

*На правах рукописи*

**НЕВЕРОВ Николай Александрович**

**КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ В  
ЕСТЕСТВЕННЫХ ДРЕВОСТОЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

**06.03.02 – «Лесоведение, лесоводство,  
лесоустройство и лесная таксация»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Архангельск – 2012



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Насаждения лиственницы в лесах России составляет более 246 млн. га от лесопокрытой площади и имеют тенденцию к сокращению. В Архангельской области только за последнее столетие ее доля в лесах как преобладающей породы снизилась с 5 до 0.24 % от лесопокрытой площади. К настоящему времени осталось менее 54,5 тыс. га лиственничных насаждений, при этом более 85 % их являются перестойными.

Сокращение ареала и представленность лиственницы в составе лесов происходит в основном под влиянием антропогенного фактора.

Для сохранения и увеличения доли лиственницы в лесах необходимо проведение лесохозяйственных мероприятий, в том числе и поведение искусственного восстановления. При этом особую актуальность приобретает изучение влияния различных факторов среды наряду с продуктивностью, на качественные характеристики древесины лиственницы. Существенным фактором является выбор участков для первоочередного искусственного восстановления лесонасаждений с учетом геоэкологических особенностей.

**Цель** диссертационной работы - изучить макростроение и определить физико-механические характеристики древесины лиственницы в естественных древостоях и их изменчивость в зависимости от эколого-географических и геоэкологических условий.

### **Задачи исследования**

- проанализировать динамику лиственничных насаждений в Европейской части России и Архангельской области и установить факторы (в том числе и геоэкологические) способствующие распространению лиственницы и формированию высокопродуктивных древостоев;

- изучить физико-механические свойства древесины лиственницы в зависимости от географического положения насаждений;

- выявить взаимосвязи качественных характеристик древесины лиственницы;

- провести анализ изменения качественных характеристик древесины лиственницы в насаждениях с разными условиями местопроизрастания.

**Научная новизна.** Проведено комплексное исследование качественных показателей древесины 150-230 – летних древостоев лиственницы в северной и средней подзонах тайги. Установлено, что при движении с севера (65°19') на юг (63°15') доля поздней древесины и ширина годичного слоя и плотность древесины увеличиваются на 12%, 20%, 10% соответственно. Таким образом, показатели качества и физические свойства древесины лиственницы северной и средней подзонах тайги незначительно отличаются между собой, что связано, в первую очередь, с произрастанием этих древостоев в карстовых ландшафтах, условия которых нивелируют различия, прежде всего климатические, между подзонами тайги. Выявлено, что в ряде случаев произрастание лиственницы территориально совпадает с узлами пересечения тектонических дислокаций.

**Практическая значимость.** Установленные взаимосвязи качества древесины с условиями произрастания и некоторые особенности распространения листовенных насаждений могут быть использованы при выборе районов их первоочередного искусственного восстановления, при отборе наиболее ценных по биоразнообразию участков листовенников, сохранившихся в регионе.

**Достоверность результатов и обоснованность выводов** базируется на использовании значительного по объему полевого и экспериментального материала, методов статистического анализа с применением современного программного обеспечения, системного подхода при анализе фактических материалов и интерпретации полученных результатов, что определяет обоснованность приведенных в работе выводов и рекомендаций. Исследования проведены с применением, корреляционного, регрессионного анализов и соответствующего программного обеспечения.

**Личный вклад автора.** Сформулированы цель и задачи исследований, составлена программа, выбраны методики исследования, проведен поиск, аналитический обзор литературы и изучение нормативных документов, выполнен весь объем полевых работ, экспериментальных и инструментальных исследований, математико-статистическая обработка и анализ полученных результатов.

Диссертация является самостоятельной работой автора и представляет собой часть результатов полученных при выполнении фундаментальной научно исследовательских работ: «Оценка влияния тектонических структур на состояние окружающей среды северных территории РФ (на примере Русской плиты и прилегающих акваторий морей)» (№ госрегистрации 01.20.0 952765); Программа президиума РАН «Межгеосферное взаимодействие», проекта № **11-04-98802** «Влияние тектонических структур и аномалий барического поля севера Русской плиты (на примере Архангельской области) на растительные ресурсы» р-север-а.

