

УДК 632.92:630*443.3

В. Б. Звягинцев, Г. А. Волченкова, А. В. Савицкий
Белорусский государственный технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В СОСНЯКАХ БИОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

На основе анализа базы данных сосновых насаждений Республики Беларусь, пораженных корневой губкой, и результатов многолетних опытных работ проведено обоснование лесоводственных критериев назначения обработок пней биологическим препаратом в сосняках с целью ограничения вредоносности заболевания. Учитывая, что относительная зараженность сосновых насаждений в различных лесорастительных условиях имеет существенные отличия, предлагается дифференцировать отбор участков под обработку биопрепаратом, прежде всего, по регионально-типологическому принципу. Установлено, что обработку необходимо проводить в сосновых лесных культурах мшистой и орляковой сериях типов леса I–III классов возраста, а в сосняках Гомельского и Могилевского ГПЛХО еще и в IV классе возраста, а также вересковой, лишайниковой и брусничной сериях типов леса. При этом применение биологических препаратов на основе гриба *Phlebiopsis gigantea* целесообразно при проведении выборочных и сплошных санитарных рубок (независимо от интенсивности), а также рубок ухода и уборки захламленности (при выборке не менее 20% физиологически живой древесины сосны от вырубаемого запаса) при устойчивых среднесуточных температурах не менее +5°C.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, корневая губка, защита леса, биологический метод, *Phlebiopsis gigantea*, обработка пней.

V. B. Zviagintsev, G. A. Volchenkova, A. V. Savitskiy
Belarusian State Technological University

EFFICACY INCREASE OF SILVICULTURAL MEASURES WITH BIOLOGICAL METHODS IN THE PINE STANDS

Based on the analysis of database of the pine stands of Belarus affected by annosum root rot, and the results of longstanding research the substantiation of silvicultural criteria for designation of stump treatment with biological preparations in the pine forests to limit the severity of the pathogen is given. It is proposed to differ site selection for stump treatment according to the regional-typological principle because of significant differences in the relative infestation of pine stands in different forest conditions. It was found that that the treatment should be carried out in pine stands of mossy and bracken series of forest types I–III age classes, and in the pine forests of Gomel and Mogilev region also in age class IV, as well as heather, lichen and cranberry series of forest types. In this case, the use of biological agents on the basis of the fungus *Phlebiopsis gigantea* is useful when conducting selective and complete sanitary felling (regardless of intensity), as well as thinning and cleaning litter (with a sample of at least 20% of a physiologically live pine wood is cut down from the stock) at steady daily average temperatures of at least +5°C.

Key words: Scots pine, *Heterobasidion annosum*, forest protection, biological method, *Phlebiopsis gigantea*, stump treatment.

Введение. Основной задачей лесозащиты является ограничение ущерба, причиняемого лесному хозяйству деятельностью вредоносных организмов, повышение устойчивости насаждений и профилактика патологических процессов в лесах при проведении хозяйственных мероприятий. Наибольший ущерб хвойным лесам Беларуси причиняют корневые гнили, интенсивное развитие которых приводит к утрате устойчивости древостоев, их преждевременному распаду и гибели.

Путем анализа базы данных сосновых насаждений Республики Беларусь, пораженных корневой губкой, было выявлено, что с целью оздоровления сосняков отечественные лесово-

ды используют только рубки: рубки ухода (прореживания, проходные рубки), выборочные санитарные рубки, уборку захламленности [1]. При этом высокая периодичность данных мероприятий и продолжающийся рост площади очагов заболевания на территории страны показывают низкую эффективность всех видов рубок в повышении устойчивости сосновых лесных культур, что связано с отсутствием их воздействия на возбудителя заболевания.

После различных видов рубок в сосновых насаждениях появляется неестественно большое количество питательного субстрата для корневых патогенов в виде древесины пней и корневых срубленных деревьев. Искусственное заселение

такой древесины конкурентными грибами-антагонистами позволяет предотвратить не только первичное заражение насаждения спорами, но и вегетативное распространение возбудителя заболевания по корневым системам [2]. Обработка свежих пней хвойных деревьев после рубки биологическими препаратами на основе гриба *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich широко применяется в комплексе лесозащитных мероприятий во многих европейских странах.

