др.]. – М., 2011. – С. 175–178.

12. Волченкова, Г. А. Популяционная структура *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. в очаге усыхания сосны / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии : материалы VIII Междунар. конф., Ульяновск, 15–19 окт. 2012 г. / Ульяновск. гос. ун-т ; редкол.: В. Г. Стороженко [и др.]. – Ульяновск, 2012. – С. 25–29.

13. Волченкова, Г. А. Состояние сосновых лесных культур после проведе-

ния биологических мероприятий по ограничению вредоносности корневой губки / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Леса Евразии – Белорусское Поозерье : материалы XII Междунар. конф. молодых ученых, Браслав, 30 сен. – 6 окт. 2012 г. / Москов. гос. ун-т леса ; редкол.: В. И. Запруднов [и др.]. – М., 2012. – С. 234–236.

14. **Volchenkova, G. A.** Prevalence of *Heterobasidion annosum* root rot in the pine stands of Belarus / G. A. Volchenkova, V. B. Zvyagintsev // Актуальні проблеми ботаніки та екології : матеріали Міжнар. конф. молодих учених, Щолкіне, 18–22 черв. 2013 р. / Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України ; редкол.: Є. Л. Кордюм [та інш.]. – Щолкіне, 2013. – С. 64–65.

15. **Волченкова, Г. А.** Встречаемость очагов корневой губки в сосновых насаждениях Беларуси / Г. А. Волченкова, С. А. Жданович, В. Б. Звягинцев // Мониторинг и оценка состояния растительного мира : материалы IV Междунар. науч. конф., Браслав, 30 сент. – 4 окт. 2013 г. / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси ; редкол.: А. В. Пугачевский [и др.]. – Минск, 2012. – С. 105–107.

16. Звягинцев, В. Б. Динамика развития очага корневой губки после опытных лесозащитных мероприятий / В. Б. Звягинцев, **Г. А. Волченкова** // Мониторинг и оценка состояния растительного мира : материалы IV Междунар. науч. конф., Браслав, 30 сент. – 4 окт. 2013 г. / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси ; редкол.: А. В. Пугачевский [и др.]. – Минск, 2012. – С. 115–117.

17. **Волченкова, Г. А.** Отбор штаммов *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich для разработки биологического препарата, ограничивающего вредоносность корневой губки / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке : материалы Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 2–4 окт. 2013 г. ; редкол.: Т. Ю. Гагкаева [и др.]. – СПб., 2013. – С. 119–121.

18. **Волченкова, Г. А.** Деградация качества древесины сухостойных деревьев сосны в очагах корневой губки / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 9–11 окт. 2013 г. / Ин-т леса НАН Беларуси ; редкол.: А. И. Ковалевич [и др.]. – Гомель, 2013. – С. 189–192.

19. **Волченкова, Г. А.** Влияние лесозащитных мероприятий на плодоношение корневой губки в сосновых насаждениях Беларуси / Г. А. Волченкова // Актуальні проблеми ботаніки та екології : матеріали Міжнар. конф. молодих учених, Умань, 9–12 вер. 2014 р. / Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України ; редкол.: Є. Л. Кордюм [та інш.]. – Умань, 2014. – С. 39–40.

20. **Волченкова, Г. А.** Биологический метод в системе мероприятий по защите сосновых насаждений от корневых гнилей / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Иркутск, 14–17 сент. 2015 г. / Сиб. ин-т физиологии и биохимии растений СО РАН ; отв. ред.: В. И. Воронин. – Иркутск, 2015. – С. 37–39.

21. **Волченкова, Г. А.** Трансформация патогенеза корневой губки в сосняках Беларуси / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии : материалы IX Междунар. конф., Минск, 19–24 окт. 2015 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2015. – С. 60–62.

22. **Волченкова, Г. А.** Профилактика заражения фитопатогенным базидиомицетом *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. и сдерживание роста очагов пестрой ситовой гнили корней с применением биологического метода / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев, А. В. Савицкий // Состояние и перспективы защиты растений : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию со дня организации РУП «Институт защиты растений», Минск – Прилуки, 17–19 мая 2016 г. / Науч.-практ. центр по земледелию ; Ин-т защиты растений ; редкол.: Л. И. Трепашко [и др.]. – Минск, 2016. – С. 61–64.

23. **Волченкова, Г. А.** Роль суперособей *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. в формировании очагов усыхания сосны / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Красноярск, 19–23 сент. 2016 г. / Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН ; редкол.: Ю. Н. Баранчиков [и др.]. – Красноярск, 2016. – С. 46–47.

Тезисы докладов

24. **Волченкова, Г. А.** Естественная колонизация пней грибом *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich как фактор снижения вредоносности корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) в сосновых насаждениях / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Современная микология в России : тез. докл. третьего съезда микологов России, Москва, 10–12 окт. 2012 г. / Нац. акад. микологии ; редкол.: Ю. Т. Дьяков [и др.]. – М., 2012. – С. 324–325.