**Апробация работы и научные публикации.** Материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на научных конференциях:

1. Международная научная конференция «Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в экстремальных условиях северного климата». Апатиты-Кировск, 2008
2. Второе региональное рабочее совещание «Лиственные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство. Архангельск, 2008.
3. Всероссийская научная конференция «Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления», Петрозаводск, 2009.
4. Международный симпозиум «Экология арктических и приарктических территорий», в рамках празднования 20-летнего юбилея Института экологических проблем Севера УрО РАН». Архангельск, 2010.

**Публикации.** По материалам исследований опубликовано 7 научных работ, в том числе две в рецензируемых журналах по перечню ВАК РФ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация представлена на 118 страницах, включает 34 рисунка, 29 таблиц, состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы из 129 наименований.

В **первой главе** приведена общая характеристика рода *Larix*, дана характеристика лиственничным древостоям на территории Архангельской области, рассмотрены факторы формирования высокопродуктивных древостоев на территории Европейского Севера России.

Лиственница (*Larix Mill.*) является представителем семейства *Pinaceae*. В составе рода *Larix* насчитывается около 20 видов. Вопросы систематики, как точное количество видов и их объединение в отдельные таксономические категории, до настоящего времени так и не решены, поэтому современные представления о его систематике сильно рознятся. Мы согласны с мнением Боброва (1972, 1978) и считаем, что на территории Европейского Севера России произрастает подвид лиственницы сибирской (*L. sibirica Ledeb.*).

Леса с преобладанием лиственницы в Архангельской области по данным 1961 г занимали 81,7 тыс. га (0,45 % от лесопокрытой площади) с запасом 12,87 млн. м<sup>3</sup> (Калинин, 1965). По данным лесоустройства на 2008 год доли лиственницы составляла 52,4 тыс. га, 0,24 % от лесопокрытой площади. При этом более 85 % лиственничников являются перестойными насаждениями (Торхов С.В., Трубин Д.В., 2002). Сокращение доли лиственницы происходит в основном под действием антропогенного фактора.

Более 95% лиственничников сконцентрировано в северо-восточной части области на Беломорско-Кулойском плато, по берегам рек Пинеги, Мезени, Пёзе и др.

На территории Европейского Севера главное влияние на продуктивность лесных биоценозов оказывают градиенты тепла, влаги и элементов минерального питания. Именно эти условия являются лимитирующими в процессе продуцирования. Однако геологические, геоморфологические, микроклиматические условия в пределах сходных типов леса далеко не однородны. Это обуславливает различный водный и температурный режимы, механический и химический составы почв и другие особенности. Обобщенные материалы по таксационным показателям лиственничников региона представлены в таблице 1.

Таблица 1. Таксационные показатели лиственничников Архангельской области

Средние таксационные показатели	
Средний состав	5,2Л 2,3Е 0,4С 2,1Б + Ос
Средний запас покрытой лесом площади, м <sup>3</sup> /га	170
Средний запас спелых и перестойных, м <sup>3</sup> /га	173
Средний прирост, м <sup>3</sup> /га	1,0
Текущее изменение запаса	0,1
Средний возраст, лет	211
Средняя полнота	0,57
Средний класс бонитета	3,9

Согласно имеющимся данным (Неволин, 1969, Львов, Ипатов 1974, Войнов, 1992, Кашин, Козобродов, 1994, Структура..., 2000), высокобонитетные древостои на Европейском Севере тяготеют к выходам на дневную поверхность или близкому залеганию дочетвертичных пород – карбоновые и пермские известняки и гипсы, а также пермские красноцветные отложения. На этих породах формируется спектр необычных почв на древних породах: сульфореңдин на плотных гипсах, буроземов на красноцветных породах и рендин на известняках (Горячкин и др., 2001).

