

МБОУ «Лесхозская средняя общеобразовательная школа» Арского
муниципального района Республики Татарстан,
школьное лесничество МБОУ «Лесхозская СОШ» Арского муниципального
района Республики Татарстан

**Изменчивость свойств основных лесобразующих пород древесины
Арского лесхоза РТ в зависимости от условий произрастания**

Выполнил:
Галимов Ильяс Эдуардович, 10 класс

Научные руководители:
учитель химии высшей категории
Курбанова Салимя Адхамовна,
учитель географии
Шакиров Василь Габделбарович

п. Урняк, 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1 Аналитический обзор.....	5
1.1 Анализ проблем лесопользования РТ.....	5
1.2 Оценка потенциала древесной биомассы Арского лесхоза РТ.....	6
1.3 Краткая характеристика исследуемых древесных пород и их использование.....	7
1.4 Изменчивость свойств древесины.....	9
Глава 2 Экспериментальная часть.....	11
2.1 Оценка макроскопических параметров древесины.....	11
2.2 Определение физико-механических свойств древесины.....	11
2.3 Определение влажности древесины.....	12
2.4 Определение содержания минеральных веществ в древесине.....	12
Глава 3 Обсуждение результатов.....	13
Заключение.....	16
Список литературы.....	17
Приложение 1.....	18
Приложение 2.....	19
Приложение 3.....	29
Приложение 4.....	30
Приложение 5.....	35
Приложение 6.....	42
Приложение 7.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Древесина – экологически дружелюбный материал. Отработанная древесина биологически разлагается и не загрязняет окружающую среду.

Большой спрос на древесину в настоящее время и расширение её потребления в будущем особо остро ставят вопрос о рациональном использовании лесных богатств, как важной части общей проблемы охраны природы.

Лесосека в РТ до 2010 года выполнялась на 25-26%, похожая картина и по всей России. Большой запас перестойного леса из-за несвоевременной его переработки, и рост неосвоения расчетной лесосеки влечет за собой экологические и экономические проблемы. Старовозрастные леса чаще подвержены пожарам, они уже не вырабатывают, а поглощают кислород, и загрязняют водные ресурсы.

К нерешенным пока проблемам в лесопользовании следует отнести вопросы наиболее полного использования древесины во всех группах и категориях лесов с учетом показателей оптимальной и фактической лесистости по каждому району республики.

Сбалансированию экономических и экологических интересов серьезно мешает отсутствие научной базы. Лесная политика должна базироваться на проверенных практикой научных исследованиях и учитывать региональные особенности [1,2,3].

О целесообразности проведения такого масштабного исследования учеными различных научных специальностей и наложения результатов на единую карту РТ было высказано директором филиала ФБУ «ВНИИЛМ» «Восточно-европейская лесная опытная станция» Заслуженным лесоводом Республики Татарстан А.С. Пуряевым.

Надеемся, что наша работа положит начало масштабному исследованию.

В данной работе дается сравнительный экспериментальный анализ свойств древесины некоторых основных лесобразующих пород Арского лесхоза со свойствами таких же пород древесины, заготовленных в идентичных условиях в Нижнекамском лесхозе.

Актуальность и новизна данного проекта состоит в том, что мы предлагаем использование древесины различных районов РТ в зависимости от экспериментально исследованного комплекса её свойств. Таким образом, более рациональное использование древесины позволит снизить количество невостребованной перестойной древесины и улучшить лесную экологию.

Цель работы: Улучшение лесной экологии в результате более рационального использования древесины различных районов РТ, ориентированного на учет комплекса её свойств.

Задачи:

- Анализ проблем лесопользования РТ.
- Оценка потенциала древесной биомассы Арского лесхоза РТ.

- Экспериментальная оценка макроскопических параметров, физико-механических свойств и содержания минеральных веществ в древесине основных лесобразующих пород Арского лесхоза РТ в сравнении с аналогичными образцами Нижнекамского лесхоза РТ.

Объект исследования: образцы древесины основных лесобразующих пород лесного фонда Арского лесхоза РТ и аналогичные образцы древесины Нижнекамского лесхоза РТ:

- сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*);
- липа низкоствольная мелколистная (*Tilia cordata Mill.*);
- осина обыкновенная (*Populus tremula L.*).

Предмет исследования: Комплекс свойств древесины основных лесобразующих пород Арского лесхоза РТ в зависимости от условий (в первую очередь места) произрастания, необходимых при её обработке и применении, ввиду их изменчивости.

ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Анализ проблем лесопользования РТ

Лесной комплекс Республики Татарстан, включающий в свой состав лесное хозяйство и лесопромышленные отрасли по заготовке и переработке древесины, занимает важное место в экономике республики. Леса республики, которые выполняют защитные, водоохранные и оздоровительные функции, участвуют в поддержании и регулировании экологического баланса.

Особенность лесов состоит в том, что они являются возобновляемыми в отличие от многих других природных ресурсов. Это позволяет организовать их неистощительное использование. При этом необходимо учитывать лесную экологию. Сохранение биологического разнообразия - необходимое условие ведения лесохозяйственной деятельности. При проведении рубок на лесных участках существенно изменяются условия среды обитания. В изменившихся условиях произрастания могут существовать лишь только свойственные новым условиям лесные биоценозы, поэтому при сплошных рубках, коренным образом меняющих среду обитания, необходимо максимальное сохранение биотопов (относительно однородных по абиотическим факторам среды пространств, занятых биоценозом).

Татарстан относится к малолесным регионам России. Лесистость по республике составляет около 17,5%, крайне неравномерна по районам и колеблется от 2,8 до 41,1%.

Средний возраст лесных насаждений составляет 46 лет.

На долю молодняков приходится 21,9%, средневозрастных – 35%, приспевающих – 16,1%, спелых и перестойных – 27% покрытой лесом площади. Возрастная структура является хорошим признаком дальнейшей интенсификации лесного хозяйства.

Леса республики имеют многоцелевое значение, и режим пользования ими требует высокого уровня ведения лесного хозяйства.

Запасы лесных ресурсов республики составляют 199,3 млн.куб.метров.

С переходом от плановой экономики, когда у лесоводов главной была задача качественно вырастить лес, то в условиях рынка эта задача заключается в том, чтобы посадить и вырастить такой лес, который будет максимально востребован, и лучше своей промышленностью – промышленностью РТ.

Поэтому необходимы знания о качестве древесины при лесовыращивании, учитывающей интересы потребителя и производителя основных видов лесопродукции.

Одни из основных факторов, обуславливающих появление системных проблем в развитии лесного комплекса: наличие эксплуатационных запасов древесины, представленными в основном мягколиственными, низкотоварными древостоями и неудовлетворительное научное обеспечение лесного хозяйства. Отмечено, что сокращение бюджетного финансирования

привело к значительному уменьшению научно-исследовательских работ, помогающих решать проблемы стратегического характера.

Более полное, эффективное использование древесины опирается на достижения науки и передового опыта и во многом зависит от познания её фундаментальных свойств [1,3,4].

Комплекс сведений о макроскопическом строении древесины, физико-механических свойствах и содержании минеральных веществ в древесине некоторых основных лесообразующих пород Арского лесхоза РТ в сравнении с аналогичными породами Нижнекамского лесхоза РТ будет получен нами в результате данной работы.

1.2 Оценка потенциала древесной биомассы Арского лесхоза РТ

Лесной покров земли занимает более одной пятой суши. Мировые запасы древесины составляют около 380 млрд. м³ [1]. Россия – крупнейшая лесная держава, ее лесопокрытая площадь составляет 774 млн. га, а запасы древесины – около 80 млрд. м³. Это означает, что на долю России приходится более 1/5 лесопокрытой площади планеты и мировых запасов древесины. Лесистость страны, определяемая по отношению площади покрытых лесом земель к общей территории, составляет 44,7%. В составе лесов России произрастают около 300 видов деревьев, большое число видов кустарников и лиан.

Распределение запасов древесины в лесах административных территорий России очень неравномерно.

Лесной фонд Республики Татарстан насчитывает 1271,1 тыс.га, а лесистость составляет чуть более 17,5%. Породный состав лесов РТ также имеет существенные отличия от средних по стране (приложение, рис.1).

Распределение лесов по территории РТ, как видно из карты лесов (приложение, рис.2), также очень неравномерно. В настоящее время в составе Министерства лесного хозяйства РТ 30 ГКУ – лесничеств, 30 ГБУ «Лес», 26 государственных природных заказников и 137 памятников природы регионального значения [3]. Но, поскольку, автор работы, является учащимся лесохозяйственной школы Арского района РТ, объектом нашего внимания и исследования является в первую очередь Арский лесхоз.

Арский лесхоз основан в 1931 году. Лесхоз расположен в северо-западной части республики и занимает территорию Арского, Балтасинского и Атнинского районов, являющихся относительно малолесными. В его состав входят 3 участковых лесничества: Тукайское, Сурнарское, Балтасинское.

Протяженность территории лесничества с севера на юг – 48 км, с востока на запад – 60 км. Общая площадь земель лесного фонда, покрытая лесом, составляет 30019 га [3].

Распределение покрытой лесом площади Арского лесхоза представляется следующими породами: сосна – 10524 га; ель – 6938 га; дуб – 1136 га; берёза – 3746 га; осина – 2297 га; липа – 3826 га; кустарники и несомкнувшиеся лесные культуры – остальное (приложение, рис.3), общий

запас древесины равен 5181,1 тыс.м³, расчетная лесосека составляет 23,7 тыс.м³.

Арский лесхоз РТ осуществляет многогранную деятельность в соответствии с Лесным кодексом. В целях достижения высоких результатов уделяется большое внимание проведению на базе лесхоза научно-исследовательских работ, а также внедрению достижений науки и передового опыта.

В перерабатывающем цеху производится до 30 видов продукции из древесины. Ассортимент выпускаемой продукции непрерывно обновляется, согласно запросам и реалиям современного рынка, в том числе: лес круговой, срубы, пиломатериалы, штакетник, облицовочная доска, тара ящичная, мочальные изделия, дрова.

Лесничество расположено в лесодефицитном районе республики. Лесистость района расположения лесничества составляет 12,8%, что значительно ниже средней лесистости по РТ. Из основных лесообразующих пород Арского лесхоза для исследования были выбраны сосна обыкновенная (как самая распространенная хвойная порода Арского лесхоза), липа мелколистная (как самая распространенная лиственная порода Арского лесхоза), а также интерес представляла осина обыкновенная (как основная порода в составе перестойной древесины). Ниже приведем краткие характеристики исследуемых древесных пород и отметим основные области их промышленного использования.

1.3 Краткая характеристика исследуемых древесных пород и их использование

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*) – род хвойных вечнозеленых деревьев. Ядровая порода. Ядро в свежесрубленном стволе слегка розоватое, со временем темнеет и становится буровато-красным. Заболонь имеет различные оттенки – от желтоватого до розовато-белого цвета – и в зависимости от возраста ствола изменяется по ширине от 5 до 10 см.

Годичные слои хорошо различаются и заметны на всех разрезах. Они состоят из светлой (белого цвета) ранней древесины и темной, окрашенной в красновато-бурый цвет – поздней.

Древесина сосны умеренно легкая, умеренно усыхающая, умеренно прочная, мягкая и умеренно хрупкая.

Хвоя сосны обыкновенной в больших количествах содержит витамин С и каротин и используется для получения кормовой добавки.

Ствол и ветви сосны пронизаны смоляными ходами, наполненными смолой, которую обычно называют «живицей», она имеет большое значение для дерева: заживляет раны, нанесенные ему, отпугивает насекомых вредителей. Живицу добывают путем подсочки. Используют для получения скипидара, канифоли и т.д. «Смолистый воздух», богатый озоном и чистый от микробов, в сосновых лесах издавна славится своими благоприятными свойствами для здоровья человека. В медицине широко используются

сосновые почки, собираемые весной до их распускания. В почках содержатся смолы, эфирные масла, крахмал, горькие и дубильные вещества. Сосновые леса, благодаря исключительной ценности сосновой древесины, являются основным объектом лесозаготовки и экспортируются в больших количествах. Древесина сосны используется в строительстве, машиностроении, мебельном, тарном производстве. Широко используется как сырьё для химической переработки с целью получения целлюлозы и кормовых дрожжей.

Липа мелколистная (*Tilia cordata Mill*) – род листопадных деревьев. Безъядровая заболонная порода. Относится к рассеянно-сосудистым листовидным породам. Древесина по всему сечению ствола равномерно окрашена в белый цвет с легким розоватым оттенком.

Годичная слоистость выделяется слабо. Годичные слои различаются лишь на поперечном и тангенциальном разрезах; на радиальном разрезе годичные слои незаметны.

Древесина липы имеет однообразное, равномерное строение. По показателям физико-механических свойств, она легкая, значительно усыхающая, непрочная, очень мягкая и умеренно хрупкая.

Древесина липы мягкая и легкая. Она хорошо режется и колется и потому широко используется в резьбе по дереву. Высоко ценится в столярном деле, несмотря на то, что не отличается прочностью. Из нее изготавливают деревянную посуду, иконостасы, гармоники, игрушки, карандаши. В царские времена мошенники вырезали из липы копии царских (княжеских) печатей (отсюда и выражение – «липовая печать», или просто «липа» – подделка).

Цветки липы обладают рядом целебных свойств. Липа используется в качестве лекарственного медоносного средства.

Из коры (луба) старых деревьев изготавливают мочала, а луб молодых липок даёт лыко, из которого раньше плели лапти, кузовки и другие полезные предметы.

Осина обыкновенная (*Populus tremula L.*) – листопадное дерево рода тополь. Безъядровая спелодревесная порода. Относится к рассеянно-сосудистым листовидным породам.

Древесина одинакового белого цвета с зеленоватым оттенком по всему сечению ствола. Годичные слои различаются плохо.

Древесина осины легкая, умеренно усыхающая, непрочная, мягкая, умеренно вязкая. Её широко использовали в быту: делали ложки-плошки и кадушки, которые не гнили и в которых хорошо хранились, не плесневая, квашенные заготовки. Мастерили шкатулки, ларцы и всевозможные украшения. Ладили ульи-дуплянки, скворечники. Дверные пороги, настилы на улице, колодцы и бани также строили и продолжают строить из осины, потому как она не боится влаги. Именно осиновым лемехом покрыты купола знаменитых северных церквей. Кору осины применяли для дубления кож, а также для получения жёлтого и зелёного красителей. Из осиновой древесины

делают спички, осиновою стружку используют как упаковочный материал, а из толстой дроби (шпона) делают обечайки решёт и сит. И хотя осинового дрова дают относительно мало тепла, она горит без копоти и хорошо прочищает дымоход от сажи. Также осина может быть использована для производства целлюлозы, картона, фанеры, древесноволокнистых плит. Ограничивает применение осины часто встречающаяся в растущих деревьях ядровая гниль [1,5,6].

Более подробная характеристика исследуемых древесных пород и их микроскопические признаки в справочных целях представлены в приложении 2.

1.4 Изменчивость свойств древесины

Древесина отличается сильной изменчивостью свойств, поэтому при использовании древесины в качестве конструкционного материала особенно важно применение неразрушающих методов (например, макроскопического анализа) поштучного контроля прочности пиломатериалов, основанных, например, на связи между прочностью древесины и некоторыми её физическими свойствами. На свойства древесины влияют пороки древесины (сучки, гнили, наклон волокон, крень и др.). Даже в пределах одной породы наблюдается изменчивость свойств древесины. Она обусловлена возрастными изменениями дерева, влиянием окружающей среды и наследственными факторами.

Особенности макроскопического строения отражаются на величине плотности древесины. Чем толще клеточные стенки, длиннее волокна и больше содержание поздней древесины в годичных слоях, тем выше значения плотности древесины в целом.

С другой стороны, плотность тесно связана с физико-механическими свойствами древесины. Поэтому, рассматривая закономерности изменения макроскопических и физико-механических свойств, можно получить представление об изменчивости свойств древесины, т.е. о её качестве.

Изменчивость свойств древесины наблюдается и в пределах породы и в отдельном дереве.

Влияние *возраста* дерева сказывается в повышении плотности древесины у наиболее старых деревьев и непосредственно влияет на качество древесины.

Широкий комплекс факторов характеризует влияние внешней среды и входит в понятие *условия произрастания*. Условия произрастания деревьев сильно влияют на изменчивость свойств древесины любой породы. Очень важны качество и состояние почвы, тип леса, климатические условия, высота над уровнем моря, географическое положение древостоя и др. Также важную роль играют и условия роста каждого дерева.

Географическое положение насаждения находит отражение в различии почвенных условий, количестве осадков, продолжительности сезона вегетации и т.д., что, в свою очередь, влияет на качество древесины.

Лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, осушение, удобрение и т.д.) также оказывают влияние на качество древесины. Так при внесении удобрений в почву происходит увеличение прироста древесины, но снижается плотность древесины для сосны примерно на 15 % [1,5,7].

Анализ литературных источников показал, что сведений по изучению качества древесины в зависимости от условий произрастания, в частности в нашей республике, недостаточно, что делает результаты нашего исследования актуальными и необходимыми.

ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Нами проведена экспериментальная оценка макроскопических параметров, физико-механических свойств, влажности и содержания минеральных веществ в древесине основных лесообразующих пород Арского лесхоза РТ в сравнении с аналогичными образцами Нижнекамского лесхоза. Краткая характеристика Нижнекамского лесхоза приведена в приложении 3.

Образцы древесины были заготовлены в обоих лесничествах одинаковым способом: при сплошной рубке смешанного леса на болотистой местности (первый и второй ярус от комля).

Экспериментальное исследование проводилось в комплексной лаборатории кафедры химической технологии древесины ФГБОУ ВО «КНИТУ».

2.1 Оценка макроскопических параметров древесины

Макроструктура древесины – структура, которую можно исследовать невооруженным глазом или с помощью лупы. Главными макроскопическими признаками являются заболонь и ядро, годичные слои, сердцевинные лучи, сосуды и смоляные ходы.

Нами было проведено определение ширины годичных слоев исследуемых образцов и содержание в них поздней древесины в соответствии с ГОСТ 16483.18-72 [8]. Методика определения приведена в приложении 4.

Показателем годичного прироста, характеризующим усредненную ширину годичных слоев, служит число слоев, приходящееся на 1 см отрезка, отмеренного по радиальному направлению на торцовой поверхности образца. Степень равнослойности оценивают по разнице в числе годичных слоев на двух таких соседних участках длиной по 1 см.

Равномерность распределения древесинного вещества по ширине годичного слоя характеризуется равноплотностью древесины. Малой равноплотностью обладает древесина пород с резкой разницей в строении ранней и поздней зон годичных слоев (сосна, дуб и др.). Высокой равноплотностью отличаются осина, липа и ряд других пород. Количественного показателя для равноплотности древесины нет.

Содержание поздней древесины определяется соотношением в процентах между суммарной шириной зон поздней древесины и общей протяженностью (в радиальном направлении) участка измерения, включающего целое число слоев.

2.2 Определение физико-механических свойств древесины

Знание физико-механических свойств древесины необходимо при её обработке и применении. К физико-механическим свойствам древесины относятся: прочность, твёрдость, жёсткость, ударная вязкость и другие.

Прочность – это способность древесины сопротивляться разрушению от механических усилий, характеризующихся пределом прочности – максимальным напряжением, которое выдерживает древесина без разрушения. Прочность древесины зависит от направления действия нагрузки, породы дерева, плотности, наличия пороков. На прочность древесины, при прочих равных условиях, оказывает большое влияние влажность. При увлажнении древесины до предела гигроскопичности её предел прочности снижается.

Сопротивление древесины определяют как вдоль волокон, так и в радиальном и тангенциальном направлении. Различают основные виды действий сил: растяжение, сжатие, изгиб, скалывание. Скалыванием древесины называют разделение её вдоль волокон под действием нагрузки.

Скалывание вдоль волокон – одно из важнейших физико-механических свойств древесины, поскольку при проведении данного вида испытаний моделируется наиболее распространенный тип нагрузки балок в процессе их эксплуатации. Обеспечение сдвиговой прочности необходимо при изготовлении балок и ферм большой длины. Способность древесины раскалываться рассматривается как положительное свойство при заготовке колотых сортиментов (клепки и прочее) и как отрицательное при забивке гвоздей, скоб, ввинчивании шурупов.

Нами было проведено определение предела прочности при скалывании вдоль волокон в радиальной и тангенциальной плоскости в соответствии с ГОСТ 16483.18-72 [9]. Методика определения предела прочности при скалывании описана в приложении 5.

2.3 Определение влажности древесины

Влажность древесины оказывает большое влияние на многие физико-механические свойства. Поэтому величину предела прочности требуется пересчитывать на стандартную влажность 12%. Для этого после испытания на прочность при скалывании определяли влажность каждого образца с погрешностью не более 1% по ГОСТ 16483.7-71 [10]. Пробой для определения влажности являлась большая часть разрушенного образца. Найденные значения влажности были использованы для обработки результатов предела прочности при скалывании (приложение 5).

Методика определения влажности древесины для приведения показателей предела прочности при скалывании к показателям при стандартной влажности описана в приложении 6.

2.4 Определение содержания минеральных веществ в древесине

Минеральные вещества содержатся в соках дерева, входят в состав экстрактивных веществ и компонентов клеточной стенки. При сжигании древесины они образуют золу. Количество золы характеризует содержание минеральных веществ в древесине.

Методика определения зольности древесины стандартным методом описана в приложении 7.

ГЛАВА 3 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Широкий комплекс факторов характеризует влияние внешней среды и входит в понятие *условия произрастания*. Очень важны качество и состояние почвы, тип леса, климатические условия, высота над уровнем моря, географическое положение древостоя и др. Также важную роль играют и условия роста каждого дерева. Проведенные нами исследования были преимущественно направлены на выяснение связей между условиями произрастания и качеством древесины.

Для определения качества древесины на практике используются показатели макроструктуры древесины: ширина годичных слоев и процент поздней древесины, которые имеют корреляционную связь с плотностью древесины. Наиболее тесная прямая связь существует между *содержанием поздней древесины* в годичных слоях и плотностью древесины в целом.

Средняя *ширина годичных слоев* (или число их в 1 см) также имеет корреляционную, но менее тесную связь с физико-механическими свойствами древесины. Ширина годичных слоев и содержание поздней древесины у разных пород различны, они изменяются по высоте и радиусу ствола, зависят от условий произрастания. Из данных табл. 1 видно, что содержание поздней древесины в образце сосны Арского лесхоза немного выше, следовательно, плотность и физико-механические свойства также должны возрастать, что мы и наблюдаем при скалывании в тангенциальной плоскости (табл. 2). У всех образцов наблюдается увеличение количества поздней древесины ближе к камбию практически вдвое. Исключением является липа Нижнекамского лесхоза. Возможно, здесь играют роль условия роста данного конкретного дерева. Для образца осины Нижнекамского лесхоза определить макроскопические параметры не представлялось возможным, т.к. годичные кольца заметны очень слабо.

Таблица 1 – Сводная таблица результатов определения макроскопических параметров древесины

Номер образца, порода древесины	Образцы древесины Арского лесхоза		Образцы древесины Нижнекамского лесхоза	
	Суммарная ширина зон поздней древесины, $\Sigma\delta$, мм	Процент поздней древесины, т, %	Суммарная ширина зон поздней древесины, $\Sigma\delta$, мм	Процент поздней древесины, т, %
1. Сосна (ядро)	4,98	24,9	3,47	17,4
2. Сосна (заболонь)	8,13	40,7	6,80	34,0
3. Липа (ближе к сердцевине)	2,51	12,6	4,79	24,0

4.Липа (ближе к камбию)	4,04	20,2	3,82	19,1
5.Осина (ближе к сердцевине)	1,78	8,9	-	-
6.Осина (ближе к камбию)	2,96	14,8	-	-

Древесина липы очень легкая и мягкая, однако, более прочная в тангенциальной плоскости, тогда как предел прочности древесины сосны и осины больше в радиальной плоскости, чем в тангенциальной. Также следует отметить небольшое уменьшение предела прочности липы Арского лесхоза при скалывании вдоль волокон в обеих плоскостях.

На долю неорганической части в древесине приходится около 1 %, в коре минеральных веществ больше – около 4%. Из таб.3 видно, что количество минеральных веществ в лиственных породах значительно выше (особенно в коре), чем в хвойной. В целом значения зольности лиственных пород Арского лесхоза незначительно выше, а для хвойной породы немного снижены. В дальнейшем планируется проанализировать элементный состав золы.

Таблица 2 – Сводная таблица результатов определения физико-механических свойств древесины в пересчете на влажность 12%

Порода древесины	Образцы древесины Арского лесхоза		Образцы древесины Нижнекамского лесхоза	
	Предел прочности при скалывании вдоль волокон по плоскости, τ_{12} , МПа		Предел прочности при скалывании вдоль волокон по плоскости, τ_{12} , МПа	
	радиальной	тангенциальной	радиальной	тангенциальной
Сосна	6,2	4,9	6,3	4,3
Липа	3,3	5,5	4,2	5,9
Осина	4,8	3,5	5,2	3,6

Таблица 3 – Сводная таблица результатов определения содержания минеральных веществ в древесине

<i>Порода древесины</i>	<i>Образцы Арского лесхоза</i>		<i>Образцы Нижекамского лесхоза</i>	
	<i>древесина</i>	<i>кора</i>	<i>древесина</i>	<i>кора</i>
Сосна	0,24	1,60	0,36	1,98
Липа	0,39	6,26	0,38	5,38
Осина	0,36	7,96	0,33	7,52

Хотя, между Арским и Нижекамским лесхозами не очень большое расстояние (по прямой чуть более 100 км), в данной работе показана изменчивость свойств древесины в зависимости от места произрастания. Для получения более полного комплекса свойств необходимы дальнейшие исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований представлен аналитический обзор проблем лесопользования РТ, проанализирован потенциал древесной биомассы России, Республики Татарстан и Арского лесхоза РТ. Описана изменчивость свойств древесины в зависимости от изменения различных факторов. Выполнена экспериментальная оценка макроскопических показателей, физико-механических свойств и содержания минеральных веществ в древесине основных лесобразующих пород лесного фонда Арского лесхоза, который расположен на северо-западе республики в сравнении с аналогичными образцами древесины Нижнекамского лесхоза, расположенного в восточной части РТ. Глубокие выводы делать преждевременно, т.к. данная работа служит лишь частью масштабного комплексного исследования, требующего немало времени, однако нами показана изменчивость свойств исследуемых образцов древесины в зависимости от места произрастания.

Исследование было проведено с начала октября по конец декабря 2019 года в комплексной лаборатории кафедры химической технологии древесины ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет». Выражаем признательность и благодарность заведующему кафедры за консультирование и сотрудникам кафедры за оказанную помощь при выполнении исследовательской работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. 3-е изд. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
2. Авдеев А., Авдеев Э., Дмитриева Т. О некоторых взаимосвязанных проблемах в лесном хозяйстве и лесопользовании [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.forest.ru/rus/bulletin/23/3.html> (Дата обращения 10.12.2019)
3. Об утверждении стратегии развития лесного хозяйства Республики Татарстан до 2030 года: приказ Министерства лесного хозяйства РТ от 24.07.2017 N 547-осн [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/543538075> (Дата обращения 16.12.2019)
4. Мясников А.Г. Лесная экология: учебно-методическое пособие / А.Г. Мясников, Д.С. Воробьев, Д.П. Касымов – Томск: Изд. Дом Томского гос. ун-та, 2018. – 138 с.
5. Боровиков А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
6. Вихров В.Е. Диагностические признаки древесины главнейших пород СССР: учеб. пособие для лесотехн. вузов / В.Е. Вихров – Москва; Ленинград: изд-во Академии наук СССР, 1959. – 132 с.
7. Губернаторов В.В. Древесиноведение. Лесное товароведение: лабораторный практикум / В.В. Губернаторов, Р.Р. Сафин, Ф.В. Назипова – Казань: Изд-во Казан. нац. иссл. технол. ун-та, 2019. – 128 с.
8. ГОСТ 16483.18-72 Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое. – Введ. 01.07.1984. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.
9. ГОСТ 16483.5-73 Древесина. Методы определения предела прочности при скалывании вдоль волокон. – Введ. 01.07.1984. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.
10. ГОСТ 16483.7-71 Древесина. Методы определения влажности. – Введ. 01.08.1971. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.
11. ГОСТ Р 56888-2016 Топливо древесное. Определение зольности стандартным методом. – Введ. 01.07.2017. – М.: Стандартиформ, 2016

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Потенциал древесной биомассы Республики Татарстан и Арского лесхоза РТ



Рис.1 – Породный состав лесов Республики Татарстан.



Рис.2 – Карта лесов Республики Татарстан.

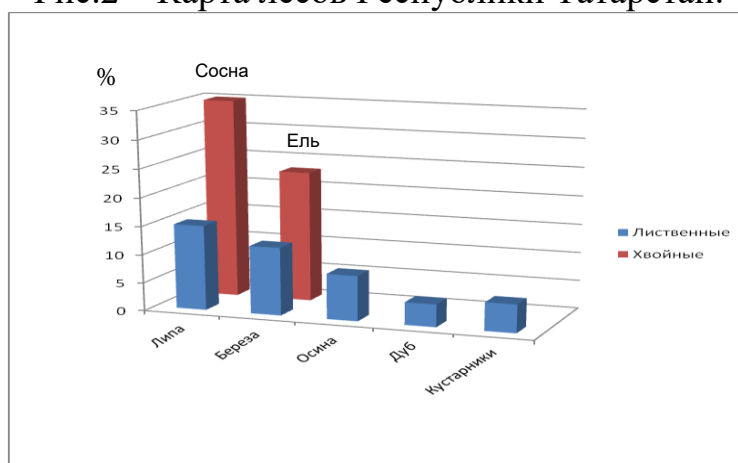


Рис.3 – Основные лесообразующие породы деревьев Арского лесхоза.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Характеристика исследуемых древесных пород

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.)

Род сосна насчитывает около 100 видов, распространенных в лесах умеренного пояса, и в горных районах субтропической зоны Северного полушария, одна из ценнейших хвойных пород нашей страны. Дерево первой величины, достигающее высоты 35-40 м, вечнозеленое, однодомное, раздельнополое, анемофильное (ветроопыляемое). При условиях неблагоприятных, например, на болоте, сосна остается карликом, и столетние экземпляры не превышают иногда высоты одного метра. Очень светолюбивая древесная порода. Крона у молодых деревьев конусовидная, позже – округлая, более широкая, а в старости зонтиковидная или плоская. Очень морозо- и жаростойка. Продолжительность жизни дерева 150-200 (иногда 400) лет. Размножается семенами.

Древесина сосны с розовым или буро-красным ядром и желтовато-бурой заболонью, прямослойная, легкая, смолистая, прочная, легко обрабатывается. Годичные слои хорошо видны, ранняя часть годичного слоя светлая, поздняя – темная.

Хвоя темно-зеленая, растет в пучках по две, длиной 4-7 см, сверху выпуклая, снизу плоская, жесткая, остроконечная. Держится на дереве в течение трех лет, опадает вместе с укороченным побегом. Хвоя сосны обыкновенной в больших количествах содержит витамин С и каротин [1,5].

Микроскопические признаки:

Поперечный срез. Годичные слои хорошо выражены. Поздние трахеиды имеют вид резко очерченных прямоугольников, несколько сдавленных в радиальном направлении и вытянутых – в тангенциальном. Ранние трахеиды тонкостенны и широкополостны. Радиальный диаметр у ранних трахеид в 1,5-2 раза превышает тангенциальный. Поздняя древесина годичного слоя хорошо выражена, переход от ранних трахеид к поздним не очень резок. Смоляные ходы размещаются преимущественно в поздней древесине. Диаметр полости смоляного хода равняется приблизительно ширине 3-4 поздних трахеид. Смоляные ходы обычно имеют 4-5 (но не более 6) крупных клеток эпителия. Они тонкостенны, толщина их значительно меньше толщины стенок окружающих трахеид. При приготовлении микропрепаратов клетки эпителия часто сминаются и разрываются. Древесная паренхима отсутствует, лишь около смоляных ходов располагается несколько паренхимных клеток (сопровождающая паренхима), заполненных содержимым.

На срезах иногда наблюдаются горизонтальные смоляные ходы, идущие по сердцевинным лучам. Сердцевинные лучи узкие, однорядные (рис. 2.1, 2.2, 2.3).

Радиальный срез. Трахеиды без спиральных утолщений. Вертикальные ранние трахеиды на радиальных стенках несут крупные окаймленные поры, которые имеют правильную округлую форму окаймленных и внутренних

отверстий. У поздних трахеид окаймленные поры с косо расположенными щелевидными отверстиями. Сердцевинные лучи гетерогенные. Внутренние паренхимы сердцевинных лучей имеют крупные оконцовые поры, по одной, редко по две на поле перекреста пересекающих луч трахеид. Крайние трахеидные клетки сердцевинного располагаются в один-два, а иногда и в три ряда. Они несут маленькие поры и имеют волнистые стенки с зубчатыми утолщениями (рис. 2.4, 2.5).

Тангенциальный срез. Кроме однорядных сердцевинных лучей, наблюдаются и многорядные. В последних всегда располагаются вертикальные смоляные ходы. В этом случае сердцевинные лучи снизу однорядны, а затем плавно расширяются, принимая форму со значительным вздутием в середине луча. В канале смоляных ходов располагается от 4 до 6 клеток эпителия (рис. 2.6 и 2.7) [6].

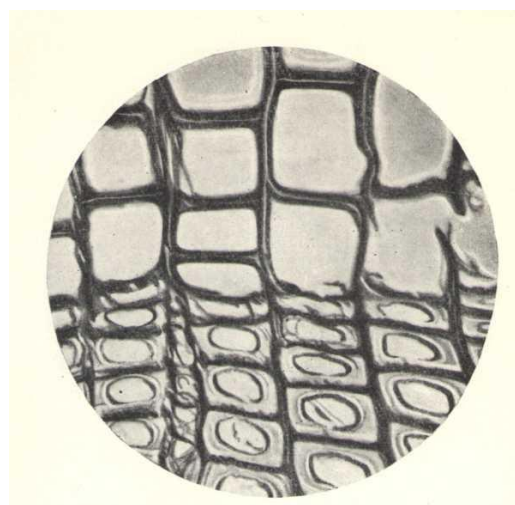
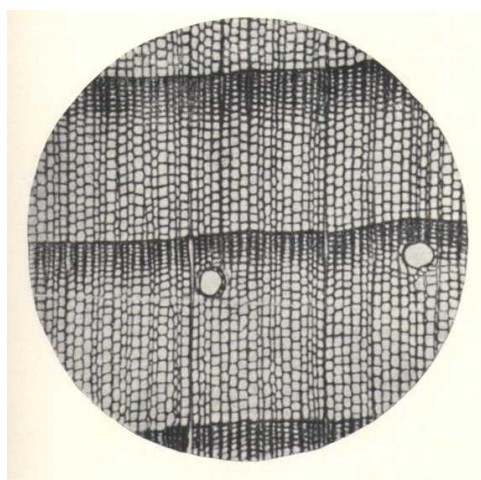


Рис. 2.1 – Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) Поперечный срез. Ув. 70 Рис. 2.2 – Сосна. Поперечный срез. Ув. 450

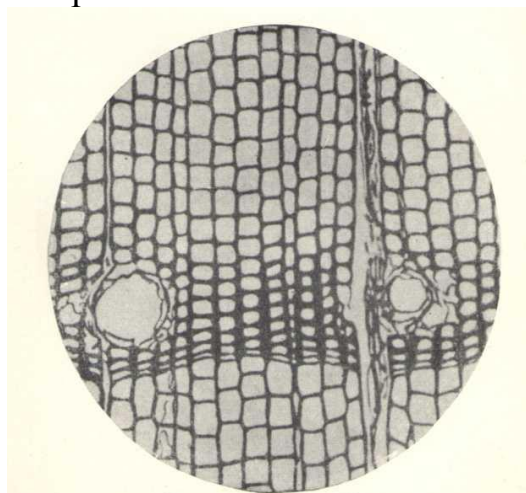


Рис. 2.3 – Сосна. Поперечный срез. Ув. 140. Соединение вертикального смоляного хода с горизонтальным. Около смоляных ходов расположены клетки сопровождающей паренхимы

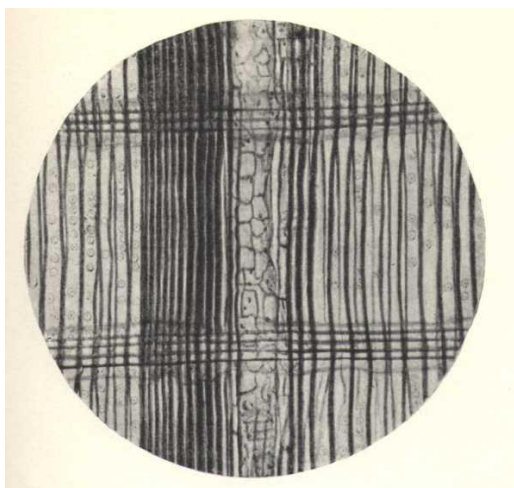


Рис 2.4 – Сосна. Радиальный срез.
Ув. 90. Видны вертикальный смоляной
ход, поздняя и ранняя части годичного
слоя и два сердцевинных луча

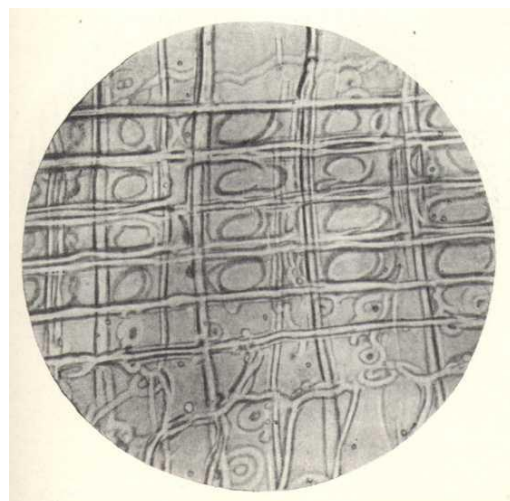


Рис. 2.5 – Сосна. Радиальный срез.
Ув. 650

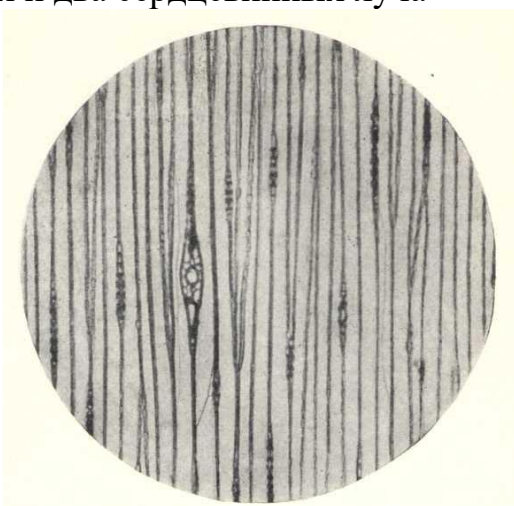


Рис 2.6 – Сосна. Тангенциальный срез.
Ув. 90

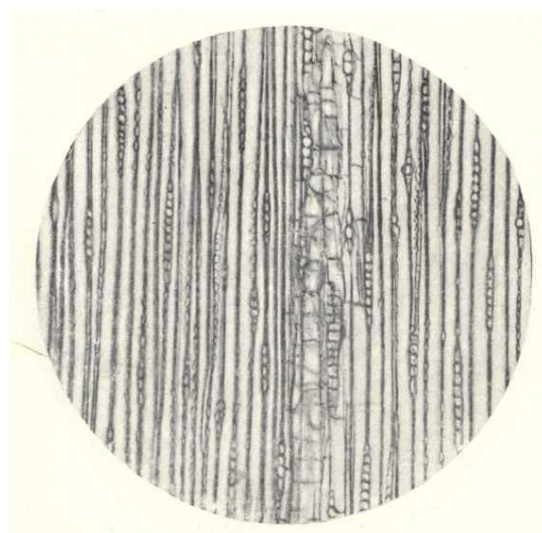


Рис 2.7 – Сосна. Тангенциальный
срез. Ув. 90. Видны вертикальный
смоляной ход и пересеченные
поперек сердцевинные лучи

Липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill)

Род липа объединяет около сорока пяти видов деревьев и крупных кустарников, а также свыше сотни гибридогенных видов. Липы – крупные листопадные деревья высотой от 20 до 40 м. Все виды лип имеют красивую, густую, легко поддающуюся формовке крону (диаметр кроны липы – от 2 до 5 м). Листья липы простые, очередные, сердцевидные, острозубчатые по краю и остроконечные. Помимо своих декоративных качеств липы ценятся за обильные, душистые, желтые цветки, собранные в щитковидные соцветия; плоды липы – односемянные орешки. Цветение липы наступает обычно в июле. Цветки липы обладают рядом целебных свойств. Липа используется в качестве лекарственного медоносного средства [1,5].

Микроскопические признаки:

Поперечный срез. Древесина рассеяннососудистая. Мелкие, тонкостенные, угловатые сосуды более или менее равномерно рассеяны по всей ширине годичного слоя. В ранней части годичного слоя сосуды более многочисленны и несколько крупнее, чем в поздней. Располагаются они одиночно и сомкнуто небольшими группами, имеющими неопределенную форму и направление. Группы состоят из двух-четырех и иногда (редко) до шести сосудов, причем групповое расположение преобладает. Около внешней границы годичного слоя сосуды размещаются преимущественно радиально. Годичные слои различаются довольно отчетливо благодаря узкой полоске, слагающейся по ширине из двух-четырех слоев сильно сжатых в радиальном направлении клеток.

Основная масса древесины состоит из сосудистых трахеид и широкополостных волокон либриформа. Все элементы тонкостенны, широкополостны и имеют угловатое сечение.

Древесная паренхима апотрахеальная – метатрахеальная, клетки древесной паренхимы мелкие, радиально сдавленные и среди тонкостенных трахеид слабо заметные. Они образуют узкие однорядные косотангенциальные короткие паренхимные полоски.

Сердцевинные лучи одно-, пятирядные, преимущественно двух-, трехрядные. Однорядные и пятирядные лучи встречаются очень редко. Все лучи уже сечения сосудов. При пересечении границы годичных слоев лучи расширяются. Граница годичных слоев и годичная граница сердцевинных лучей совпадают (рис. 2.8).

Радиальный срез. Членики сосудов различной длины – короткие и удлиненные. Все с очень короткими, иногда заостренными клювиками. Перфорации между члениками сосудов простые с одним отверстием, сильно скошенные. И сосуды и трахеиды очень тонкостенны, с резкими спиральными утолщениями и многочисленными окаймленными порами. Окаймленные поры расположены или свободно или сомкнуто. Свободные окаймленные поры округлые, с слегка вытянутыми внутренними отверстиями, не достигающими до границы окаймления.

Сомкнутые поры размещены очередно, они шестиугольные, с небольшими внутренними отверстиями. Волокна либриформа широкополостные и относительно тонкостенные, с косо расположенными немногочисленными простыми порами, имеющими щелевидные отверстия. Концы волокон либриформа заостренные, часто изогнутые и зазубренные. Они хорошо отличаются от сосудистых трахеид, имеющих ясно выраженные спиральные утолщения и довольно крупные окаймленные поры.

Древесная паренхима – и тяжевая и веретеновидная. Тяжи древесной паренхимы слагаются из трех-пяти сравнительно крупных паренхимных клеток. Клетки веретеновидной паренхимы встречаются значительно реже тяжелой древесной паренхимы. Они короче волокон либриформа, более широкополостны и более тонкостенны.

Сердцевинные лучи гомогенные, клетки вытянуты вдоль луча. Краевые клетки лучей немного выше внутренних клеток. В местах соединения с сосудами клетки лучей снабжены многочисленными мелкими простыми порами (рис. 2.9).

Тангенциальный срез. Сердцевинные лучи веретеновидные, одно-, пятирядные, преимущественно двух-, трехрядные, и очень высокие. Однорядные – до 20 клеток по высоте, многорядные – до 100 клеток и более. Клетки сердцевинных лучей округлые или овальные и толстостенные (рис. 2.10) [6].

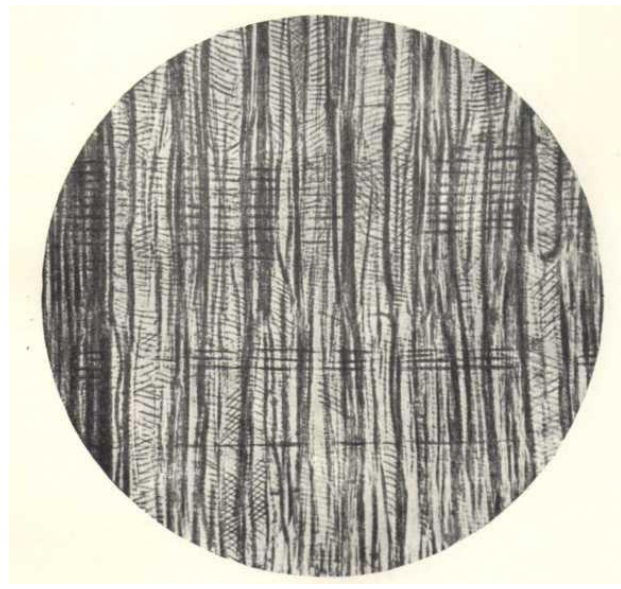
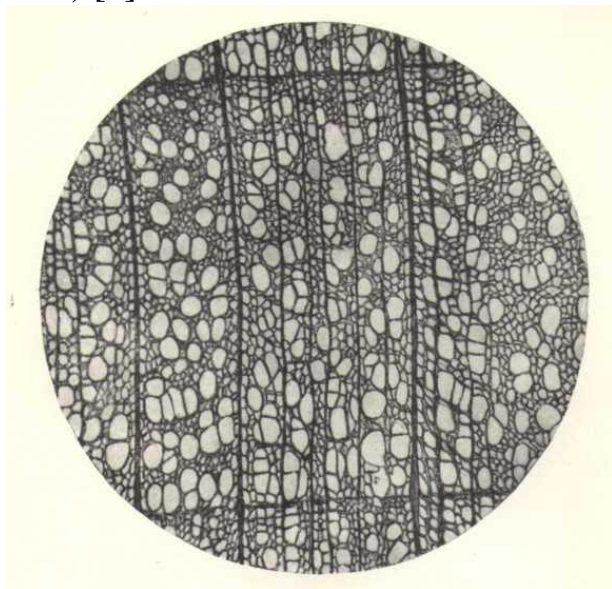


Рис. 2.8 – Липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill). Поперечный срез. Ув.70

Рис. 2.9 – Липа мелколистная. Радиальный срез. Ув. 90

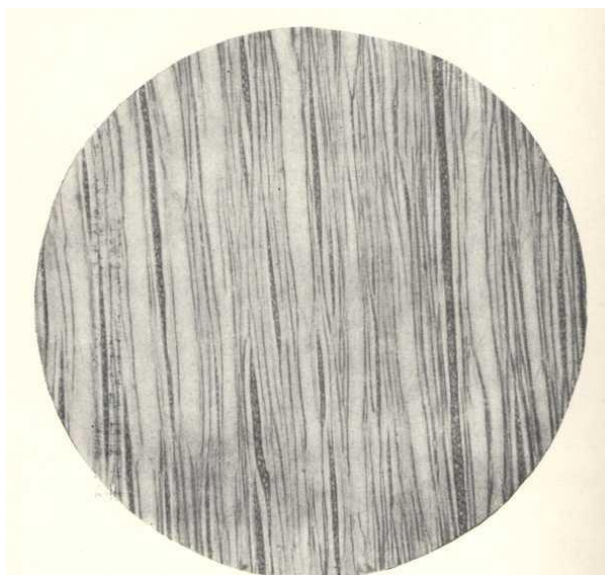


Рис. 2.10 – Липа мелколистная. Тангенциальный срез. Ув. 90

Осина обыкновенная (*Populus tremula L.*)

Осина – безъядровая порода, выделяется колонновидным стволом, достигающим 35 м высоты и 1 м в диаметре.

Годичные слои заметны слабо. Между годичными слоями проходит на всех разрезах довольно широкая светлая, слегка желтоватая не всегда отчетливо различающаяся полоска.

Сердцевинные лучи многочисленные и очень узкие. На торцовом и тангенциальном разрезах они незаметны. Иногда при правильном радиальном расколе они выступают на радиальной поверхности в виде очень многочисленных узких, блестящих черточек, не отличающихся по цвету общего цвета древесины. Изредка встречаются сердцевинные повторения в виде желтых или белых полосок.

Живёт 80-90, редко до 150 лет. Растёт очень быстро, но подвержена заболеваниям древесины. Старые, крупные и при этом здоровые особи – большая редкость.

Корневая система располагается глубоко под землёй. Обильно образует корневые отпрыски.

Кора молодых деревьев гладкая, светло-зелёная или зеленовато-серая, ближе к комлю с возрастом растрескивается и темнеет. Древесина белая с зеленоватым оттенком.

Листорасположение – очерёдное. Листья округлые или ромбические, длиной 3-7 см, острые или тупые на вершине, с округлым основанием, края городчатые, жилкование перистое. У порослевых побегов листья могут иметь гораздо большие размеры (до 15 см) и почти сердцевидную форму. Черешки листьев сплюснуты с боков в верхней части, длинные, поэтому листья легко колеблются при движении воздуха. Осенью листья окрашиваются в различные тона – от золотистых до красных.

Растения раздельнополые. Цветки мелкие, невзрачные, собраны в свисающие серёжки. Мужские серёжки красноватые, длиной до 15 см, женские серёжки зеленоватые и тоньше. Цветёт осина до распускания листьев.

Плод – очень мелкая коробочка; семена снабжены пучком волосков – пуховкой.

Встречается на границе леса и тундры, растёт в лесной и лесостепной зонах. Её можно встретить по берегам водоёмов, в лесах, по опушкам, изредка на сухих песках и вырубках, по оврагам, болотам и в горах; поднимается до верхней границы леса.

Хорошо растёт на различных почвах, образует чистые осинники и входит в состав смешанных лесов вместе с хвойными (сосной, лиственницей, елью) и лиственными (берёзой, ольхой, дубом). В степях из них образуются колонии – осиновые колки, растущие из отдельной рассады и размножающиеся посредством побегов корневой системы; новые стебли в колонии могут появиться на расстоянии до 30-40 м от родительского дерева. Некоторые колонии становятся очень большими со временем,

распространяясь со скоростью приблизительно метр в год, в конечном счёте, занимая несколько гектаров. Они способны пережить лесные пожары, поскольку корневая система расположена глубоко под землёй.

Распространена в Европе, Казахстане, Китае, Монголии, на полуострове Корея, по всей территории России [1,5].

Микроскопические признаки:

Поперечный срез. Сосуды очень многочисленные, тонкостенные, округлые или угловатые, равномерно рассеянные без определенного рисунка по всей ширине годичного слоя. Иногда просветы сосудов занимают до 50% площади среза. Особенно большая густота их наблюдается в ранней части годичного слоя, в поздней зоне просветы несколько меньше, меньше и их количество. Большинство сосудов сомкнуты в небольшие радиальные группы, состоящие из двух-пяти сосудов, одиночные встречаются редко. В группах сосуды угловатые, а одиночные – округлые.

Годичные слои различаются не очень ясно.

Вдоль внешней границы слоя проходит очень узенькая полоска из одного-двух рядов клеток, сильно сжатых в радиальном направлении и имеющих очень узкую щелевидную полость.

Основная масса древесины состоит из мелких тонкостенных волокон либриформа и сосудистых трахеид. Эти клетки имеют округлые или овальные очертания и широкие полости.

Древесная паренхима апотрахеальная – терминальная, очень скудная. Клетки древесной паренхимы с большим трудом отличаются от тонкостенных клеток основной массы древесины – трахеид и волокон либриформа. Терминальная паренхима расположена в пограничной зоне поздней древесины в виде редких одиночных клеток или коротких однорядных, тангенциальных полосок, состоящих из двух-трех клеток.

Сердцевинные лучи очень многочисленные, узкие, значительно уже диаметра сосудов, все однорядные, прямолинейные. При пересечении границы годичных слоев лучи не расширяются. Годичная граница лучей и общая граница годичного слоя совпадают (рис. 2.11).

Радиальный срез. Членики сосудов короткие, с небольшими тупыми клювиками или без клювиков. Перфорационные пластинки между члениками наклонные, простые, с одним круглым отверстием. Спиральные утолщения и спиральная штриховатость отсутствуют. Стенки сосудов с крупными свободными округло-овальными, супротивными или очередными окаймленными порами. Окаймление пор не всегда ясно выражено, отверстия пор овальные, не достигающие границы окаймления. Изредка встречаются сомкнутые, очередно расположенные многоугольные окаймленные поры. По ширине сосуда насчитывается до шести-восьми рядов пор.

Основная масса древесины состоит из тонкостенных и широкополостных волокон либриформа, имеющих заостренные или округлые окончания с небольшой зазубренностью. На стенках волокон либриформа в весьма

небольшом количестве располагаются косо поставленные, щелевидные, простые поры.

Тяжи древесной паренхимы встречаются очень редко. Они слагаются их трех-пяти вытянутых, тонкостенных и крупноплостных паренхимных клеток, имеющих мелкие, простые, круглые поры.

Сердцевинные лучи гомогенные. Их клетки вытянуты вдоль луча, все они приблизительно одинаковой высоты. Края краевых клеток луча волнистые, иногда имеются квадратные клетки. Клетки лучей, соприкасающиеся с сосудами, имеют два-три ряда простых крупных, овальной формы пор, образующих, особенно на стенках краевых клеток луча, характерную сеточку.

Стенки сосудов в местах соприкосновения с клетками луча также снабжены крупными окаймленными порами, имеющими большие отверстия (рис. 2.12).

Тангенциальный срез. Сердцевинные лучи многочисленные четковидные, все однорядные — до 40 клеток по высоте. Клетки лучей небольшие овальные, тонкостенные, одинаковой высоты (рис. 2.13) [6].

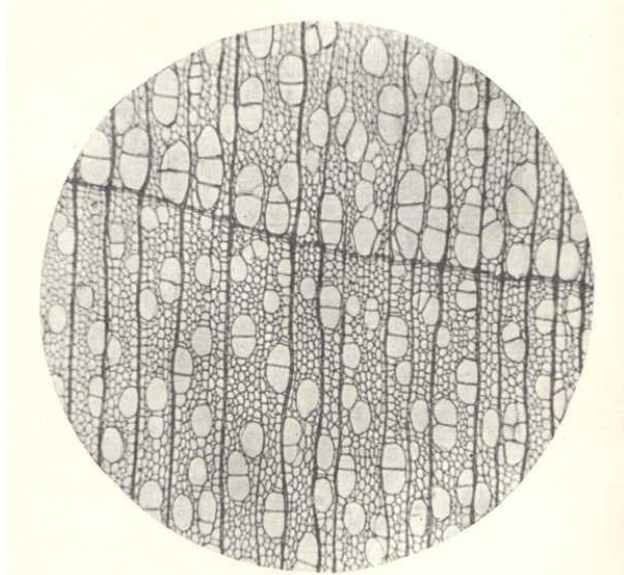


Рис. 2.11 – Осина (*Populus tremula L.*). Поперечный срез. Ув. 70

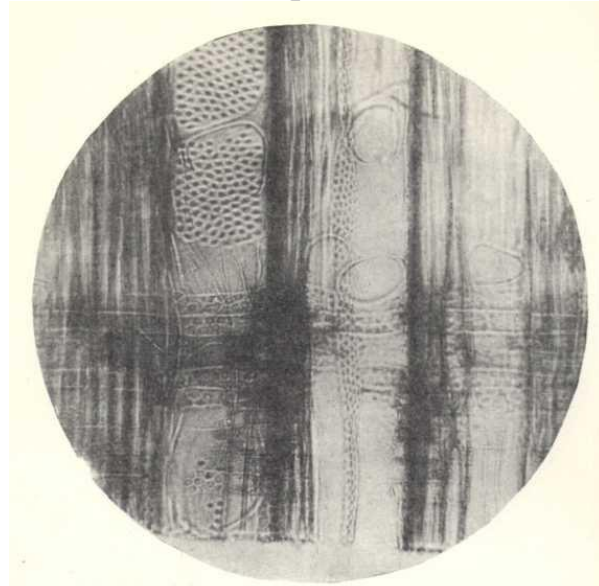


Рис. 2.12 – Осина. Радиальный срез. Ув. 200



Рис. 2.13 – Осина. Тангенциальный срез. Ув. 90

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Краткая характеристика ГБУ "Нижнекамский Лесхоз"

Государственное бюджетное учреждение Республики Татарстан "Нижнекамский Лесхоз" действует с 18 ноября 1993 г.

Нижнекамское лесничество Министерства лесного хозяйства Республики Татарстан расположено в восточной части Республики Татарстан на территории Нижнекамского, Заинского, Сармановского и Тукаевского районов.

Нижнекамское лесничество (далее для краткости - лесничество) на севере граничит с Елабужским, на юго-западе с Заинским, на юго - востоке с Азнакаевским и на юге с Альметьевским лесничествами. Протяженность территории лесничества с севера на юг – 55 км, с востока на запад – 50 км

Лесничество расположено в малолесной части республики. Лесистость районов, на территории которых расположен лесной фонд, составляет 18 %.

В соответствии с лесорастительным районированием, территория лесничества отнесена к лесостепному району европейской части Российской Федерации лесостепной зоны.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Методика определения ширины годичных слоев исследуемых образцов и содержания в них поздней древесины

Согласно ГОСТ 16483.18-72 на торце образца проводили карандашом линию в радиальном направлении, отмечали границы крайних целых годичных слоев на участке, примерно равном 2 см, и подсчитывали число слоев N (рис.4.1, 4.2). Расстояние l между отметками измеряли масштабной линейкой с погрешностью не более 0,5 мм. Число годичных слоев в 1 см вычисляли с погрешностью до половины слоя по формуле 4.1:

$$n = \frac{N}{l}, \quad (4.1)$$

Затем измерительной лупой с погрешностью не более 0,1 мм измеряли ширину поздней зоны σ в каждом годичном слое (между отметками). Полученные значения складывали и подсчитывали содержание поздней древесины с погрешностью до 1 % по формуле 4.2:

$$m = \frac{\sum \delta}{l} 100, \quad (4.2)$$

где $\sum \delta$ – общая ширина поздних зон; l – общее протяжение годичных слоев, в которых измеряли ширину поздней зоны.

Полученные результаты суммировали (4.3):

$$\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n = \sum \delta, \quad (4.3)$$

Процент поздней древесины вычисляли с округлением до 0,5% по формуле 4.4:

$$m = \frac{\sum \delta}{l} 100, \quad (4.4)$$

где $\sum \delta$ – суммарная ширина поздней древесины, см; l – длина измеряемого участка, см.

Результаты измерений и вычислений представлены в таблице 4.1



Рис. 4.1 – Подготовка к определению макроскопических параметров древесины



Рис. 4.2 – Определение макроскопических параметров древесины

Таблица 4.1 – Результаты определения ширины годовичных слоев исследуемых образцов и содержания в них поздней древесины

Номер образца, порода	Протяженность участка измерения, l , см	Число годовичных слоев		Номер годовичных слоев	Ширина зоны поздней древесины в слое, δ , мм	Суммарная ширина зон поздней древесины, $\Sigma\delta$, мм	Процент поздней древесины, m , %
		на участке измерения, N	в 1 см				
1	2	3	4	5	6	7	8
Образцы древесины Арского лесхоза							
1. Сосна (ядро)	2	5	2,5	1	0,86	4,98	24,9
				2	0,85		
				3	0,52		
				4	1,01		
				5	1,74		
2. Сосна (заболонь)	2	20	10	1	0,44	8,13	40,7
				2	0,47		
				3	0,71		
				4	0,32		
				5	0,45		
				6	0,43		
				7	0,22		
				8	0,21		
				9	0,32		
				10	0,42		
				11	0,45		
				12	0,39		
				13	0,17		
				14	0,33		
				15	0,50		
				16	0,45		
				17	0,52		
				18	0,55		
				19	0,37		
				20	0,41		
3. Липа (ближе к сердцевине)	2	7	3,5	1	0,25	2,51	12,6
				2	0,34		
				3	0,20		
				4	0,38		
				5	0,37		
				6	0,42		
				7	0,55		

1	2	3	4	5	6	7	8
4.Липа (ближе к камбию)	2	13	6,5	1	0,28	4,04	20,2
				2	0,17		
				3	0,32		
				4	0,14		
				5	0,48		
				6	0,48		
				7	0,41		
				8	0,23		
				9	0,30		
				10	0,29		
				11	0,38		
				12	0,37		
				13	0,19		
5.Осина (ближе к сердцевине)	2	3	1,5	1	0,34	1,78	8,9
				2	0,69		
				3	0,75		
6.Осина (ближе к камбию)	2	6	3	1	0,17	2,96	14,8
				2	0,26		
				3	0,31		
				4	0,66		
				5	0,81		
				6	0,75		
Образцы древесины Нижнекамского лесхоза							
1.Сосна (ядро)	2	6	3	1	0,90	3,47	17,4
				2	0,55		
				3	0,48		
				4	0,52		
				5	0,49		
				6	0,53		
2.Сосна (заболонь)	2	9	4,5	1	0,31	6,80	34,0
				2	0,79		
				3	0,82		
				4	0,97		
				5	0,92		
				6	0,61		
				7	0,72		
				8	0,81		
				9	0,85		

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
3.Липа (ближе к сердце- вине)	2	9	4,5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	0,43 0,52 0,54 0,45 0,66 0,60 0,63 0,65 0,37	4,79	24,0
4.Липа (ближе к камбию)	2	9	4,5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	0,50 0,56 0,45 0,32 0,72 0,20 0,27 0,35 0,45	3,82	19,1
5.Осина (ближе к сердце- вине)	-	-	-	-	-	-	-
6.Осина (ближе к камбию)	-	-	-	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Методика определения предела прочности древесины при скалывании вдоль волокон

Испытание на скалывание проводили по тангенциальной и радиальной плоскостям. Форма и размеры образцов соответствовали ГОСТ 16483.18-72 рис. 5.1, 5.2.

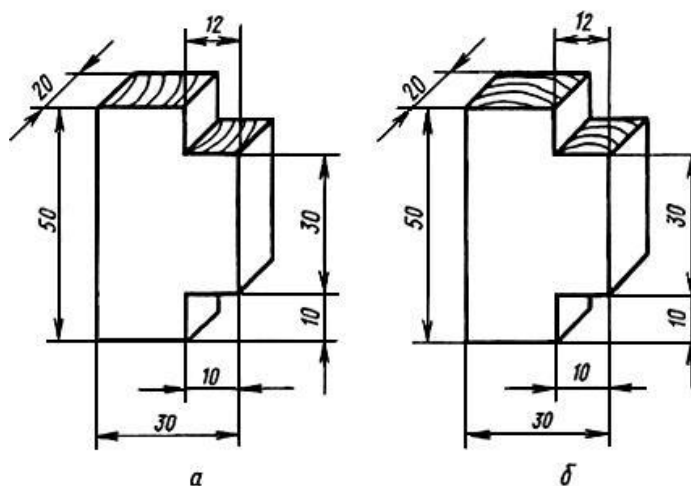


Рис. 5.1 – Чертеж образцов для испытания на скалывание вдоль волокон.
a - скалывание по тангенциальной плоскости; *б* - скалывание по радиальной плоскости

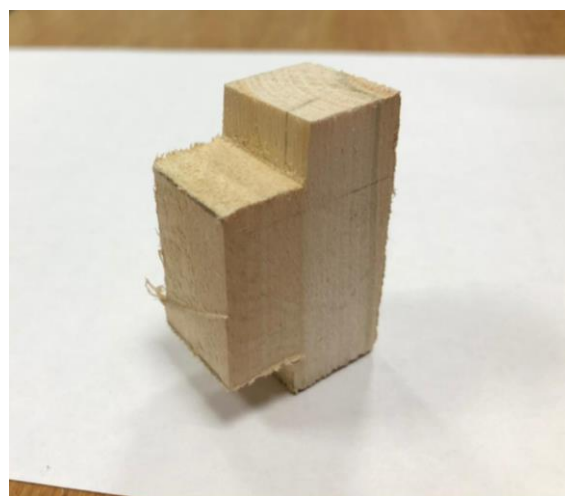
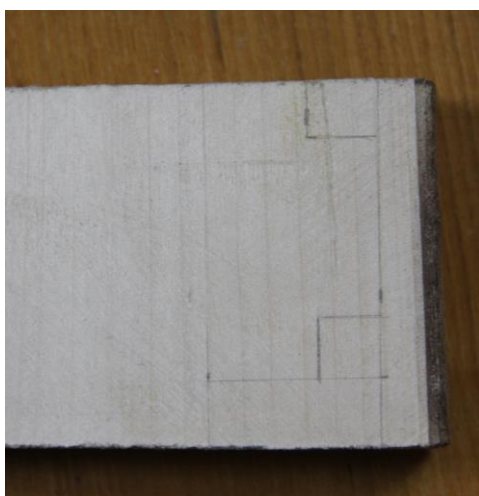


Рис. 5.2 – Изготовление образцов для испытания на скалывание.

Толщину образца и длину скалывания измеряли штангенциркулем по ожидаемой плоскости скалывания с погрешностью не более 0,1 мм.

Образец помещали в предоставленное в лаборатории кафедры химической технологии древесины авторское приспособление для испытания на скалывание (рис.5.3).

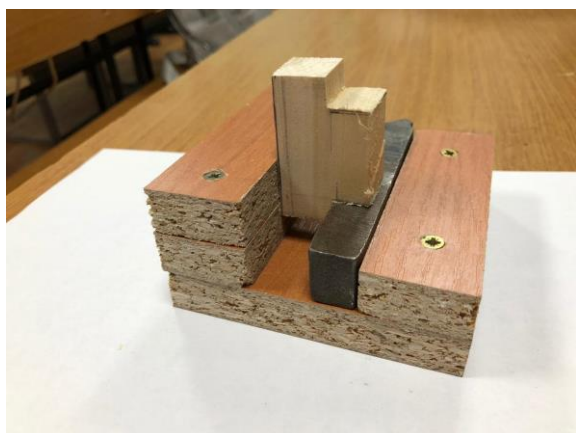


Рис. 5.3 – Приспособление для испытания на скалывание



Рис. 5.4 – Нагружение образца

Подвижную опору машины подвели до соприкосновения с образцом (рис. 5.4). Испытательная машина для измерения предела прочности деревянного образца с постоянной скоростью нагружения показана на рис.5.5. Образец нагружали равномерно с постоянной скоростью перемещения нагружающей головки машины 20 мм/мин. Максимальная нагрузка фиксировалась автоматически на дисплее машины рис. 5.6. Разрушение образца показано на рис. 5.7.

После испытания определяли влажность образцов в соответствии с ГОСТ 16483.7-71. Пробой для определения влажности являлась часть разрушенного образца.



Рис. 5.5 – Испытательная машина для измерения предела прочности деревянного образца с постоянной скоростью нагружения



Рис. 5.6 – Дисплей испытательной машины

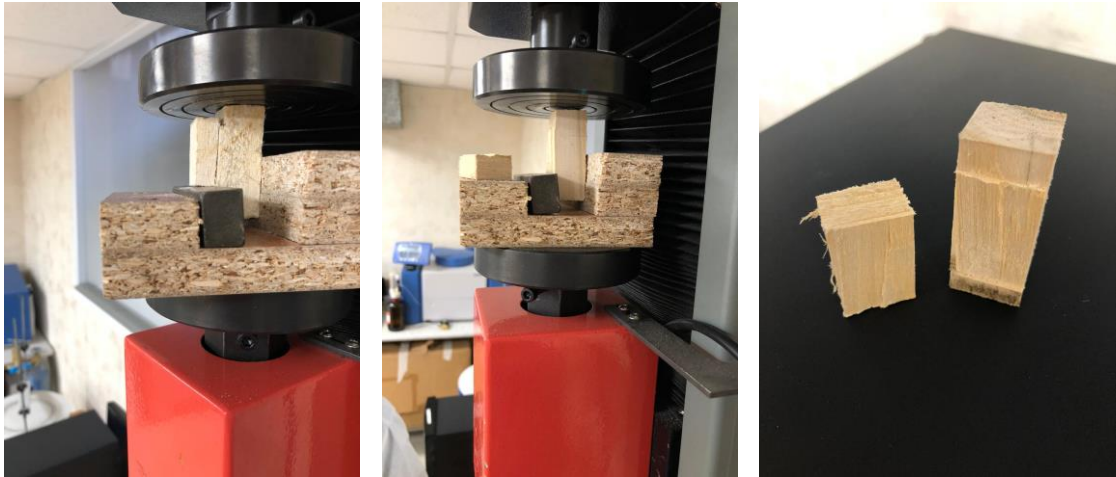


Рис. 5.7 – Разрушение образца древесины

Обработка результатов:

Предел прочности образца с влажностью в момент испытания (τ_w) в МПа вычисляли по формуле 5.1:

$$\tau_w = P_{max} / b \cdot l ,5.1$$

где P_{max} – максимальная нагрузка, Н;

b – толщина образца, мм;

l – длина скалывания, мм.

Вычисление производится с округлением до 0,1 МПа.

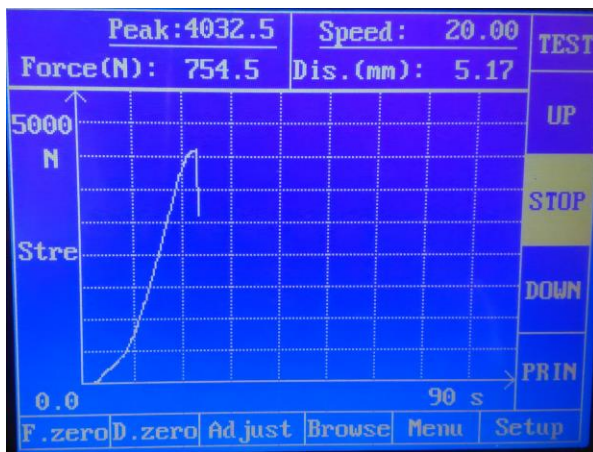
Предел прочности пересчитывали на влажность 12% (τ_{12}) в МПа по формуле 5.2:

$$\tau_{12} = \tau_w / K_{12}^w ,5.2$$

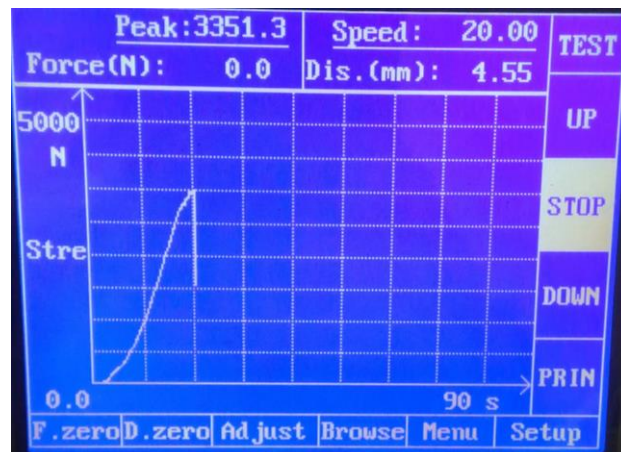
где K_{12}^w – коэффициент пересчета, равный средней величине для исследуемой породы по таблице приложения 2 к ГОСТ 16483.18-72 [9]. Коэффициент пересчета для промежуточных значений плотности определяют линейным интерполированием коэффициентов для смежных значений плотности.

Графики зависимости предела прочности скалывания вдоль волокон по плоскости образцов древесины от времени нагружения приведены на рис. 5.8-5.11.

Результаты определения предела прочности при скалывании вдоль волокон образцов древесины приведены в табл.5.1-5.2.

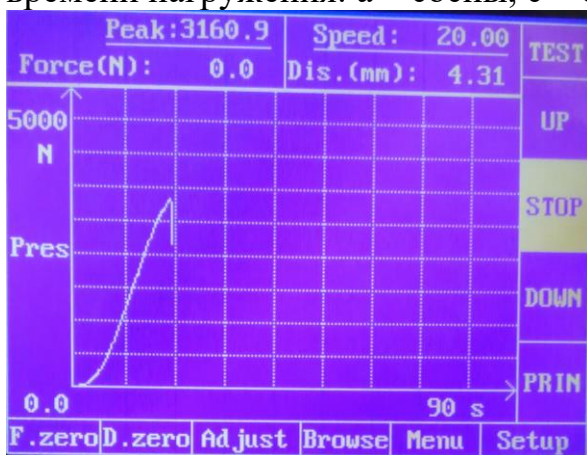


а

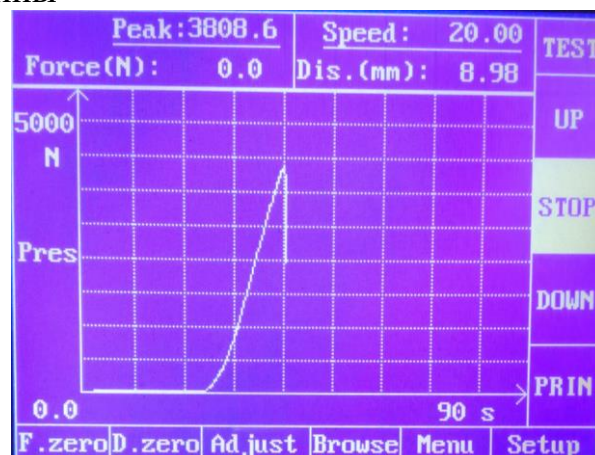


с

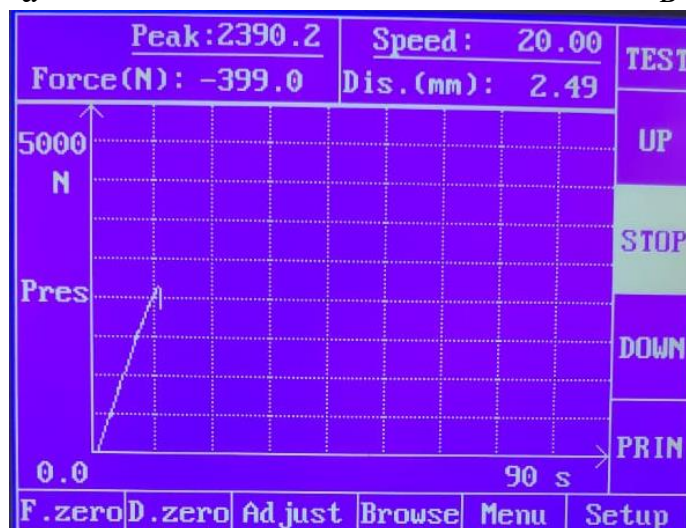
Рис. 5.8 – Графики зависимости предела прочности скалывания вдоль волокон в радиальной плоскости образцов древесины Арского Лесхоза от времени нагружения: а – сосны, с – осины



а

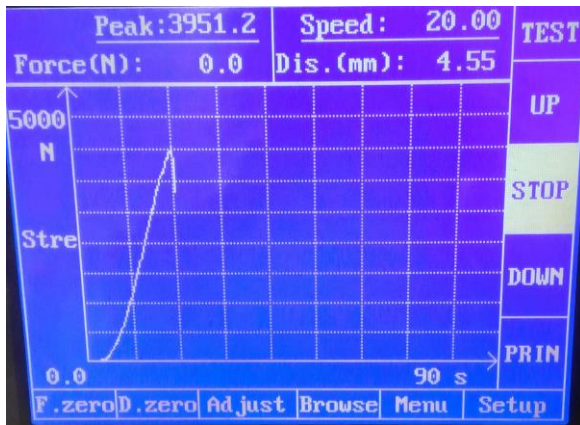


в

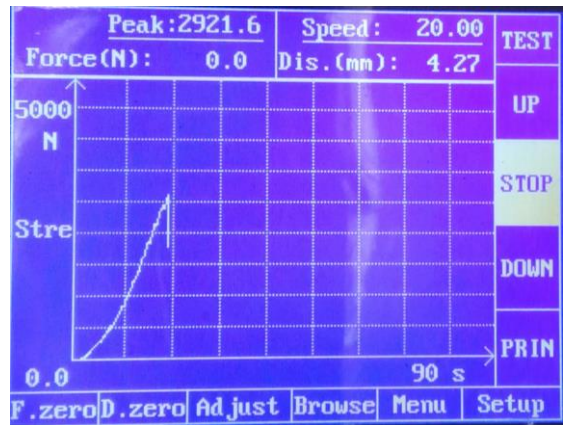


с

Рис. 5.9 – Графики зависимости предела прочности скалывания вдоль волокон в тангенциальной плоскости образцов древесины Арского Лесхоза от времени нагружения: а – сосны, в – липы, с – осины

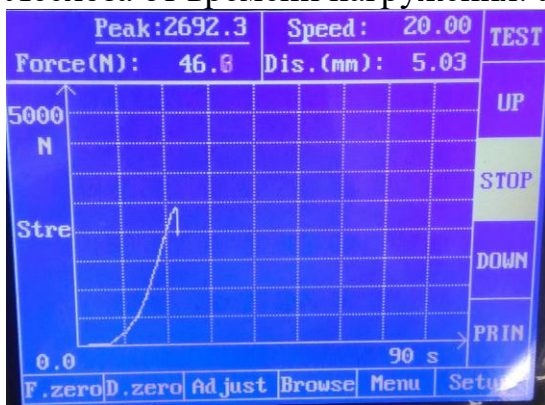


а

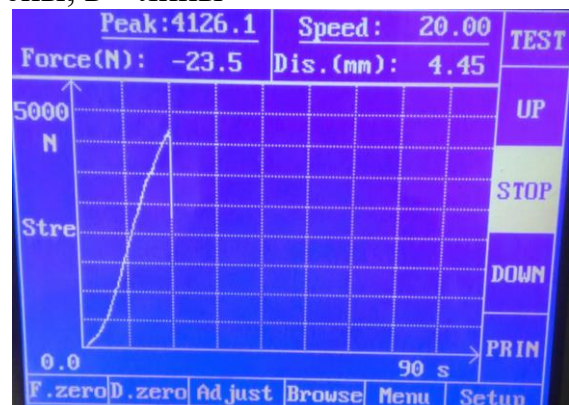


в

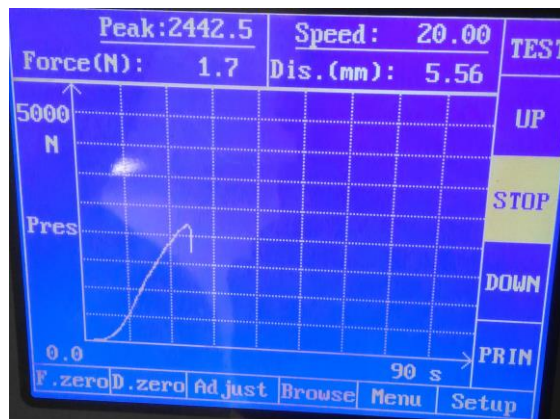
Рис. 5.10 – Графики зависимости предела прочности скалывания вдоль волокон в радиальной плоскости образцов древесины Нижнекамского Лесхоза от времени нагружения: а – сосны, в – липы



а



в



с

Рис. 5.11 – Графики зависимости предела прочности скалывания вдоль волокон в тангенциальной плоскости образцов древесины Нижнекамского Лесхоза от времени нагружения: а – сосны, в – липы, с – осины

Таблица 5.1 – Результаты определения предела прочности при скалывании вдоль волокон образцов древесины Арского лесхоза.

Порода древесины	Образцы древесины Арского лесхоза						
	Максимальная нагрузка, R_{max} Н	Влажность, W, %	Коэффициент пересчета, $K^{W_{12}}$	Предел прочности при скалывании вдоль волокон по плоскости, МПа			
				радиальной		тангенциальной	
				τ_w	τ_{12}	τ_w	τ_{12}
Сосна	4032,5 3160,9	9,5	1,085	6,7 -	6,2 -	- 5,3	- 4,9
Липа	2355,6 3808,6	7,2	1,173	3,9 -	3,3 -	- 6,4	- 5,5
Осина	3351,3 2390,2	7,5	1,158	5,6 -	4,8 -	- 4,0	- 3,5

Таблица 5.2 – Результаты определения предела прочности при скалывании вдоль волокон образцов древесины Нижнекамского лесхоза.

Порода древесины	Образцы древесины Нижнекамского лесхоза						
	Максимальная нагрузка, R_{max} Н	Влажность, W, %	Коэффициент пересчета, $K^{W_{12}}$	Предел прочности при скалывании вдоль волокон по плоскости, МПа			
				радиальной		тангенциальной	
				τ_w	τ_{12}	τ_w	τ_{12}
Сосна	3951,2 2692,3	10,6	1,047	6,6 -	6,3 -	- 4,5	- 4,3
Липа	2921,6 4126,1	7,1	1,177	4,9 -	4,2 -	- 6,9	- 5,9
Осина	3570,0 2442,5	7,9	1,144	6,0 -	5,2 -	- 4,1	- 3,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Методика определения влажности древесины

Аппаратура и материалы

Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,001 г.

Сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при (103 ± 2) °С.

Бюксы с притертыми крышками.

Эксикатор с безводным хлористым кальцием.

Подготовка к испытанию (рис.6.1)

На пробы перенесли марки образцов, из которых они взяты.

Бюксы пронумеровали и взвесили с погрешностью не более 0,001 г.

Проведение испытания (рис.6.2, 6.3)

Пробы на влажность, очищенные от заусенцев и опилок, закладывали в бюксы и взвешивали с погрешностью не более 0,001 г.

Пробы, находящиеся в бюксах со снятыми крышками, помещали в сушильный шкаф с температурой (103 ± 2) °С. Высушивание проверяли повторными взвешиваниями двух-трех проб.

Первое взвешивание при высушивании мягких пород выполняли не ранее чем через 6 ч после начала высушивания, а при высушивании твердых пород - не ранее 10 ч. Повторные взвешивания выполняли через 2 ч. Высушивание считали законченным, когда разность между двумя последними взвешиваниями не превышала 0,001 г.

Перед взвешиванием бюксы с пробами закрывали крышками и охлаждали до комнатной температуры в эксикаторе с гигроскопическим веществом.

Обработка результатов

Влажность пробы (W) в процентах вычисляли с округлением не более 0,1% по формуле 6.1:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100, \quad 6.1$$

где m_0 – масса бюксы, г;

m_1 – масса бюксы с пробой до высушивания, г;

m_2 – масса бюксы с пробой после высушивания, г.

Результаты определения влажности образцов древесины приведены в табл.6.1-6.3.



Рис. 6.1 – Подготовка бюксов для определения влажности древесины



Рис. 6.2 – Сушильный шкаф с терморегулятором

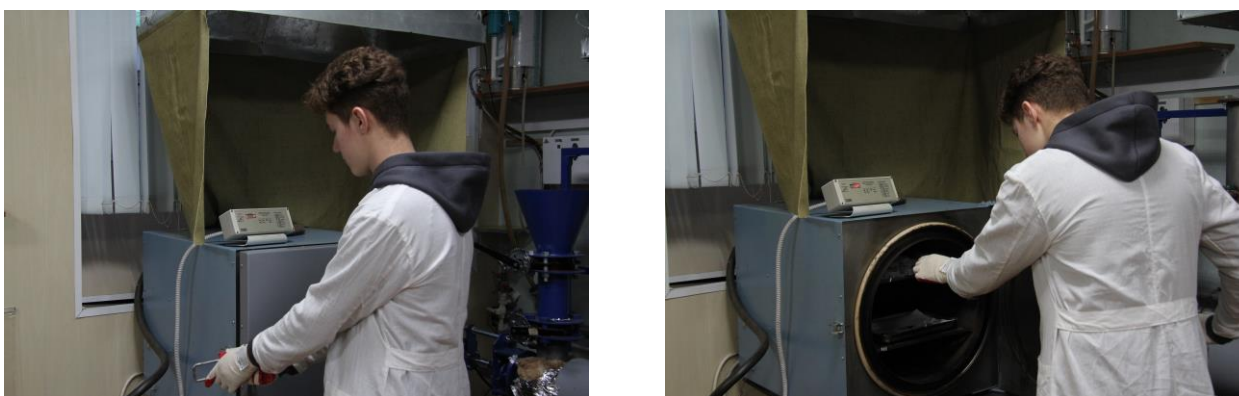


Рис. 6.3 – Работа с сушильным шкафом

Таблица 6.1 – Результаты определения влажности образцов древесины Арского лесхоза

Порода древесины	Масса бюксы, г			Абсолютная влажность, %	Относительная влажность, %
	пустой	до высушивания	после высушивания		
	1	2	3		
Сосна	47,2088	51,7715	51,3747	9,5	8,7
Липа	46,6068	50,5987	50,3311	7,2	6,7
Осина	50,3213	53,4101	53,1954	7,5	7,0

Таблица 6.2 – Результаты определения влажности образцов древесины Нижнекамского лесхоза

Порода древесины	Масса бюксы, г			Абсолютная влажность, %	Относительная влажность, %
	пустой	до высушивания	после высушивания		
	пустой	до высушивания	после высушивания		

	1	2	3	4	5
Сосна	46,0207	49,1466	48,8469	10,6	9,6
Липа	45,7029	48,6284	48,4340	7,1	6,6
Осина	49,5266	52,4557	52,2409	7,9	7,3

Таблица 6.3 – Сводная таблица результатов определения абсолютной влажности древесины, необходимых для расчета физико-механических показателей.

<i>Порода древесины</i>	<i>Образцы древесины Арского лесхоза</i>	<i>Образцы древесины Нижнекамского лесхоза</i>
	<i>Влажность, W, %</i>	<i>Влажность, W, %</i>
Сосна	9,5	10,6
Липа	7,2	7,1
Осина	7,5	7,9

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Методика определения зольности стандартным методом

Зольность пробы древесины определяли по потере массы навески пробы при ее нагревании в строго контролируемых условиях. Согласно ГОСТ Р 56888-2016 к таким условиям относятся температура, продолжительность нагревания, масса навески.

Зольность дает представление о несгораемой части древесины, которая при сжигании окисляется, но не выделяет тепла.

Аппаратура

Тигли вместимостью 30 мл или более из кварца или фарфора.

Муфельная печь с электронагревом и терморегулятором.

Весы аналитические чувствительностью 0,1 мг.

Проведение испытания

Пустые тигли прокаливали, а затем охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры.

Взвешивали тигли с точностью до 0,1 мг.

Пробу массой приблизительно 2 г помещали в тигель и взвешивали тигель с пробой (рис. 7.1, 7.2).

Тигель с пробой помещали в холодную муфельную печь (рис 7.3). Включали муфельную печь и медленно нагревали до температуры 580-600°C, не допуская перегрева.

Тигель с золой (рис. 7.4) переносили из муфельной печи в эксикатор, охлаждали до комнатной температуры и взвешивали с точностью до 0,1 мг. Проводили контрольные прокаливания продолжительностью 30 мин каждое до тех пор, пока изменение массы тигля с золой после очередного прокаливания не становилось менее 0,2 мг.

Обработка результатов

Зольность пробы, выраженную в процентах, вычисляют по формуле 7.1:

$$\text{Зольность} = (W_2 - W_C) / (W_1 - W_C) \cdot 100, \quad 7.1$$

где W_C – масса пустого тигля, г;

W_1 – масса тигля с исходной навеской пробы, г;

W_2 – масса тигля с золой, г.

Зольность пробы представляется числом с двумя значащими цифрами после запятой.

Результаты определения зольности древесины и коры представлены в табл. 7.1-7.4



Рис. 7.1 – Отбор и взвешивание проб древесины и коры.



Рис. 7.2 – Тигли с навесками древесины и коры



Рис. 7.3 – Муфельная печь с исследуемыми образцами



Рис. 7.4 – Тигли с золой

Таблица 7.1 – Зольность древесины Арского лесхоза

Порода древесины	Масса тигля, г			Зольность, %
	пустого	с навеской пробы	с золой	
	1	2	3	4
Сосна	24,6077	26,7546	24,6128	0,24
Липа	26,5199	28,5766	26,5280	0,39
Осина	24,2240	26,2980	24,2315	0,36

Таблица 7.2 – Зольность древесины Нижнекамского лесхоза

Порода древесины	Масса тигля, г			Зольность, %
	пустого	с навеской пробы	с золой	
	1	2	3	4
Сосна	26,9480	28,9588	26,9552	0,36
Липа	28,0380	30,0646	28,0457	0,38
Осина	26,7881	28,7700	26,7946	0,33

Таблица 7.3 – Зольность коры Арского лесхоза

Порода древесины	Масса тигля, г			Зольность, %
	пустого	с навеской пробы	с золой	
	1	2	3	4
Сосна	28,0439	30,0466	28,0760	1,60
Липа	26,5224	28,6202	26,6537	6,26
Осина	24,2241	26,2946	24,3890	7,96

Таблица 7.4 – Зольность коры Нижнекамского лесхоза

Порода древесины	Масса тигля, г			Зольность, %
	пустого	с навеской пробы	с золой	
	1	2	3	4
Сосна	28,0052	30,1812	28,0482	1,98
Липа	27,2670	29,3732	27,3804	5,38
Осина	24,2200	26,2144	24,3700	7,52