25. **Волченкова, Г. А.** Приживаемость *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich на пнях сосны после проведения рубок ухода [Электронный ресурс] / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев, А. В. Савицкий // Лесное хозяйство : тез. докл. 77-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 4–9 февр. 2013 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; отв. за изд. И. М. Жарский. – Минск, 2013. – С. 82.

26. **Волченкова, Г. А.** Экономическая оценка вредоносности корневой губки в сосновых насаждениях Беларуси [Электронный ресурс] / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев, Е. А. Дашкевич // Лесное хозяйство : тез. докл. 78-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 3–13 февр. 2014 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; отв. за изд. И. М. Жарский; УО БГТУ. – Минск, 2014. – С. 68.

27. **Волченкова, Г. А.** Дереворазрушающая активность штаммов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. / Г. А. Волченкова, И. В. Ярук, В. Б. Звягин-

цев // Строение, свойства и качество древесины – 2014 : тез. докл. V Междунар. симпоз. РКСД, Москва – Мытищи, 22–25 сент. 2014 г. / Моск. гос. ун-т леса. – М., 2014. – С. 14.

28. **Волченкова, Г. А.** Мероприятия по ограничению вредоносности корневой губки в хвойных лесах Финляндии [Электронный ресурс] / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Лесное хозяйство : тез. докл. 79-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 2–6 февр. 2015 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; отв. за изд. И. М. Жарский. – Минск, 2015. – С. 78.

29. Звягинцев, В. Б. Направленная биоутилизация крупных порубочных остатков как мера профилактики и сдерживания развития очагов корневых гнилей в сосновых насаждениях / В. Б. Звягинцев, **Г. А. Волченкова**, А. В. Савицкий // Интегрований захист та карантин рослин: перспективи розвитку в ХХІ ст. : тез. докл. Міжнар. наук.-практ. конф. вчених, аспірантів і студентів, Київ, 19–20 лист. 2015 р. – Київ, 2015. – С. 215–217.

30. **Волченкова, Г. А.** Патогенность и дереворазрушающая способность изолятов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. из очагов усыхания сосны [Электронный ресурс] / Г. А. Волченкова // Лесное хозяйство: тез. докл. 80-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 1–12 февр. 2016 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; отв. за изд. И. М. Жарский. – Минск, 2016. – С. 74.

РЭЗІЮМЭ

Валчанкова Галіна Аляксандраўна

**Біякалагічныя асаблівасці развіцця фітапатагеннага базідыёміцэта
Heterobasidion annosum (Fr.) Bref. і абгрунтаванне кантролю стракатай
сітавай гнілі каранёў сасны**

Ключавыя словы: стракатая сітавая гніль каранёў, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Pinus sylvestris* L., сустракаемасць, шкоднасць, штогадовы ўрон, біялагічны метада, антаганізм, *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich.

Мэта працы: вывучыць сустракаемасць, шкоднасць і асаблівасці патагінэзу стракатай сітавай гнілі каранёў сасны звычайнай у насаджэннях Беларусі і абгрунтаваць напрамкі ўдасканалення лесаахоўных мерапрыемстваў.

Метады даследавання: агульнапрынятыя ў ахове раслін, лясной таксацыі, мікалогіі, матэматычнай статыстыцы і эканоміцы метады з улікам спецыфікі аб'екта даследавання.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: праведзены аналіз лесаводчатаксацыйных паказчыкаў усіх насаджэнняў Міністэрства лясной гаспадаркі Рэспублікі Беларусь, пашкоджаных стракатай сітавай гніллю каранёў сасны. Устаноўлена сустракаемасць ачагоў хваробы пры сучасным узроўні лесагаспадарчай дзейнасці. Вызначаны шкоднасць хваробы і бягучы ўрон у пашкоджаных сасновых насаджэннях Беларусі. Устаноўлена, што з двух сустракаемых у рэспубліцы грыбоў рода *Heterobasidion* ачагі ўсыхання ў сасновых насаджэннях фарміруе толькі *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Вывучана прасторавая структура лакальных папуляцый грыба ў пашкоджаных насаджэннях і ўстаноўлена, што фарміраванне ачага ўсыхання сасны адбываецца з удзелам адной асобіны *H. annosum*, акая адрозніваецца высокай патагеннасцю і дрэваразбураючай актыўнасцю. Падабраны штамы грыба-антаганіста каранёвай губкі *Phlebiopsis gigantea*, якія валодаюць лепшымі паказчыкамі хускасці лінейнага росту, інтэнсіўнасці спораўтварэння і антаганістычнай актыўнасці і могуць быць выкарыстаны пры вытворчасці біялагічнага прэпарата для абмежавання шкоднасці хваробы.