Нами при сопоставлении в ГИС пакете MapInfo 6.5 карт выхода карста, распространения лиственницы в регионе (Леса СССР, Т1, 1961) с картой узлов пересечения тектонических дислокаций (Кутинов, Чистова, 2004) выявлено, что в ряде случаев произрастание лиственницы территориально совпадает с узлами пересечения тектонических дислокаций (рисунок 1).

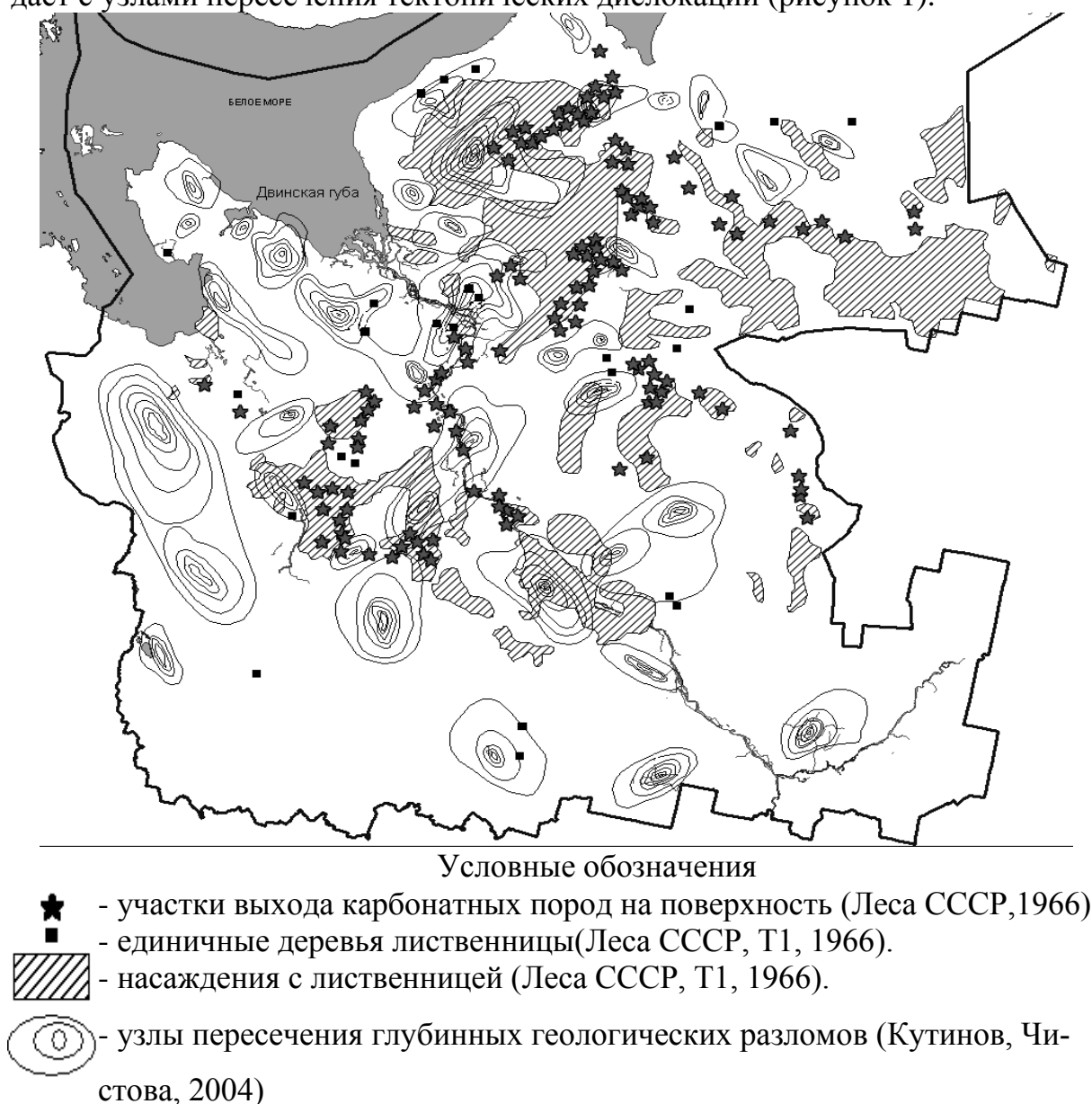


Рисунок. 1. Схема распространения лиственницы (*Larix sibirica*) в Архангельской области.

Это, видимо, обусловлено различным количеством осадков и содержанием микроэлементов в почвах на территориях тектонических узлов (Кутинов и др., 2009; Беляев и др., 2009). Такие места следует учитывать при планировании мероприятий по восстановлению лиственницы.

**Во второй главе** отражены особенности природных условий районов исследований в Архангельской области. Дано описание климата, рельефа, почвенных и гидрологических условий, лесной растительности.

**В третьей главе** рассмотрены объекты и методики исследований.

Исследования проведены в четырех районах Архангельской области: Мезенском, Пинежском, Холмогорском, Плесецком (рисунок 2).



Рисунок 2. Районы исследования.

Объектом исследования являлись естественные древостои лиственницы произрастающие в северной и средней подзонах тайги 150-230-летнего возраста. Закладку пробных площадей производили в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.6-80. В таблице 2 приведена характеристика древостоев на исследуемых пробных площадях.

Таблица 2. Характеристика древостоев пробных площадях в северной и средней подзонах тайги Архангельской области.

№	Пробная площадь	Состав древостоя	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Полнота древостоя	Средняя высота, м	Бонитет
1	Лака	6ЕЗЛ1Б	230	55	0,6	22	IV
2	Ковальское 1	6ЕЗЛ1Б	220	45	0,7	24	III
3	Ковальское 2	5Е2Л1Б	220	44	0,7	22	IV
4	Полта	6ЕЗЛ1Б	200	48	0,6	23	III
5	Полта 2	6ЕЗЛ1Б	220	43	0,6	22	IV
6	Келда	5С1Л1Б	210	45	0,6	24	III
7	Емца	5ЛЗЕ2С	230	40	0,6	25	III
8	Звоз	5С1Л4Б	150	40	0,6	24	III

В результате исследований выполненных в течение 2007-2011 г.г. заложено 8 пробных площади с выполнением на них комплекса лесоводственно-таксационных исследований. При этом измерены диаметры у 210 деревьев, высота у 300 деревьев. Отобраны керны древесины у 250 модельных деревьев, измерено 38235 радиальных приростов, произведено 76470 измерений ранней и поздней древесины у 38325 годичных слоев.

С помощью высотомера измеряли высоты деревьев из числа здоровых, распределенных пропорционально количеству стволов каждой ступени толщины. Выполнено описание ботанического состава живого напочвенного покрова. Для каждого яруса указывали видовой состав растений и их обилие по шкале Друде.

Для определения показателей макроструктуры и физических свойств древесины лиственницы использовали керны, полученные с помощью возрастного бурава на высоте 1,3 м от корневой шейки у 30 деревьев на каждой пробной площади в ориентированном направлении юг – север.

Определение плотности древесины, числа годичных слоёв и содержания поздней древесины в годичном слое проведено в соответствии с ГОСТ 16483.18-72 и рекомендациями О. И. Полубояринова (1976). Для изучения элементов макроструктуры древесины на образцах в виде кернов применяли оптико-дигитальную установку и компьютерную программу «Измеритель» (Антонов, 2007).

Полученные материалы обработаны методами вариационной статистики, проведены, регрессионный и корреляционный анализы полученных данных с использованием программ STAT, Microsoft Excel.

При анализе картографических материалов использовали ГИС пакет MapInfo 6.5.

**В четвертой главе** проанализировано строение древесины лиственницы. Изучением анатомического строения древесины лиственницы занимались В.Е. Вихров (1949), А.А. Яценко-Хмелевский (1954), С.И. Ванин (1940), В.Е. Москалева (1958), В.А. Баженов (1959), Г.Ф. Антонова, В.В. Стасова (1981, 1990, 2003).



Годичный слой хвойных пород слагается из ранней и поздней древесины. Эти зоны годичного слоя отличаются друг от друга по цвету, строению, физико-механическим свойствам и химическому составу древесины.

Исследования древесины ели (Мелехов, 1934), сосны (Перелыгин, 1939) и лиственницы (Пахомов, 1938; Вихров 1949) показали, что ранняя древесина хвойных пород значительно отличается по своим физико-механическим свойствам от поздней.

По данным Вихрова (1949), изменение ширины годичного слоя происходит за счет как ранней, так и поздней части, а именно, что абсолютная ширина поздней части годичного слоя увеличивается вместе с увеличением ширины всего слоя.

Связь между шириной годичного слоя и шириной поздней его части для лиственницы характеризуется высоким коэффициентом корреляции, равным  $0.6594 \pm 0.04$  (рисунок 3).

Процент поздней древесины в отдельных годичных слоях колебался от 10 - 13 до 40 - 47, причем увеличение и уменьшение абсолютной ширины поздней части годичного слоя происходило не всегда пропорционально изменению ширины ранней его части.

В результате этого при изменении ширины годичных слоев процент поздней древесины остается более или менее постоянным (варьирует в пределах от 23 до 28%) (рисунок 4).

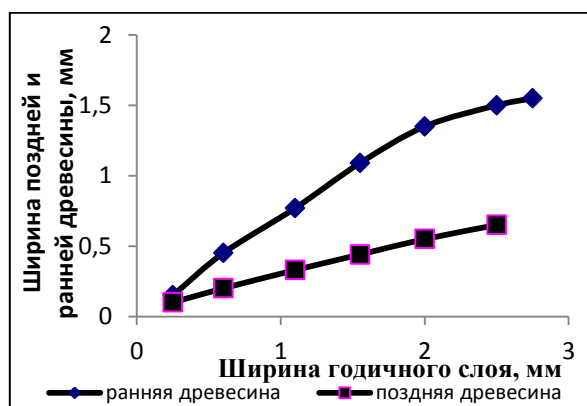


Рисунок 3. Зависимость ширины ранней и поздней древесины от ширины годичного слоя

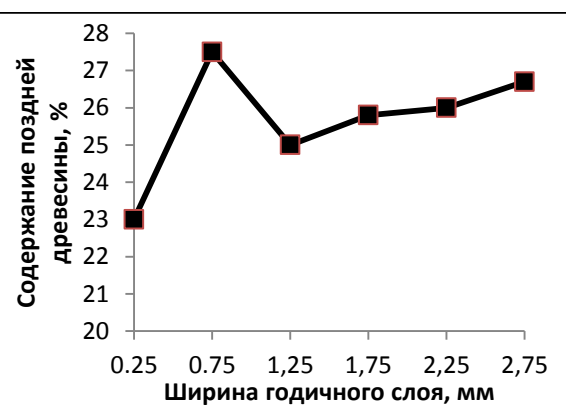


Рисунок 4. Зависимость процента поздней древесины от ширины годичного слоя.

С возрастом у древесных пород ширина годичных слоев уменьшается (Вихров, 1949, 1954; Чавчавадзе, 1979). Н.Е. Косиченко объясняет это особенностями структурной специализации, эволюционной продвинутостью хвойных пород. Известно, что у хвойных пород древесина состоит из трахеид. Специальные механические ткани в древесине голосеменных отсутствуют. Их роль у таксонов, обитание которых не связано с водой, выполняют поздние трахеиды, локализованные в поздней части годичного слоя (Косиченко, 2004; Эсау, 1969). Закономерно, что ширина поздней древесины у хвойных пород, выполняющей опорную функцию, как молодой прогрессивный признак, будет находится под жестким генетическим контролем и мало варьиро-

вать в процессе онтогенеза. Поэтому редукция годичного слоя у древесины хвойных происходит за счет ранней его части, а ширина поздней древесины варьирует в незначительных пределах.