Нами подобран местный штамм базидиомицета *P. gigantea* с выдающимися антагонистическими свойствами, не уступающий по антагонистической способности штаммам, положенным в основу зарубежных биопрепаратов. Разработан лабораторный регламент получения биопрепарата. Следующей задачей исследования являлась разработка технологии применения биометода и интеграция ее в систему лесохозяйственных мероприятий.

Основная часть. Анализ типологической структуры поврежденных корневой губкой сосновых насаждений позволил установить, что 97,9% всех пораженных сосняков приходится на три типа леса (сосняк мшистый, сосняк орляковый, сосняк вересковый) [3]. По мнению многих исследователей, в сосняках, произрастающих на песчаных и супесчаных влажных почвах, формируются благоприятные для развития *Heterobasidion annosum* температурно-влажностные условия. Сосна развивается здесь наиболее уязвимую для патогена поверхность стелющуюся корневую систему с выходом большого количества корней в подстилку [4]. Сосновые лесные культуры в данных типах леса, по-видимому, находятся в экологическом оптимуме, что выражается в высокой производительности древостоев и замедленной дифференциации деревьев в процессе роста. Обострение внутривидовой конкуренции между одновозрастными растениями уже во II классе возраста вызывает существенное ослабление деревьев и создает предпосылки для заражения их патогенными организмами. Особенно остро эти процессы проявляются во время формирования лесной среды в лесных культурах, созданных на сельскохозяйственных или бросовых землях. Быстрому распространению инфекции за периметр очага усыхания способствует высокая полнота молодняков и средневозрастных культур [4], что обуславливает высокую насыщенность ризосферы питательным субстратом для патогена – корнями сосны.

Учитывая, что относительная зараженность сосновых насаждений в различных лесорастительных условиях имеет существенные отличия [3], предлагается дифференцировать отбор участков под обработку биопрепаратом, прежде

всего, по регионально-типологическому принципу. Минимальную территориальную единицу дифференциации целесообразно выбрать на уровне ГПЛХО. На основе данных по относительной зараженности сосновых насаждений корневой губкой по типам леса предлагается в качестве критерия назначения биообработки определить уровень относительной зараженности в 3,0%. Через эту планку наиболее точно отбираются сосновые лесные культуры, уязвимые к очаговому поражению корневой губкой (табл. 1).

Таблица 1

Критерии назначения биообработок пней при проведении рубок промежуточного пользования

ГПЛХО	Лесоводственные критерии		
	Класс возраста	Тип леса	Участие сосны в составе насаждения, ед.
Брестское	I–III	С. мш., С. ор.	≥7
Витебское	–	–	–
Гомельское	I–IV	С. вер., С. мш., С. ор.	≥7
Гродненское	I–III	С. мш., С. ор.	≥7
Минское	I–III	С. мш., С. ор.	≥8
Могилевское	I–IV	С. бр., С. вер., С. зм., С. лш., С. мш., С. ор.	≥7

Несмотря на то, что наибольшая относительная зараженность корневой губкой отмечена в сосновых насаждениях III класса возраста, первичное заражение насаждений и начало формирования очагов приходится на молодняки. Следовательно, биологическая обработка, имеющая профилактическую роль, должна охватывать насаждения с I класса возраста, предупреждая образование очагов. В припевающихся насаждениях отмечается наибольшая дифференциация относительной зараженности сосняков по ГПЛХО. Максимального значения этот показатель достигает в лесхозах Гомельского и Могилевского объединений, почти в два раза превышая среднюю зараженность сосняков по Минлесхозу. Таким образом, биологическую обработку целесообразно проводить в сосновых лесных культурах I–III классов возраста, а в сосняках Гомельского и Могилевского ГПЛХО – еще и в IV классе возраста. Высокая устойчивость к корневой губке сосновых лесов Витебского ГПЛХО позволяет проводить рубки без сопутствующей обработки пней биопрепаратами.

Успешность инокуляции пней антагонистом зависит от состояния древесины корней и комлей у сухостойных деревьев. Она уже, как пра-

вило, колонизирована и частично разрушена ксилотрофными организмами, к числу которых относится и корневая губка. Обработка пней после рубки таких деревьев нецелесообразна в виду крайне низкой эффективности [55]. Следовательно, нет необходимости проводить биообработку пней при проведении мероприятий по выборке сухостоя, например, при уборке захламленности (табл. 2). При проведении выборочных и сплошных санитарных рубок в сосновых насаждениях обработка пней биопрепаратом является обязательным мероприятием.

Таблица 2

**Лесохозяйственные
и санитарно-оздоровительные мероприятия,
требующие сопутствующей обработки пней**

Вид мероприятия	Дополнительные условия назначения биообработки пней
Санитарно-оздоровительные: уборка захламленности	При выборке не мене 20% физиологически живой древесины (свежие бурелом, ветровал, снеголом) от вырубаемого запаса
выборочные санитарные рубки	Всегда
сплошные санитарные рубки	Всегда
Рубки ухода: прочистки	При назначении в рубку не мене 20% сосны от вырубаемого запаса
прореживания	То же
проходные рубки	То же

Учитывая, что корневая губка и агент биозащиты, гриб *P. gigantea*, являются деструкторами, в основном, хвойной древесины, нецелесообразна биообработка пней при выборке преимущественно лиственного компонента древостоя, например, при проведении осветлений.

Санитарно-оздоровительные и лесоводственные мероприятия с обработкой пней следует проводить в благоприятный для внедрения антагониста период, т. е. при устойчивых средне-суточных температурах не менее +5°C.

Сравнение зарубежных аналогов биопрепарата для обработки пней с целью ограничения вредоносности корневой губки позволило сделать вывод о том, что наиболее технологичной препаративной формой является жидкий концентрат оидиоспор *P. gigantea* с целевыми добавками. Результаты экспериментов показывают, что с увеличением концентрации спор в рабочей жидкости увеличивается успешность инокуляции пней. По данным Ю. М. Полещука, в условиях Беларуси минимальной концентрацией для полного заселения обработанных пней является 20 млн. шт. на 1 л рабочей жидкости [6]. Испытания различных концентраций в

производственных условиях даже при концентрациях в 2200 млн. шт. на 1 л не показали приживаемость больше 95%. Финский препарат Rotstop рекомендуется использовать в широком диапазоне рабочих концентраций – 1–10 млн. спор на 1 л. Однако по данным К. Корхонена, при концентрации 1–3 млн. спор на 1 л препарат не всегда показывает высокую эффективность [7]. Производитель PG Suspension рекомендует использовать препарат в концентрации 1 млн. спор на 1 л. Учитывая опыт работ ученых и практиков, а также результаты наших исследований, рекомендуется средняя концентрация спор в рабочей жидкости не менее 10 млн. шт. на 1 л.

Приживаемость вносимого антагониста на поверхности пней зависит от давности рубки деревьев. Со временем древесина пней подсыхает, заселяется деревоокрашивающими и деструктурирующими грибами, и становится менее пригодной для развития *P. gigantea*. По данным Ю. М. Полещука, максимальная приживаемость флэбиопсиса гигантского наблюдается в течение первых семи дней после рубки [6]. Следовательно, обработку пней необходимо проводить одновременно с рубкой либо не позднее первой недели после рубки деревьев.

Рекомендуемые способы нанесения рабочей жидкости на поверхности пней можно разделить на три группы:

- ручное нанесение;
- механизированное;
- автоматизированное.

Ручная обработка проводится мягкими зелеными вениками из ветвей мелколиственных или кустарниковых пород. Достоинством способа является отсутствие необходимости в специальном инвентаре. Однако при данном способе внесения затруднителен контроль расхода рабочей жидкости. Механизированная обработка проводится с использованием ранцевых опрыскивателей. Автоматизированное внесение рабочей жидкости производится специальными приспособлениями на харвестерных головках при спиливании дерева. В настоящее время разработано и используется несколько принципов подачи состава на поверхность пня: через отверстия в пильной шине, через форсунку в узле крепления пильной шины, через парные форсунки в харвестерной головке. Автоматизированное внесение рабочей жидкости является наиболее прогрессивным и менее трудозатратным способом. Использование устройств подачи не замедляет работу харвестера, т. к. обработка происходит одновременно с операцией срезания дерева. Заправка специальных емкостей рабочей жидкостью проводится 1 раз в смену при обслуживании машины.

Заключение. Лесопатологическое состояние сосновых лесов определяется их низкой устойчивостью к пестрой ситовой гнили корней, вызываемой патогенным базидиальным грибом *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Очаги сосновой корневой гнили составляют от 55 до 89% всех очагов вредителей и болезней в лесах Беларуси. Существенная зараженность сосняков свидетельствует о высокой адаптации возбудителя к современным лесохозяйственным технологиям. Длительное антропогенное воздействие на лесные экосистемы приводило к постепенному снижению биологической устойчивости лесов сосновой формации, способствовало накоплению огромного количества инфекции патогена и возрастанию его вирулентности, что наряду с климатическими изменениями привело к существенным изменениям границ экологического ареала вредоносности хетеробазидиоза [8, 9].

В отличие от других патологий леса площадь очагов корневой гнили достаточно статична. На начало 2014 г. очаги заболевания составили 137,3 тыс. га, или 3,6% площади сосновых насаждений по суходолу. Отсутствие тенденции снижения площади очагов заболевания, не-

смотря на возрастающие усилия по борьбе с ним на протяжении последних десятилетий, показывает низкую эффективность мероприятий по защите и повышению устойчивости сосновых лесов [1]. В стране отсутствует комплексный подход к решению этой проблемы, который должен сопровождать все этапы лесовыращивания, опираясь, прежде всего, на профилактику болезни. Одним из важных мероприятий, показавшим свою высокую эффективность и широко практикующимся в системе лесозащиты многих европейских стран, стала биоутилизация древесины пней и корней после рубок за счет искусственной инокуляции их сапротрофными организмами.

Разработанная технология применения биологического метода с целью профилактики возникновения и развития очагов корневой гнили в сосновых насаждениях Беларуси прошла опытно-промышленную проверку в Негорельском учебно-опытном, Стародорожском опытном и Любанском лесхозах. На 2015 г. запланирован первый этап внедрения биологического метода защиты сосновых насаждений, который планируется реализовать в Сморгонском опытном, Барановичском и Кличевском лесхозах.

Литература

1. Звягинцев В. Б., Волченкова Г. А., Жданович С. А. Лесоводственные и лесозащитные мероприятия в пораженных корневой губкой сосновых насаждениях // Труды БГТУ. 2013. № 1: Лесное хоз-во. С. 223–226.
2. *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control / edited by S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann. Cambridge: University Press, 1998. 589 p.
3. Волченкова Г. А., Звягинцев В. Б., Жданович С. А. Зараженность сосняков Беларуси корневой губкой // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. Гомель, 2014. Вып. 74. С. 502–512.
4. Василюскас А. Корневая губка и устойчивость хвойных экосистем. Вильнюс: Мокслас, 1989. 175 с.
5. Федоров Н. И., Звягинцев В. Б. Эффективность инокуляции пней антагонистом корневой губки грибом *Phlebiopsis gigantea* при проведении выборочных санитарных рубок в сосновых культурах // Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов в системе устойчивого развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 5–7 сент. 2007 г. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А. И. Ковалевич [и др.]. Гомель, 2007. С. 221–224.
6. Полещук Ю. М. Распространение, вредоносность корневой губки и обоснование мероприятий по защите хвойных насаждений БССР от патогена: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.11. Минск, 1987. 378 с.
7. Korhonen K. Simulated stump treatment experiments for monitoring the efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* infection. Root and butt rots of forest trees: proceedings of 10th International Conference on Root and Butt Rots. Canadian Forest Service; ed. by G. Laflamme [et al.]. Quebec, 2003. P. 206–210.
8. Волченкова Г. А. Влияние лесозащитных мероприятий на плодоношение корневой губки в сосновых насаждениях Беларуси // Актуальні проблеми ботаніки та екології: матеріали Міжнар. конф. молодих учених, Умань, 9–12 вер. 2014 р. / Інст. ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України; редкол.: Є.Л. Кордюм [та інш.]. Умань, 2014. С. 39–40.
9. Звягинцев В. Б., Волченкова Г. А. Трансформация патогенеза корневой губки при интенсификации лесного хозяйства // Грибные сообщества лесных экосистем / под ред. В. Г. Стороженко. Москва; Петрозаводск: Ред. изд. отд. Кар НЦ, 2014. Т. 4. С. 15–25.

References

1. Zviagintsev V. B., Volchenkova G. A., Zhdanovich S. A. Silvicultural and forest-protection measures in the pine stands affected by annosum root rot. *Trudy BGTU [Proceedings of BSTU]*, 2013, no. 1: Forestry, pp. 223–226 (in Russian).

2. *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Edited by S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann. Cambridge: University Press, 1998. 589 p.

3. Volchenkova G. A., Zviagintsev V. B., Zhdanovich S. A. Infectiousness of the pine stands of Belarus with *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnikh trudov* [Problems of dendrology and silviculture: annual research], 2014, issue 74, pp. 502–512 (in Russian).

4. Vasil'auskas A. *Kornevaya gubka i ustoychivost' khvoynikh ekosistem* [Root fungus and the resistance of coniferous forests' ecosystems]. Vilnius, Mokslas Publ., 1989. 175 p.

5. Fedorov N. I., Zviagintsev V. B. [Efficacy of stump inoculation with *Heterobasidion annosum* antagonist *Phlebiopsis gigantea* during selective sanitary fellings in the pine stands]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Ratsional'noe ispol'zovanie I vosproizvodstvo lesnykh resursov v sisteme ustoychivogo razvitiya)* [Materials of the International Scientific and Practical Conference (Rational use and regeneration of forest resources in the system of sustainable development)]. Gomel', 2007, pp. 221–224 (in Russian).

6. Poleschuk Y. M. *Rasprostraneniye, vredonosnost' kornevoy gubki I obosnovaniye meropriyatiy po zaschite khvoynykh nasazhdeniy BSSR ot patogena: Diss. kand. biol. nauk* [Prevalence, harmfulness of *annosum* root rot and substantiation of pathogen control measures in the coniferous forests of the BSSR. Cand. Diss.]. Minsk, 1987. 378 p.

7. Korhonen K. Simulated stump treatment experiments for monitoring the efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* infection. Root and butt rots of forest trees: proceedings of 10th International Conference on Root and Butt Rots. Canadian Forest Service; ed. by G. Laflamme [et al.]. Quebec, 2003. P. 206–210.

8. Volchenkova G. A. [Influence of forest-protection measures on the fructification of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. in the pine stands of Belarus]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh (Aktual'nye problemy botaniki i ekologii)* [Materials of the International Conference of Young Scientists (Actual Problems of Botany and Ecology)]. Uman', 2014, pp. 39–40 (in Russian).

9. Volchenkova G. A., Zviagintsev V. B. Transformation of the *Heterobasidion annosum* pathogenesis at the intensification of forestry. *Gribnye soobshchestva lesnykh ekosistem* [Fungal Communities in Forest Ecosystems]. Moscow; Petrozavodsk, Red. Izd. Otd. Kar. NC Publ., 2015, vol. 4, pp. 15–25 (in Russian).

Информация об авторах

Звягинцев Вячеслав Борисович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой лесозащиты и древесиноведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: mycolog@tut.by

Волченкова Галина Александровна – ассистент кафедры ландшафтного проектирования и садово-паркового строительства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: volchenkova@belstu.by

Савицкий Андрей Валерьевич – студент. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: savandrey.1993@mail.ru

Information about the authors

Zviagintsev Vyacheslav Borisovich – Ph. D. Biology, assistant professor, head of the Department of Forest Protection and Wood Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mycolog@tut.by

Volchenkova Galina Aleksandrovna – assistant lecturer, Department of Landscape Design and Architecture. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: volchenkova@belstu.by

Savitskiy Andrey Valer'evich – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: savandrey.1993@mail.ru

Поступила 23.02.2015