

УДК 630*6

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.5.142

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТБОРА, ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ РЕЗОНАНСНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ЛЕСАХ РОССИИ

В.И. Федюков, д-р техн. наук, проф.

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, д. 3,
г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия, 424000; e-mail: fiv48@mail.ru

Приведен краткий экскурс отечественных и зарубежных источников о резонансной древесине и способах диагностики ее технических свойств при целевом отборе на корню и в сортиментах. Проанализированы два направления, которые используют мастера по изготовлению музыкальных инструментов при отборе нужного материала: оценка его качества на основе косвенных биоморфологических признаков растущего дерева и прямые измерения физико-акустических показателей самой древесины. В первом случае достаточно полную информацию можно получить, анализируя следующие признаки: порода; макростроение древесины; габитус ствола; размеры, цвет шишек и, главное, форма их семенных чешуй; цвет и структура коры; тип ветвления дерева. Более достоверные сведения о резонансных свойствах древесины дает определение акустической константы на основе поперечных частотно-амплитудных характеристик, нежели скорости прохождения звука вдоль волокон. Установлено, что таким способом можно выполнить также раннюю неразрушающую диагностику резонансных свойств древесины ели в стадии подроста и молодняков. Приводятся информация со ссылкой на исторические факты о наличии в российских лесах запасов особо ценной для изготовления музыкальных инструментов древесины не только резонансной ели, но и клена с текстурой «птичий глаз». Однако в России до настоящего времени не налажена система рационально-целевого использования такой древесины. В статье приведены перспективные варианты выращивания и сохранения генофонда резонансной ели в лесах России. Предложено внести ряд дополнений в Лесной кодекс с учетом современных рыночных отношений в лесопользовании.

Ключевые слова: резонансная древесина, биоморфология резонансной ели, дендроакустика, неразрушающая диагностика, особенности целевого выращивания.

Термин «резонансная древесина», если судить строго, неточен как с физической, так и с технической точки зрения. Длина звуковых волн, распространившихся по деке поперек волокон, весьма велика по сравнению с расстоянием между самими волокнами древесины, поэтому древесину следует рассматривать как целостный материал, а не как ошибочно подразумевалось

Для цитирования: Федюков В.И. Состояние и перспективы отбора, целевого использования и выращивания резонансной древесины в лесах России // Лесн. журн. 2016. № 5. С. 142–156. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536–1036.2016.5.142

ранее – акустическую систему, «...где волокна играют роль натянутых струн и резонируют на звуки от инструмента» [4, 9]. Иными словами, здесь не происходит явление резонанса, как принято считать в физике. К тому же, лишь 3...5 % общей энергии, подводимой от струн к деке, излучается в окружающую среду в виде звука, значительная часть ее теряется внутри материала и в деталях закрепления на корпусе инструмента [16].

Тем не менее, в практике и технической литературе укоренилось название «резонансная древесина», и оно более близко по смыслу французскому *resonance* или латинскому *resono*, что означает «звучу в ответ». Иными словами, древесину, используемую для дек, называют резонансной за ее акустическую отзывчивость в широком диапазоне частот, придающую особую, свойственную только данному материалу, тембровую окраску музыкальному звучанию инструмента.

Как выяснилось в результате современных исследований, резонансная древесина применяется не только в музыкальных инструментах, но и в акустических панелях для внутренней обшивки концертных залов. Например, в конструкциях зрительного зала Государственного академического большого театра России для достижения эффекта «звучания помещения» за счет усиления и тембровой окраски издаваемого со сцены звука с одновременным эхопоглощением были использованы резонансные лесоматериалы с высокими дендроакустическими показателями [23].

По оценке ЮНЕСКО, данное сооружение именно благодаря внутренней акустике вошло в перечень наиболее выдающихся творений мирового зодчества. Основная заслуга в этом принадлежит петербургскому архитектору Альберту Кавосу, который в проектировании зрительного зала, точнее его объемной формы, применил принцип устройства скрипки.

Способы диагностики и отбора материала для изготовления как музыкальных инструментов, так и акустических панелей условно можно разделить на косвенные и прямые. Не вдаваясь в детальное изложение всех способов [20], остановимся на тех, которые у профессионалов нашли наибольшее применение.

Косвенные способы. Основаны на визуальной оценке «музыкальности» дерева по породе, биоморфологическим признакам, условиям местопроизрастания, а также макроструктуре и внешнему виду древесины.

Порода. Как указывает Е.Ф. Витачек [2], первоначально Амати, Гварнери, Страдивари и другие староритальянские мастера для основной звукоизлучающей детали скрипок – деки, применяли древесину сосны. Путь к пониманию не только силы, но и, главное, красоты звучания от правильно подобранного сочетания резонансной ели (верхняя дека) с кленом (нижняя дека), имеющим волнистую структуру «птичий глаз», был достаточно долгим, трудным и преодолен методом проб и ошибок. Вспомним Страдивари, который свою первую уникальную скрипку создал в возрасте 62 лет, после огромного количества экспериментов!

Сегодня во всем мире для многих видов музыкальных инструментов используется древесина преимущественно хвойных пород, причем среди мастеров большим спросом пользуется древесина резонансной ели, формирующаяся лишь в определенных условиях местопроизрастания у некоторых генетически обусловленных деревьев [20, 22, 34, 35, 41, 42].

Для массового производства музыкальных инструментов ГОСТ 9463–88 «Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия» рекомендует древесину ели, пихты кавказской и кедра сибирского. Однако требования данного нормативно-технического документа ограничены только визуальными размерно-качественными показателями и игнорируют акустику древесины.

В последние годы повысилась активность зарубежных ученых в области изучения акустических и упругих свойств древесины ели как в сортиментах, так и на корню [27–33, 36, 44, 46–48, 51]. В некоторых странах (Словакия) начаты поисковые физико-акустические исследования по выявлению возможности использования древесины других пород для изготовления музыкальных инструментов, особенно струнных (скрипка, классическая гитара и др.). Была изучена древесина фруктовых пород, а именно: черешни, вишни, груши европейской, яблони лесной, ореха и сливы домашней. Полученные результаты показали, что древесина этих пород по акустическим и другим физико-механическим свойствам не соответствует требованиям, предъявляемым для верхней деки, но может применяться при изготовлении отдельных деталей. Наибольший практический интерес представляет древесина черешни, которая по значению акустической константы близка к клену, т. е. годна для изготовления нижней деки. Благодаря такой комбинации достигается оригинальное звучание музыкального инструмента [37].

Важно отметить, что древесина клена остролистного (*Acer platanoides* L.), особенно с текстурой «птичий глаз», наравне с резонансной елью играет главную роль в формировании музыкальных свойств инструмента и также является во всем мире остродефицитным и дорогостоящим лесоматериалом.

В лесах России клен с подобной древесиной еще сохранился, но редко используется по этому назначению; он чаще идет на столярные изделия, мелкие сувениры, дрова и др. Историческая справка: проведенная в 1910 г. экспедиция по Волге ученых-лесоводов и специалистов из Германии обнаружила большие площади резонансной ели в Руткинском лесничестве (ныне Республика Марий Эл), между реками Ветлуга и Рутка, а на горной стороне – кленовые рощи с «особой» текстурой древесины. Сначала эту древесину большими партиями вывозили в Германию, затем было решено построить в Козьмодемьянске мастерские по производству гуслей и др. народных музыкальных инструментов, но эта задача так и не была реализована [18].

Биоморфологические признаки. По выражению проф. О.И. Полубояринова [15], представляют собой «древесиноведческий портрет дерева». Даже не проводя каких-либо испытаний, с определенной степенью можно прогнози-

ровать механические свойства древесины в растущем состоянии, включая резонансные.

Например, ель с резонансной древесиной отличается в первую очередь высокоподнятой и узкой кроной; имеет примерно от 1/3 до 2/3 ствола без сучьев, малый сбеги и почти цилиндрическую поверхность. У таких деревьев от ветровых колебаний формируется более жесткая древесина, имеющая высокий модуль упругости $E_{дин}$, который во многом определяет ее резонансные свойства.

Другой, не менее важный признак резонансной ели – нисходящие ветви; крона в виде колонны, почти симметричная и постепенно убывающая от основания к вершине под углом 30...40°.

Многие мастера при отборе резонансной древесины на корню определенное значение придают ритидоме – структуре и цвету коры, хотя по этому признаку нет единого критерия: одни считают, что у резонансной ели кора должна быть серого цвета и состоять из малых и гладких чешуй, другие предпочитают отдавать гладкокорым формам, третьи рекомендуют для этой цели деревья с округлыми вогнутыми чешуями коры [20].

Размеры, цвет шишек и форма их семенных чешуй. В совокупности характеризуют принадлежность ели к соответствующему филогенетическому биотипу, в определенной мере также служат признаком для визуального прогнозирования качества древесины. Весьма значительным в этом аспекте биоморфологическим признаком является форма семенных чешуй. «Чистые» представители европейской и сибирской ели имеют сравнительно более высокие акустические показатели древесины, чем гибриды; причем резонансные свойства улучшаются по мере перехода от европейского вида к сибирскому [22].

Внешний вид, особенно макроструктура древесины. Превалирующий среди промышленников и мастеров критерий. Национальными стандартами многих стран установлены почти единые требования к макроструктуре: ширина годичных слоев (ШГС) – в пределах 1...4 мм, содержание в них поздней древесины (ПД) – не более 30 %. При этом резонансная древесина должна быть равнослойной, к этому показателю установлены весьма жесткие нормы допуска пороков (крени, сучков, синева, водослоя и др.) [50].

Последние исследования, выполненные на уровне микростроения, показали, что, кроме абсолютного значения ШГС, существенная роль в улучшении акустики древесины принадлежит следующим характеристикам [20, 27, 49]:

границы годичных слоев не должны быть «смазанными»: переход ранней древесины в позднюю – резкий; при наличии «переходной зоны» ее ширина не должна превышать 8...10 % от ширины ранней зоны годичного кольца (подразумевается, что «переходная» зона входит в нее);

удельное распределение поздних трахеид; высокие резонансные свойства лесоматериала достигаются, как правило, если зона поздних трахеид в годичных слоях не будет превышать 20 %.

Условия местопроизрастания (тип леса). Играют большую роль в формировании практически всех физико-механических свойств древесины [5, 7], тем более ее уникальных акустических свойств. До 1911 г., пока профессор Лесного института Н.А. Филиппов не провел изыскания и не доказал наличие резонансной ели в отечественных лесах, считалось, что единственным источником «музыкальной» древесины в Европе являются горные насаждения Карпат, Рудных гор, Тирольских и Баварских Альп, произрастающие в суровых условиях возвышенности и на северных склонах с бедной каменистой почвой [14].

Более поздние исследования подтвердили выводы Н.А. Филиппова и, главное, уточнили: в наших лесах лучшими условиями для формирования резонансной древесины являются ельники черничники, где произрастают спелые и даже переспелые древостои ели II-III класса бонитета, в отдельных регионах – ельники травяно-болотные низинно-проточного типа увлажнения, включая объекты давней гидроресомелиорации [20].

Важно отметить, что в результате засухи 2010 г. произошло резкое уменьшение площадей ельников в наших лесах, особенно спелых древостоев. В связи с этим большой практический интерес представляют сохранившиеся запасы еловой древесины в овражных лесах. К сожалению, за редким исключением они малопригодны как источник резонансного сырья. Во-первых, здесь преобладают высокопроизводительные древостои I и даже I-а классов бонитета; древесина отличается высокой плотностью и широкими годичными слоями (до 10...15 мм), т. е. значительно превышающими общепринятые стандартами нормы (1,0...4,0 мм). Во-вторых, в овражных лесах при ветровом затишье формируется плотная, но менее жесткая древесина, чем у деревьев, испытывающих частые колебания от действия ветров в более возвышенных условиях (горы или просто возвышенности). К тому же, древесина в овражных лесах имеет такие пороки, как крень и водослой, содержит большое количество сучков, особенно крупных.

Прямые способы. Основаны на определении акустической константы излучения звука (K , м⁴/(кг·с)):

$$K = \sqrt{\frac{E_{\text{дин}}}{\rho^3}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{дин}}$ – динамический модуль упругости древесины, МПа;

ρ – плотность древесины, кг/м³.

Для резонансной древесины пороговое значение $K \geq 12$ м⁴/(кг·с).

Следовательно, резонансная древесина представляет собой сочетание несочетаемого: имеет высокую жесткость при минимальной плотности.

Для измерения плотности древесины существует много методов. Более сложным и трудоемким является определение динамического модуля упругости Юнга ($E_{\text{дин}}$) по скорости распространения звука (C , м/с):

$$E_{\text{дин}} = C^2 \rho. \quad (2)$$

Скорость распространения звука, как известно, можно найти двумя методами [1, 38, 43]:

а) путем прямого измерения времени распространения ультразвука (τ , с) через образец определенной длины (l , м):

$$C = \frac{l}{\tau}; \quad (3)$$

б) по резонансной частоте (f_0 , Гц) вынужденных продольных колебаний образца:

$$C = 2 l f_0. \quad (4)$$

Необходимо иметь в виду, что в случае определения скорости распространения звука по первому методу акустическая константа может иметь значение почти на 2 ед. больше по сравнению с результатом, найденным методом резонансной частоты.

Данные о резонансной частоте представляют собой ценную информацию о качестве резонансной древесины, так как с помощью этого показателя можно определять логарифмический декремент продольных и изгибных колебаний, Нп-характеристику скорости затухания колебаний и внутреннее трение (вязкость).

Для определения указанных показателей (включая макростроение) древесины на корню неразрушающим способом можно использовать радиально-поперечные керны, извлекаемые возрастным буровым из ствола дерева на высоте 1,3 м. Лаборатория квалиметрии резонансной древесины Поволжского государственного технологического университета располагает апробированными техническими средствами и новыми методами для комплексных исследований данных объектов [11, 21]. Поскольку модуль упругости и прочность взаимосвязаны [3], имеющиеся приборы можно применять наравне с диагностикой резонансных свойств и для неразрушающего определения других технических свойств древесины на корню.

В некоторых странах параллельно с исследованиями зрелой древесины разрабатываются новые неразрушающие способы раннего выявления технических свойств древесины на корню, т. е. у естественных молодняков или лесных культур [26, 39, 44–47].

Не вдаваясь в детальный анализ, необходимо отметить, что имеется российский приоритет в способе ранней неразрушающей диагностики резонансных свойств ели на корню [12, 13, 17, 24].

Особенности рационально-целевого использования резонансной древесины. Здесь большая роль принадлежит правильной ее заготовке, сушке и хранению.

Лучшим временем для заготовки резонансных лесоматериалов считается первая половина зимы, в вегетационный период французские мастера музыкального дела придерживаются следующего правила – рубка дерева должна происходить в последнюю четверть полнолуния или в новолуние [40].

Причем, лучшей частью ствола для этих целей считается северная, по высоте – первая половина, но необходимо обязательно исключить прикомлевающую зону протяженностью примерно 1,5...2,0 м.

Мастера практикуют долгую естественную сушку, точнее более чем 10-летнее выдерживание древесины в колотых чураках длиной, соответствующей изготавливаемым инструментам. При этом материал приобретает стабильность за счет повышения удельного содержания лигнина и снижения гемицеллюлозной (сахаристой) фракции. Одновременно с этим увеличивается модуль упругости (жесткость) и, соответственно, улучшаются резонансные свойства.

Имеет свои определенные преимущества и перспективу новый способ сушки древесины в токах сверхвысокой частоты, который не только ускоряет этот процесс, но и способствует повышению модуля упругости и акустической константы [10].

В рационально-целевом использовании резонансной древесины большую роль играют уровень полноты и качество нормативно-технической базы. К сожалению, действующий ГОСТ 9462–88 «Лесоматериалы хвойных пород. Технические условия» предусматривает только визуальную оценку по размерно-качественным характеристикам (учет пороков), но игнорирует технические показатели, определяющие резонансную способность древесины, ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия» в последней редакции вообще исключил резонансные сортаменты [25].

Сегодня этот пробел можно восполнить путем разработки и регистрации в Реестре Госстандарта специальных технических условий (ТУ). Например, при недавней реставрации Большого театра в целях обеспечения качественной резонансной древесиной для акустических панелей были внедрены новые ТУ, в соответствии с которыми используемый материал отбирался неразрушающим способом; при этом существенным критерием было значение акустической константы ($K \geq 12 \text{ м}^4/(\text{кг}\cdot\text{с})$) при соблюдении требований ГОСТ 9463–88.

Перспективы выращивания и сохранения генофонда резонансной ели в лесах России. Наука и практика отечественного лесоводства имеют весьма солидную историю, однако вопросы целевого выращивания резонансного сырья до настоящего времени остаются не решенными.

Действующий Лесной кодекс, к большому сожалению, по многим позициям не только не сохранил, а даже утратил достигнутые нашими учеными и

специалистами приоритеты в прогрессивных методах ведения лесного хозяйства страны.

В современных условиях управления лесным хозяйством имеются следующие пути по целевому выращиванию и сохранению генофонда резонансной ели в лесах России:

выявление и паспортизация маточников резонансной ели с уникальными дендроакустическими свойствами в соответствующих условиях местопрорастания (например, в лесах Архангельской, Вологодской, Пермской, Кировской областей, республики Коми, а также других регионов, где еще сохранились запасы спелых ельников);

создание архивно-маточных и целевых плантаций вегетационным методом (например, прививкой взятых от этих маточников черенков на лесные культуры или естественные молодняки ели в возрасте 5...7 лет) [19];

раннее выявление уникальных экземпляров ели путем неразрушающей диагностики резонансных свойств древесины на корню у естественных молодняков, подроста или лесных культур и дальнейшее формирование древостоев целевого назначения по соответствующей технологии лесовыращивания.

Бесспорно, менее затратным и более эффективным является последнее из перечисленных направление. Однако для этого необходимо коренным образом изменить отношение к оценке качества и роли подроста ценных лесобразующих пород, а не ограничиваться действующей по ГОСТ 18486–87 классификацией подроста: благонадежный, сомнительный, неблагонадежный. В дополнение к предложенным И.С. Мелеховым [6] конкретным подходам к оценке состояния и качества подроста (морфологический, анатомический, физиологический, биохимический, фенологический) целесообразно включить в определенных насаждениях и техническое качество. Современные способы ранней неразрушающей диагностики акустических и других физико-механических свойств древесины на корню позволяют выполнить эту задачу.

В плане развития справедливых рыночных отношений в новом Лесном кодексе крайне необходимо предусмотреть включение лесовосстановительного залога с заготовителей древесины, как это было до ликвидации в России Лесного департамента [8]. Размеры данного залога должны быть дифференцированы на основе реальных расчетов, в том числе учитывающих затраты на выявление количества и технического качества подроста (молодняков), на дальнейшее его сохранение и развитие, а также на обязательное выполнение всех других лесовосстановительных и лесокультурных работ.

Таким образом, в диагностике, отборе и целевом выращивании и использовании резонансной древесины с уникальными акустическими свойствами имеются свои особенности, которые еще до конца не установлены. Для решения данной проблемы требуется проводить дальнейшие комплексные исследования путем объединения усилий древесиноведов, лесоводов, физиков-акустиков и мастеров музыкального дела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боровиков А.М., Уголев Б.Н.* Справочник по древесине. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
2. *Витачек Е.Ф.* Очерки по истории изготовления смычковых инструментов. М.: Музыка, 1964. 341 с.
3. *Волынский В.Н.* О взаимосвязи прочности древесины с несколькими ее параметрами // Лесн. журн. 1991. № 4. С. 60–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Кузнецов И.И.* Резонансный лес и его деки // Лесн. хоз-во и лесн. пром-ть. 1930. № 2-3. С. 39–43.
5. *Мелехов И.С.* Значение типов леса и лесорастительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1949. Т. IV. С. 11–21.
6. *Мелехов И.С.* Лесоведение: учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 408 с.
7. *Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А.* Качественные характеристики древесины сосны в культурах: учеб. пособие для вузов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. 116 с.
8. *Моисеев Н.А.* Наука и практика управления лесами и его законодательного обеспечения // Лесн. хоз-во. 2011. № 2. С. 13–14.
9. *Нестеров Н.С.* О резонансном лесном материале для струнных инструментов // Рус. лес. дело. 1892. № 1. С. 13–16.
10. Пат. № 2034697 РФ. Способ обработки резонансной древесины / Кейс В.Н., Козырев А.Б., Куз В.Г., Макарьева Т.А., Федюков В.И. № 92016513; заявл. 04.11.92; опубл. 10.05.92, Бюл. № 4.
11. Пат. № 2130611 РФ. Способ диагностики резонансных свойств древесины и устройство для его осуществления / Федюков В.И., Веселов Л.Н., Веселов В.Л. № 97109185; заявл. 28.05.97; опубл. 20.05.99, Бюл. № 4.
12. Пат. 2439561 РФ. МПК G 01 N 33/46. Способ ранней диагностики резонансных свойств древесины / Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Васенев А.Л. № 2439561 С2; заявл. 26.03.2009; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
13. Пат. 2523033 РФ. МПК G 01 N 33/46. Устройство для фиксации образца при дендроакустических испытаниях по раннему выявлению резонансных свойств древесины на корню / Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Васенев Е.А. № 2523033 С2; заявл. 21.03.2012; опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20.
14. *Пахарь Г.А.* О пригодности русской ели для выработки резонаторов // Лесопромышленник: еженед. журн. лесн. пром-сти и торговли. № 1, вып. 2. С. 129–131.
15. *Полубояринов О.И.* Морфология дерева как раздел биологического лесоведения // Современные проблемы лесоведения: сб. ст. Йошкар-Ола, 1996. С. 9–10.
16. *Римский-Корсаков А.В., Дьяконов Н.А.* Музыкальные инструменты: Методы исследований и расчеты. М.: Местн. пром-сть, 1952. 345 с.
17. *Салдаева Е.Ю.* Разработка метода ранней неразрушающей диагностики резонансных свойств древесины ели на корню: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2015. 16 с.
18. *Сануков Н.К.* Единственная в России // Марий Эл: вчера, сегодня, завтра. 1994. № 5-6. С. 82–84.
19. Технология создания маточно-архивной плантации резонансной ели с уникальными акустическими свойствами древесины: отчет о НИР / МарГТУ; рук. В.И. Федюков, отв. исп. Э.П. Лебедева. ГР 01.9.70. 004850; Инв. 03.9.70. 002576. Йошкар-Ола, 1995. 28 с.

20. Федюков В.И. Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. 204 с.
21. Федюков В.И. Электронный дендрометр для отбора резонансной древесины // Деревообраб. пром-сть. 1990. № 7. С. 30–31.
22. Федюков В.И. Форма семенных чешуй ели как диагностический признак резонансной ели на корню // Лесн. журн. 2012. № 6. С. 16–23. (Изв. высш. учеб. заведений).
23. Федюков В.И., Салдаева Е.Ю. Резонансная ель для реконструкции Большого театра // Лесн. хоз-во. 2011. № 2. С. 13–14.
24. Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М. Ранняя диагностика технического качества подростка как важный элемент интенсификации лесопользования в России // Лесн. журн. 2012. № 6. С. 16–23.
25. Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М. Стандартизация резонансной древесины: необходимо совершенствование // Стандарты и качество. 2014. № 4. С. 54–57.
26. Aoki Tsutomu, Yamada Tadashi. The viscoelastic Properties of Wood Used for Musical Instruments // Presented Partly on the 21-st Meeting of the Japan Wood Research Society. Nagoya, 1971. April. P. 42.
27. Блъскова Г., Тричков Н., Бърдаров Н. Изследване на акустичните при надлъжни и напречни вълни на смърчова дървесина // Сб. научни доклади «50 години лесотехнически университет». Секция дървообработване и производство на мебели. София, 1–3 април. 2003. С. 51–54.
28. Bucur V. Determination du module D'Young du bois par une methode dynamique sur carottes de sondage // Ann. Sci. Forest. 1981. Vol. 38(2). P. 298.
29. Bucur V. An ultrasonic method for measuring the elastic constants of wood increment cores bored from living trees // Ultrasonic. 1983. May. Vol. 21, N 1. P. 116–126.
30. Bucur V. Acoustics of Wood. Springer Series in Wood Science. Berlin, 2006. P. 345.
31. Culik M. Drevo a jeho využitie vo vyrobe hudobnych nástrojov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2013. 93 p.
32. Danihelova A. Relevant Physical Acoustics of Spruce Wood as a Material for Musical Instruments // Proceedings of the 8th World Conference on Timber Engineering. Lahti, Finland, 2004. P. 491–494.
33. Danihelova. A., Culik M. Netradicne využitie jarabiny vtacej na výrobu konstrukcných súčastí violy // Noise and vibration in practice: proceedings of the 18th International Acoustic Conference. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2013. P. 27–30.
34. Devide Z. Biljke kayo gradevni material za music instrument // Vijestijazu. 1984. N 9-10. P. 36–37.
35. Devide Z. Rezonantno drevo gudackin instrumenata // Tonovi Strucni i prijevodi. 1989. N 8. P. 10–18.
36. Droste Hans-Joachin. Impact of timber certification on sustainable test management. Part 1. Hamburg, 1996. 52 p.
37. Halachan P., Spisiak D. Physical-acoustical characteristics of chosen fruitwoods // Proc. 5th Int. Symp. of Regional Coordination Council on Wood Sci. “The Structure, Quality, Properties of Wood-2014”, 22–25 September 2014. Moscow, 2015, pp.182–189.
38. Holz D. Zum Alterungsverhalten des Werkstoffes Holz-einige Ansichten, Untersuchungen, Ergebnisse // Holztechnologie. 1981. N 2. P. 80–85.

39. Hsu Linda C.-Y., Chauhan Shakti S., King N. Modulus of elasticity of stemwood vs branchwood in 7-year-old *Pinus radiata* Families // N. Z. J. Forest. Sci. (School of Forestry, University of Canterbury, Private Bag 4800, Christchurch, New Zealand). 2003. N 33(1). P. 35–46.
40. Huber F. Definition de caracteristiques simples decrivant les arbres et le bois de l'epicea commun (*Picea excelsa* Link) et pouvant etre prises en flite pour l'evaluation de la ressource en bois de resonance (station de recherches sur la qualite des bois) // INRA. Centre de recherches forestiers. Champenoux 54280 Seichamps. 1989. 38 p.
41. Ille R. Osetreni a vlastnosti rezonancniho dfevo smrku pro mistrovske lisle // Drevo. 1978. N 33. P. 133–138.
42. Ille R. Rezonancni dfevo smrku pro mistrovske housle // Drevo. 1979. N 34. P. 303–304.
43. Kollman F. Holz und Schall-Theorie und Nutzenwendung // Holz-Zentralblatt. 1983. N 14, 2 Februar. P. 18–35.
44. Lindstrom H., Harris P., Nakada R. Methods for measuring stiffness of young trees // Holz als Roh- und Werkstoff. 2002. Vol. 60. P. 165–167.
45. Lindstrom H., Nakada R., Ralston J. Cell wall structure and wood properties determined by acoustics – a selective review // Holz Roh- und Werkstoff. 2003. Vol. 61, N 5. P. 321–335.
46. Mamdy C., Rozenberg P., Bastion J.C. Non-Destructive assessment modulus of elasticity in genetic field tests in France: 20 IUERO World Congr., Tampere, 7–11 Aug. 1995 // IAWA J. 1995. N 1. P. 16.
47. Nakanura N. Development of measuring Young's modulus of planting stock // Japan For Soc. 1997. Vol. 79(1). P. 43–48.
48. Nemecek V. K zajisteni proucke rezonancniho dreva // Lesnicka prace. 1979. N 58(3). P. 105–109.
49. Parlovcs Gunars, Dolacis Janis, Antons Andis, Cirule Dace. Relationship between the anatomical structure elements and physical properties in the trunk transverse and longitudinal direction for wood of Norway spruce grooving in Latvia // Ann. Warsaw Univ. Life Sci. Forest. and Wood Technol. 2010. N 72. P. 124–128.
50. Rajcan E. Die Physikalisch – akustischen charakteristiken von holz als material fur die production von streichinstrumenten // Latest achievements in research of wood structure and physics. Zvolen: Vysoka skola lesnicka a drevarska vo Zvolene, 1990. P. 56.
51. Yoshihara H. Off-axis Young's modulus and off-axis shear modulus of wood measured by flexural Vibration tests // Holzforchung. 2012. Vol. 66, N 2. P. 207–213.

Поступила 17.01.16

UDC 630*6

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.5.142

State of the Art and Prospects of Sounding Timber Selection, Targeted Use and Cultivation in the Forests of Russia

V.I. Fedyukov, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Volga State University of Technology, Lenin sq., 3, Yoshkar-Ola, Mari El Republic, 424000, Russian Federation; e-mail: fiv48@mail.ru

A brief excursus of domestic and foreign literature sources concerning the concept of sounding wood and the diagnostic methods of its technical properties in the targeted selection of standing trees and assortments is presented. Two concepts, which are used by the instrument-making masters in the selection of necessary material are analyzed: evaluation of its quality on the basis of indirect biomorphological indicators of a growing tree and direct measurements of physical and acoustic performance of wood. In the first case, the sufficient information can be obtained by analyzing the following features: the species, timber macrostructure, trunk habit, size, cones color, and most importantly, the form of their seed scales, color and structure of the bark, the type of tree branching. Detection of an acoustic constant on the basis of cross frequency and amplitude characteristics presents more authentic data on sounding properties of wood than the speed of sound passage along-the-grain. This way allows us to perform the early nondestructive diagnostics of resonating characteristics of spruce wood in the stage of undergrowth or young stand stage. The paper gives the information with a reference to the historical facts about the reserves in the forests of Russia of spruce wood and bird's-eye maple especially valuable for musical instruments manufacturing. Despite this fact the system of the rational and targeted use of such wood has not been established in Russia. The paper suggests promising ways of cultivation and preservation of the sounding spruce gene resources in the forests of Russia. The author offers to make some amendments to the Forest Code of the Russian Federation taking into account the present-day market relations in the forest exploitation.

Keywords: sounding timber, sounding spruce biomorphology, dendro-acoustics, nondestructive diagnostics, peculiarities of targeted cultivation.

REFERENCES

1. Borovikov A.M., Ugolev B.N. *Spravochnik po drevesine* [Timber Reference Book]. Moscow, 1989. 296 p.
2. Vitachek E.F. *Ocherki po istorii izgotovleniya smychkovykh instrumentov* [Essays on the History of Bow-Instrument Making]. Moscow, 1964. 341 p.
3. Volynskiy V.N. O vzaimosvyazi prochnosti drevesiny s neskol'kimi ee parametrami [On the Interrelations of Wood Strength and Its Several Parameters]. *Lesnoy zhurnal*, 1991, no. 4, pp. 60–64.

For citation: Fedyukov V.I. State of the Art and Prospects of Sounding Timber Selection, Targeted Use and Cultivation in the Forests of Russia. *Lesnoy zhurnal*, 2016, no. 5, pp. 142–156. DOI: 10.17238/issn0536–1036.2016.5.142

4. Kuznetsov I.I. Rezonansovyy les i ego deki [Resonance Wood and Its Sound Boards]. *Lesnoe khozyaystvo i lesnaya promyshlennost'*, 1930, no. 2–3, pp. 39–43.
5. Melekhov I.S. Znachenie tipov lesa i lesorastitel'nykh usloviy v izuchenii stroeniya drevesiny i ee fiziko-mekhanicheskikh svoystv [Significance of Forest Types and Sites in the Study of the Wood Structure and Its Physical and Mechanical Properties]. *Trudy Instituta lesa AN SSSR* [Proceedings of the Forest Institute of the USSR Academy of Sciences], 1949, vol. IV, pp. 11–21.
6. Melekhov I.S. *Lesovedenie* [Silviculture]. Moscow, 1980. 408 p.
7. Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A. *Kachestvenne kharakteristiki drevesiny sosny v kul'turakh* [Pine Wood Qualitative Characteristics in Cultures]. Arkhangel'sk, 2005. 116 p.
8. Moiseev N.A. Nauka i praktika upravleniya lesami i ego zakonodatel'nogo obespecheniya [Science and Practice of Forest Management and Its Legislative Support]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2011, no. 2, pp. 13–14.
9. Nesterov N.S. O rezonansnom lesnom materiale dlya strunnykh instrumentov [On Sounding Wood for Stringed Instruments]. *Russkoe lesnoe delo*, 1892, no. 1, pp. 13–16.
10. Keys V.N., Kozyrev A.B., Kuz V.G., Makar'eva T.A., Fedyukov V.I. *Sposob obrabotki rezonansnoy drevesiny* [A Method of a Resonant Wood Treating]. Patent RF, no. 2034697, 1992.
11. Fedyukov V.I., Veselov L.N., Veselov V.L. *Sposob diagnostiki rezonansnykh svoystv drevesiny i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [The Diagnostic Method of Resonance Properties of Wood and the Device for Its Implementation]. Patent RF, no. 2130611, 1997.
12. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Vasenev A.L. *Sposob ranney diagnostiki rezonansnykh svoystv drevesiny* [The Method of Early Diagnosis of Resonance Properties of Wood]. Patent RF, no. 2439561, 2009.
13. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Vasenev E.A. *Ustroystvo dlya fiksatsii obraztsa pri dendroakusticheskikh ispytaniyakh po rannemu vyyavleniyu rezonansnykh svoystv drevesiny na kornyu* [The Device for Fixing a Sample at Dendro-Acoustic Tests for the Early Detection of Resonance Properties of Standing Timber]. Patent RF, no. 2523033, 2012.
14. Pakhar' G.A. O prigodnosti russkoy eli dlya vyrabotki rezonatorov [On the Aptitude of Russian Spruce for Producing of Soundboards]. *Lesopromyshlennik: ezhenedel'nyy zhurnal lesnoy promyshlennosti i trgovli*, vol. 1, no. 2, pp. 129–131.
15. Poluboyarinov O.I. Morfologiya dereva kak razdel biologicheskogo drevesinovedeniya [Tree Morphology as a Part of Biological Wood Science]. *Sovremennye problemy drevesinovedeniya* [Modern Problems of Wood Science]. Yoshkar-Ola, 1996. pp. 9–10.
16. Rimskiy-Korsakov A.V., D'yakonov N.A. *Muzykal'ne instrumenty: Metody issledovaniy i raschety* [Musical Instruments: Research Methods and Calculations]. Moscow, 1952. 345 p.
17. Saldaeva E.Yu. *Razrabotka metoda ranney nerazrushayushchey diagnostiki rezonansnykh svoystv drevesiny eli na kornyu*: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [A Method Development for Early Nondestructive Diagnosing of Resonant Properties of Standing Spruce Wood: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Voronezh, 2015. 16 p.
18. Sanukov N.K. Edinstvennaya v Rossii [The Only in Russia]. *Mariy El: vchera, segodnya, zavtra*, 1994, no. 5–6, pp. 82–84.

19. Fedyukov V.I., Lebedeva E.P. *Tekhnologiya sozdaniya matochno-arkhivnoy plantatsii rezonansnoy eli s unikal'nymi akusticheskimi svoystvami drevesiny: Otchet o NIR* [Technology of Creating a Clone Bank of Sounding Spruce with Unique Acoustic Timber Properties: R&D Report]. Yoshkar-Ola, 1995. 28 p.
20. Fedyukov V.I. *El' rezonansnaya: otbor na kornyu, vyrashchivanie, sertifikatsiya* [Sounding Spruce: Standing Trees Selection, Cultivation, Certification]. Yoshkar-Ola, 1998. 204 p.
21. Fedyukov V.I. Elektronnyy dendrometr dlya otbora rezonansnoy drevesiny [Electronic Dendrometer for the Sounding Wood Selection]. *Derevoobrabatvyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking Industry], 1990, no. 7, pp. 30–31.
22. Fedyukov V.I. Forma semennykh cheshuy eli kak diagnosticheskiy priznak rezonansnoy eli na kornyu [The Spruce Seed Scale Form as a Diagnostic Property of Standing Sounding Spruce]. *Lesnoy zhurnal*, 1998, no. 1, pp. 23–30.
23. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu. Rezonansnaya el' dlya rekonstruktsii Bol'shogo teatra [Sounding Spruce for the Bolshoi Theatre Reconstruction]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2011, no. 2, pp. 13–14.
24. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Tsvetkova E.M. Rannyya diagnostika tekhnicheskogo kachestva podrosta kak vazhnyy element intensivatsii lesopol'zovaniya v Rossii [Early Diagnosis of the Undergrowth Technical Quality as an Important Element of the Forest Management Intensification in Russia]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 6, pp. 16–23.
25. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Tsvetkova E.M. Standartizatsiya rezonansnoy drevesiny: neobkhodimo sovershenstvovanie [Sounding Wood Standardization: the Improvement is Urgent]. *Standarty i kachestvo*, 2014, no. 4, pp. 54–57.
26. Aoki Tsutomu, Yamada Tadashi. The Viscoelastic Properties of Wood Used for Musical Instruments. *Presented Partly on the 21st Meeting of the Japan Wood Research Society*. Nagoya, 1971, p. 42.
27. Bl'skova G., Trichkov N., B"rdarov N. Izsledvane na akustichnite pri nadl"zhni i naprechni v"lni na sm"rchova d"rvesina. *Sb. nauchni dokladi "50 godini lesotekhnicheski universt"*. *Sektsiya d"rvoobrabotvane i proizvodstvo na mebeli*. Sofia, 2003. pp. 51–54.
28. Bucur V. Determination du module d'Young du bois par une methode dynamique sur carottes de sondage. *Annales des sciences forestieres*, 1981, vol. 38(2), pp. 283–298.
29. Bucur V. An Ultrasonic Method for Measuring the Elastic Constants of Wood Increment Cores Bored from Living Trees. *Ultrasonic*, 1983, vol. 21, no. 1, pp. 116–126.
30. Bucur V. Acoustics of Wood. *Springer Series in Wood Science*. Berlin, 2006, p. 345.
31. Culik M. *Drevo a jeho vyuzitie vo vyrobe hudobnych nastrojov*. Zvolen, 2013. 93 p.
32. Danihelova A. Relevant Physical Acoustics of Spruce Wood as a Material for Musical Instruments. *Proc. of the 8th World Conf. on Timber Engineering*. Finland, Lahti, 2004, pp. 491–494.
33. Danihelova A., Culik M. Netradicne vyuzitie jarabiny vtacej na vyrobu konstrukcnych sucasti violy. *Noise and Vibration in Practice: Proc. of the 18th Int. Acoustic Conf.* Bratislava, 2013, pp. 27–30.
34. Devide Z. Biljke kayo gradevni material za music instrument. *Vijestijazu*, 1984, no. 9–10, pp. 36–37.

35. Devide Z. Rezonantno drevo gudackin instrumenata. *Tonovi Strucni i prijevodi*, 1989, no. 8, pp. 10–18.
36. Droste Hans-Joachin. *Impact of Timber Certification on Sustainable Test Management. Part I*. Hamburg, 1996. 52 p.
37. Halachan P., Spisiak D. Vybrané modifikácie povrchu dreva a ich vplyv na fyzikálno-akustické. *Proc. 5th Int. Symp. of Regional Coordination Council on Wood Sci. "The Structure, Quality, Properties of Wood-2014"*, 22–25 September 2014. Moscow, 2015, pp. 182–189.
38. Holz D. Zum alterungsverhalten des Werkstoffes Holz-einige Ansichten, Untersuchungen, Ergebnisse. *Holztechnologie*, 1981, no. 2, pp. 80–85.
39. Hsu Linda C.-Y., Chauhan Shakti S., King N. Modulus of Elasticity of Stemwood vs Branchwood in 7-Year-Old *Pinus Radiata* Families. *N. Z. J. Forest. Sci.*, 2003, no. 33(1), pp. 35–46.
40. Huber F. Definition de caracteristiques simples decrivant les arbres et le bois de l'epicea commun (*Picea excelsa* Link) et pouvant etre prises en flite pour l'evaluation de la ressource en bois de resonance (station de iherches sur la gualite des bois). *INRA. Centre de recherches forestiers*, 1989. 38 p.
41. Ille R. Osetreni a vlastnosti rezonancniho drevo smrku pro mistrovske lisle. *Drevo*, 1978, no. 33, pp. 133–138.
42. Ille R. Rezonancni drevo smrku pro mistrovske housle. *Drevo*, 1979, no. 34, pp. 303–304.
43. Kollman F. Holz und Schall-Theorie und Nutzenwendung. *Holz-Zentralblatt*, 1983, no. 14, pp. 18–35.
44. Lindstrom H., Harris P., Nakada R. Methods for Measuring Stiffness of Young Trees. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 2002, no. 60, pp. 165–167.
45. Lindstrom H., Nakada R., Ralston J. Cell Wall Structure and Wood Properties Determined by Acoustics – a Selective Review. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 2003, vol. 61, no. 5, pp. 321–335.
46. Mandy C., Rosenberg P., Bastion J.C. Non-Destructive Assessment Modulus of Elasticity in Genetic Field Tests in France: 20 IUERO World Congr., Tampere, 7–11 August, 1995. *IWA Journal*, 1995, no. 1, p. 16.
47. Nakamura N. Development of Measuring Young's Modulus of Planting Stock. *Journal of the Japanese Forestry Society*, 1997, no. 79(1), pp. 43–48.
48. Nemecek V. K zajisteni proukce rezonancniho dreva. *Lesnicka prace*, 1979, no. 58(3), pp. 105–109.
49. Parlovcs G., Dolacis J., Antons A., Cirule D. Relationship Between the Anatomical Structure Elements and Physical Properties in the Trunk Transverse and Longitudinal Direction for Wood of Norway Spruce Grooving in Latvia. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. Forest. and Wood Technol.*, 2010, no. 72, pp. 124–128.
50. Rajcan E. Die physikalisch-akustischen Charakteristiken von Holz als Material fur die Production von Streichinstrumenten. *Latest Achievements in Research of Wood Structure and Physics*. Zvolen, 1990, p. 56.
51. Yoshihara H. Off-Axis Young's Modulus and Off-Axis Shear Modulus of Wood Measured by Flexural Vibration Tests. *Holzforchung*, 2012, no. 66(2), pp. 207–213.

Received on January 17, 2016