Ступень выкарыстання: вынікі даследавання ўкаранёны ў вытворчасць у філіяле УА БДТУ «Негарэльскі навучальна-доследны лясгас», ДЛГУ «Любанскі лясгас», ДДЛГУ «Старадарожскі доследны лясгас», ДДЛГУ «Кобрынскі доследны лясгас», а таксама ў навучальны працэс кафедры лесааховы і драўнізнаўства БДТУ.

Галіна прымянення: лясная фітапаталогія, ахова раслін.

РЕЗЮМЕ

Волченкова Галина Александровна

Биоэкологические особенности развития фитопатогенного базидиомицета *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. и обоснование контроля пестрой ситовой гнили корней сосны

Ключевые слова: пестрая ситовая гниль корней, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Pinus sylvestris* L., встречаемость, вредоносность, ежегодный ущерб, биологический метод, антагонизм, *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich.

Цель работы: изучить встречаемость, вредоносность и особенности патогенеза пестрой ситовой гнили корней сосны обыкновенной в насаждениях Беларуси и обосновать пути совершенствования лесозащитных мероприятий.

Методы исследования: общепринятые в защите растений, лесной таксации, микологии, математической статистике и экономике методы с учетом специфики объекта исследования.

Полученные результаты и их новизна: проведен анализ лесоводственно-таксационных показателей всех насаждений Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, пораженных пестрой ситовой гнилью корней сосны. Установлена встречаемость очагов болезни при современном уровне лесохозяйственной деятельности. Определена вредоносность болезни и выявлен текущий ущерб в пораженных сосновых насаждениях Беларуси. Установлено, что из двух встречаемых в республике грибов рода *Heterobasidion* очаги усыхания в сосновых насаждениях формирует только *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Изучена пространственная структура локальных популяций гриба в пораженных насаждениях и установлено, что формирование возникающего очага усыхания сосны происходит с участием одной особи *H. annosum*, отличающейся высокой патогенностью и дереворазрушающей активностью. Подобраны штаммы гриба-антагониста корневой губки *Phlebiopsis gigantea*, которые обладают лучшими показателям скорости линейного роста, интенсивности спорообразования и антагонистической активности и могут быть использованы при производстве биологического препарата для ограничения вредоносности болезни.

Степень использования: результаты исследований внедрены в производство в филиале УО БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз», ГЛХУ «Любанский лесхоз», ГОЛХУ «Стародорожский опытный лесхоз», ГОЛХУ «Кобринский опытный лесхоз», а также в учебный процесс кафедры лесозащиты и древесиноведения БГТУ.

Область применения: лесная фитопатология, защита растений.

SUMMARY

Volchenkova Galina Aleksandrovna

**Bioecological features of the phytopathogenic basidiomycetes
Heterobasidion annosum(Fr.) Bref. development and substantiation
of the annosum root rot control**

Key words: annosum root rot, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Pinus sylvestris* L., occurrence, harmfulness, annual damage, biological method, antagonism, *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich.

The aim of research: to investigate occurrence, harmfulness and pathogenesis features of annosum root rot in the pine stands of Belarus and to substantiate the ways of protective measures improvement.

Research methods: methods common in plant protection, forest taxation, mycology, math statistics and economy with considering specifics of the research object.

The results and novelty: the analysis of forestry and taxation indicators of all stands of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus affected by annosum root rot is conducted. Occurrence of disease at the present level of forestry activity is revealed. Harmfulness of the disease and current damage in the affected pine stands of Belarus are determined. It is found that from two occurring in Belarus fungi from the genera *Heterobasidion* only *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. is able to form centers of tree death in the pine stands. Spatial structure of local *H. annosum* populations in the affected pine stands is studied. It is revealed that formation of arising center of pine tree shrinkage takes place with the participation of one *H. annosum* individual, characterized the high pathogenicity and wood-decaying activity. Strains of the antagonistic fungus *Phlebiopsis gigantea* that have the best antagonistic and economically valuable features are picked up. They can be used for production of biological preparation effective in the disease harmfulness reduction.

Degree of use: research results have been introduced into forest management in the branch office of BSTU «Negorelsky educational and experimental forestry», SFE «Lubansky forestry», SEFE «Starodorozhsky experimental forestry», SEFE «Kobrin sky experimental forestry», and in the educational process of the department of forest protection and wood science of BSTU.

Field of application: forest phytopathology, plant protection.

Научное издание

Волченкова Галина Александровна

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
ФИТОПАТОГЕННОГО БАЗИДИОМИЦЕТА
HETEROBASIDIUM ANNOSUM (FR.) BREF. И ОБОСНОВАНИЕ
КОНТРОЛЯ ПЕСТРОЙ СИТОВОЙ ГНИЛИ КОРНЕЙ СОСНЫ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 06.01.07 – защита растений

Ответственный за выпуск Г. А. Волченкова

Подписано в печать 24.07.2017. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 60 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск