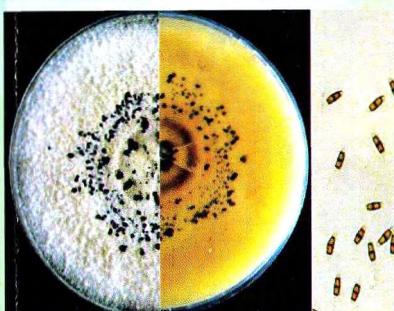
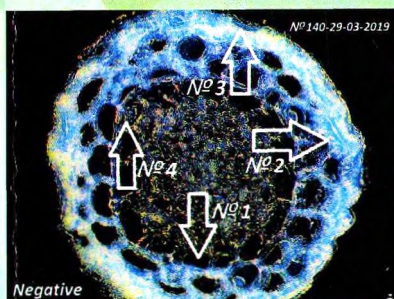
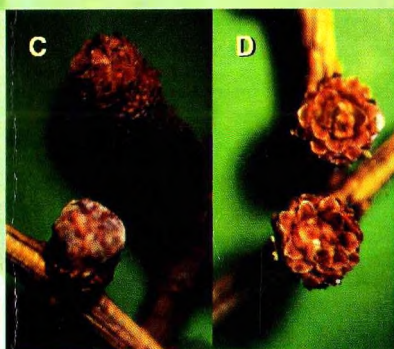




*Picnoporus
cinnabarinus*

ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ И МИКОЛОГИИ

Материалы XII Международной научно-практической конференции,
посвященной 100-летию со дня рождения профессоров
Николая Ильича Федорова
Владимира Ивановича Шубина

PROBLEMS OF FOREST PHYTOPATHOLOGY AND MYCOLOGY

Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference
Dedicated to the 100th Anniversary of the Births of Professors
Nikolai Ilyich Fedorov
Vladimir Ivanovich Shubin



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
МИНИСТЕРСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ИНСТИТУТ ЛЕСОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

BELARUSIAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY
MINISTRY OF EDUCATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS
MINISTRY OF FORESTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS
INSTITUTE OF FOREST SCIENCE, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
BELARUSIAN REPUBLICAN FOUNDATION FOR FUNDAMENTAL RESEARCH

ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ И МИКОЛОГИИ

Материалы XII Международной научно-практической конференции,
посвященной 100-летию со дня рождения профессоров
Николая Ильича Федорова
Владимира Ивановича Шубина

PROBLEMS OF FOREST PHYTOPATHOLOGY AND MYCOLOGY

Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference
Dedicated to the 100th Anniversary of the Births of Professors
Nikolai Ilyich Fedorov
Vladimir Ivanovich Shubin



Минск
2025

ББК 44.7:28.591я43
УДК 630*44+582.28]:005.745
П78

Редакционная коллегия:

В.Г. Стороженко
В.Б. Звягинцев
В.А. Ярмолевич

Проблемы лесной фитопатологии и микологии : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13–17 октября 2025 г. / под ред. В.Г. Стороженко, В.Б. Звягинцева, В.А. Ярмолевича. – Минск : БГТУ, 2025. – 290 с.
ISBN 978-985-897-301-8.

В материалах XII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессоров Николая Ильича Федорова и Владимира Ивановича Шубина, представлены результаты исследований в области устойчивости древесных растений и растительных сообществ к неблагоприятным факторам среды; таксономии, биологии и экологии видов и комплексов грибов и лишайников; структуры и функции биоты грибов и лишайников лесных сообществ; участия грибов в процессах деструкции и формирования структур лесов; мониторинга и прогноза развития очагов вредителей и болезней древесных растений; проблем инвазий вредоносных организмов и стратегии управления ими; совершенствования методов контроля патоккомплексов в лесных и городских насаждениях.

Предназначены для научных сотрудников, преподавателей, работников лесного хозяйства, аспирантов и студентов.

Издано по решению Научно-технического совета Белорусского государственного технологического университета при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

ISBN 978-985-897-301-8

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2025

**УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТОМОГРАФИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ
ДЕРЕВЬЕВ В КОНТЕКСТЕ СОХРАНЕНИЯ
ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ**

Ярмош В.Г.¹, Звягинцев В.Б.²

¹Полесский государственный университет,
bloh.v@polessu.by

²Белорусский государственный технологический
университет, *mycolog@tut.by*

ULTRASONIC TOMOGRAPHY OF OLD-AGE TREES IN THE CONTEXT OF PRESERVATION OF HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE

Yarmash V. G., Zviagintsev V. B.

В статье представлены результаты обследования 45 старовозрастных деревьев с помощью импульсного томографа ARBOTOM® на территории «Негорельский учебно-опытный лесхоз» в филиале УО «Белорусский государственный технологический университет». Проанализированы: распределение зон деструкции в поперечном сечении ствола; процент деградации древесины; корреляция томографических данных с визуальными признаками патологий (морозобоины, дупла, гнили, усыхание кроны). Выявлены критические скрытые дефекты у 65% деревьев при визуальном «удовлетворительном» состоянии.

Для сохранения исторических парков, как важных объектов культурного наследия страны, необходимо проведение систематического мониторинга насаждений, который позволит оценить санитарное состояние и степень сохранности важного компонента парковых экосистем – дендрофлоры. Старовозрастные деревья наиболее подвержены развитию скрытых внутренних дефектов (гнили, дупел, трещин), которые не всегда проявляются внешне до момента критического ослабления конструкции ствола. Для эффективного и безопасного управления ценными старовозрастными экземплярами, требуются объективные, неинвазивные и точные методы диагностики. Это позволит: обоснованно назначать превентивные мероприятия (укрепление каблингом, кронирование) для продления жизни дерева; своевременно выявлять аварийно-опасные экземпляры, требующие удаления; эффективно распределять ограниченные ресурсы на уход за зелеными насаждениями.

Цель исследования: продемонстрировать потенциал, методологические особенности, ограничения и практическую ценность ультразвуковой томографии (УЗТ) для оценки состояния внутренней структуры старовозрастных деревьев как ключевого инструмента для их сохранения и управления рисками.

На данный момент применение акустической томографии является эффективным способом определения наличия деструкции древесины. Акустическая томография – это метод, который был опробован многими исследователями в области обнаружения гниения деревьев, а также определения устойчивости деревьев (Radovan Ostrovskĕ et al., 2017). Импульсный томограф основан на принципе, что скорость распространения ультразвукового сигнала в древесине зависит от ее плотности. Прибор оснащен датчиками с виброметром и электронным регулятором для прямого анализа поступающих импульсов в режиме реального времени. Простой удар молотка по датчику генерирует волны напряжения, проходящие через древесину. Время прохождения волн напряжения между датчиками регистрируется и преобразуется в скорость (Руководство, 2012). Например, древесина подверженная гниению передает ультразвуковую волну хуже, чем здоровая древесина (Nicolotti et al., 2003; Руководство, 2012; Мельничук и др., 2012; Radovan Ostrovskĕ et al., 2017). При наличии внутренней трещины в стволе дерева, акустическая томография имеет тенденцию завышать размер дефекта (Radovan Ostrovskĕ et al., 2017). Ультразвуковая томография оказалась эффективным инструментом обнаружения внутреннего распада, точное определение местонахождения положение аномалий и оценку их размера, формы, и характеристики с точки зрения механических свойств (Nicolotti et al., 2003).

Специфика старовозрастных деревьев: крупные размеры ствола (необходимость большого числа датчиков, длинные траектории); сложная морфология (неровная поверхность, наплывы, дупла, трещины); гетерогенность структуры (ядро/заболонь, реактивная древесина, внутренние рубцы, включения смолы/камеди); типичные возрастные дефекты: сложная система гнилей, крупные полости, скрытые трещины.

Преимущества УЗТ: высокое пространственное разрешение, неинвазивность, безопасность, объективность данных, количественная оценка скорости/ослабления, визуализация распределения дефектов. Недостатки УЗТ: высокая стоимость оборудования, необходимость квалификационного персонала.

Таксономическая принадлежность древесных растений определена по характерным морфологическим видовым признакам; измерение диаметра ствола на высоте 1,3 м (с точностью до 0,5 см) осуществлялось с помощью мерной вилки; категории состояния растений оценивались по внешним признакам согласно шкале категорий состояния хвойных и лиственных деревьев (Санитарные правила в лесах Республики Беларусь, 2016). Полученные данные обрабатывались методом вариационной статистики с использованием встроенных статистических функций программы MS Excel для Windows. Методика проведения анализа с помощью импульсного томографа ARBOTOM® осуществлялась в соответствии с руководством пользователя Arbotom 3D импульсный томограф для оценки деревьев (Руководство, 2012). Оценка состояния древесины с использованием импульсного томографа определялась по методике И.К. Латухиной, Н.А. Бабич, А.М. Антонова, Н.О. Пастуховой (Латухина и др., 2016).

В 2023 г. проведена оценка внутреннего состояния 45 старовозрастных деревьев, произрастающих в аллее (ясень *Fraxinus* L. – средний диаметр 70,5 см, липа *Tilia* L. – 100, 67 см, тополь *Populus* L. – 81,4 см, береза *Betula* L. – 66,78 см), на центральной поляне в ботаническом саду в филиале УО «Белорусский государственный технологический университет» «Негорельский учебно-опытный лесхоз» (пихта *Abies* Mill. – 43,88 см, псевдотсуга *Pseudotsuga* Carr. 59,0 см), в сквере д. Городище (ясень *Fraxinus* L. – 90,0 см, дуб *Quercus* L. – 80,0 см).

В результате исследования выявлены породы с наиболее высоким средним процентом деструкции: Липа *Tilia* L. (98,73%), Береза *Betula* L. (47,8%), Тополь *Populus* L. (44,1%), диаграмма внутренней структуры, усредненной по породам, представлена на рисунке 1.

Наиболее сохранные: Дуб *Quercus* L. (13,9%), Ясень *Fraxinus* L. (30,44%), Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) №4 (6,8%). Томография подтвердила критическое состояние Ясеня *Fraxinus* L. №5 (деструкция 80,1%, раздвоение, трещина). Высокий процент деструкции (70,5-82,1%) березы *Betula* L. соответствовал плохой визуальной оценке, морозобойные трещины были частым сопутствующим фактором. У тополя *Populus* L. преобладала деструкция в «желтой» и «оранжевой» зонах, что соответствует удовлетворительному и хорошему состоянию по томографии, но часто сопровождалось наклоном ствола, водяными побегами и усыханием ветвей. Дуб *Quercus* L. показал наилучшие результаты по томографии при незначительном усыхании кроны (15%), подтверждая устойчивость породы, морозобойные трещины не приводили к массовой деструкции. Пихты *Abies* Mill. показали высокую деструкцию (№2, 6, 11: 86,9-96,2%), совпадающую с сильным усыханием кроны (30-65%) и наличием хермеса (*Adelges Vallot*). Пихта сибирская №4 (*Abies sibirica* Ledeb.) и Псевдотсуга Мензиса №9 (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) демонстрируют диссонанс: низкая деструкция ствола (6,8%, 10,0%) при сильном усыхании кроны (70%, 90%), что требует изучения причин усыхания.

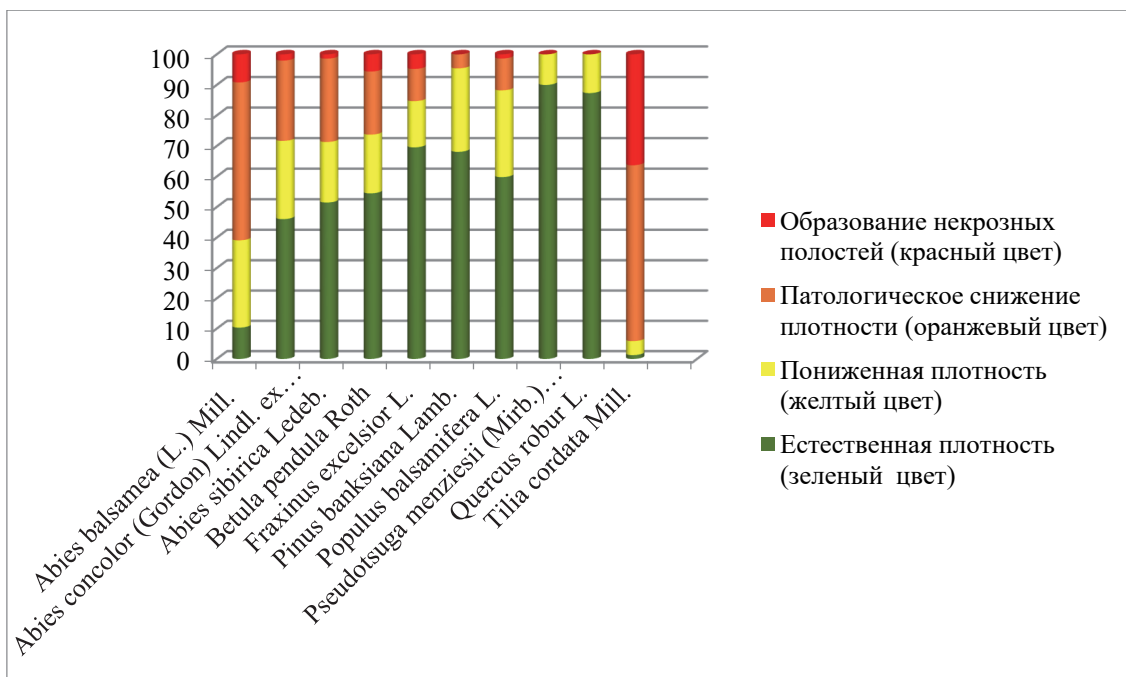


Рис. 1. Диаграмма внутренней структуры древесины различных пород

Томографическая оценка («Отлично»/ «Хорошо») в целом коррелировала с низким процентом деструкции (<35%) и категорией санитарного состояния 2 – 3. Оценка «Плохо» всегда соответствовала высокой деструкции (>54.2%) и категории 3 – 4. Оценка «Удовлетворительно» была при деструкции 35-55%, но требовала особого внимания к сопутствующим факторам (трещины, дупла, наклоны).

Неинвазивная диагностика доказала свою эффективность в выявлении скрытых дефектов (гниль, трещины, зоны разложения), не всегда очевидных при визуальном осмотре. Это позволяет точно картировать повреждения внутри ствола. Результаты томографии необходимо интерпретировать с учетом породы: у ясеня *Fraxinus* L. поражение сосудов может не отражаться в сильной стволовой деструкции; у березы *Betula* L. «красная» зона томограммы – надежный индикатор ядровой гнили; дуб *Quercus* L. показал высокую устойчивость стволовой древесины; высокое усыхание кроны у хвойных при низкой деструкции ствола требует проверки состояния корней и вершины. Томография дополняет, но не заменяет визуальный осмотр. Комбинация методов позволяет: выявить деревья с внешне сохранной кроной, но критически поврежденным стволом, представляющих аварийную опасность; обосновать необходимость санитарных рубок или укрепительных мероприятий (каблинг); оценить эффективность лечения; выявить «неочевидные» проблемы. Раннее выявление скрытых дефектов с помощью томографии позволяет проводить превентивные мероприятия, продлевая жизнь ценным старовозрастным деревьям и снижая риск внезапного падения, что экономически эффективнее ликвидации последствий. УЗТ является высокоэффективным неразрушающим методом для визуализации внутренних дефектов старовозрастных деревьев. Метод позволяет объективно оценить степень поражения и остаточную прочность ствола, что критично для управления рисками. Применение УЗТ требует учета специфики старых деревьев и преодоления методологических сложностей. Наибольшая информативность достигается при интеграции данных УЗТ с другими методами диагностики.

Литература

Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees by /Nicolotti et al.: Three Tomographic Techniques for Detection of Decay in Trees –2003. – P. 66-78

Radovan Ostrovskэ, Marek Kobza, Jбn Gažo Extensively damaged trees tested with acoustic tomography considering tree stability in urban greenery // Received: 2 August 2016 / Accepted: 13 January 2017. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017.

Латухина И.К., Бабич Н.А., Антонов А.М., Пастухова Н.О. Импульсно-томографная диагностика стволов в городских условиях на примере липы мелколистной // Вестник КрасГАУ. 2016. №7, С.183-188.

Мельничук И.А., Йассин Солиман Й.М., Черданцева О.А. Диагностика внутреннего состояния деревьев *Tilia cordata* Mill. с использованием комплекса аппаратуры акустической ультразвуковой томографии «Арботом®» // Вестник РУДН, серия Агрономия и животноводство, 2012, №5, С. 25-32

Руководство пользователя Arbotom 3D импульсный томограф для оценки деревьев. Версия для Microsoft Windows 98, 2000, XP, Vista, Windows 7. – 2012. – С. 57.

Санитарные правила в лесах Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, 19 декабря 2016 г., № 79 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21631603&p1=1>. – Дата доступа: 22.06.2024.

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ И МИКОЛОГИИ

Материалы XII Международной научно-практической конференции,
посвященной 100-летию со дня рождения профессоров

**Николая Ильича Федорова
Владимира Ивановича Шубина**

PROBLEMS OF FOREST PHYTOPATHOLOGY AND MYCOLOGY

Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference
Dedicated to the 100th Anniversary of the Births of Professors

**Nikolai Ilyich Fedorov
Vladimir Ivanovich Shubin**

Компьютерный набор *К.В. Зенюк*
Компьютерная верстка *Д.А. Кускильдина, Е.А. Матейко*

Подписано в печать 08.10.2025. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 33,7. Уч.-изд. л. 24,3.
Тираж 100 экз. Заказ .

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