Следствием этой закономерности является увеличение доли поздней древесины и плотности поздней древесины с возрастом. Уменьшение в процессе онтогенеза доли ранней древесины не приводит к кризису водопроявляющей функции древесины так как ею обладают и трахеиды поздней древесины (Эсау, 1969).

По размеру поперечного сечения ранние трахеиды значительно превышают поздние. В среднем площадь одной трахеиды ранней древесины равняется  $1752 \mu^2$ , а поздней  $614 \mu^2$ , т. е. ранние трахеиды имеют, большую площадь поперечного сечения почти в три раза. Еще более резкое различие наблюдается при сравнении площади полостей. Площадь полости у поздних трахеид в десять раз меньше, чем у ранних. Несмотря на то, что толщина оболочек поздних трахеид вдвое больше, чем ранних, площади поперечного сечения оболочки ранних и поздних трахеид одинаковы. В то же время размер пустот в ранней древесине в три раза больше, чем в поздней, на что указывают данные о поверхностной пористости древесины. Поверхностная пористость ранней древесины равняется 66%, а поздней — только 21% (таблица 3).

Таблица 3. Размеры ранних и поздних трахеид лиственницы (Вихров, 1949)

Наименование элементов	Зоны годичного слоя	Крайние значения	M	m, ±	σ, ±	Разница, %
Поперечная площадь трахеид, $\mu^2$	ранняя	844-2517	1752	30,2	585	100
	поздняя	354-795	614	19,6	335	35
Площадь полости трахеид, $\mu^2$	ранняя	747-1919	1236	19,2	405	100
	поздняя	41-170	125	22,9	39,2	10,1
Площадь оболочек трахеид, $\mu^2$	ранняя	286-736	527	85,2	163,5	100
	поздняя	280-743	492	6,4	109	93,2
Поверхностная пористость, %	ранняя	58-73	66,05	0,23	7,26	100
	поздняя	8-29	21,2	0,42	4,5	32
Периметр трахеид, $\mu$	ранняя	116-206	166	1,56	30,1	100
	поздняя	72—116	98,9	0,37	6,4	60
Диаметр трахеид, $\mu$ а) радиальный	ранняя	34-65	52,4	0,55	10,7	100
	поздняя	15-25	21,78	1,53	2,62	41,5
б) тангенциальный	ранняя	21-40	32,04	0,23	4,36	100
	поздняя	20,32	27,41	0,18	30,4	85,5
Толщина оболочек трахеид, $\mu$	ранняя	2,35-4,85	3,32	0,05	0,83	100
	поздняя	5,55-10,5	6,6	0,1	1,46	199
Длина трахеид, мм	ранняя	1,47-3,02	2,47	0,03	0,06	100
	поздняя	1,67-3,26	2,73	0,04	0,12	110

Анализ имеющихся в литературе данных (Вихров, 1949) для лиственницы и (Ванин, 1940) для сосны и ели показывает, что пористость ранней древесины сосны, ели и лиственницы более или менее одинакова, а пористость поздней древесины лиственницы значительно меньше, чем поздней древесины сосны и ели. Эта особенность строения годичного слоя листвен-

ницы оказывает влияние на свойства ее древесины и указывает на причину сравнительно сильного растрескивания древесины лиственницы и частых заколов ее при камерной сушке.

Тангенциальный диаметр трахеид от внутренней границы годовичного слоя к внешней изменяется мало. Уменьшение поздних трахеид сравнительно с трахеидами ранними происходит за счет сокращения этих клеток в радиальном направлении.

Площадь оболочек каждой трахеиды на поперечном срезе от внутренней границы годовичного слоя к внешней почти не уменьшается и для радиально расположенных трахеид выражается линией, параллельной оси абсцисс (рис. 5).

Площадь полостей трахеид и поверхностная пористость ранней и поздней древесины являются одним из основных показателей, определяющих физико-механические свойства древесины этих зон годовичного слоя.

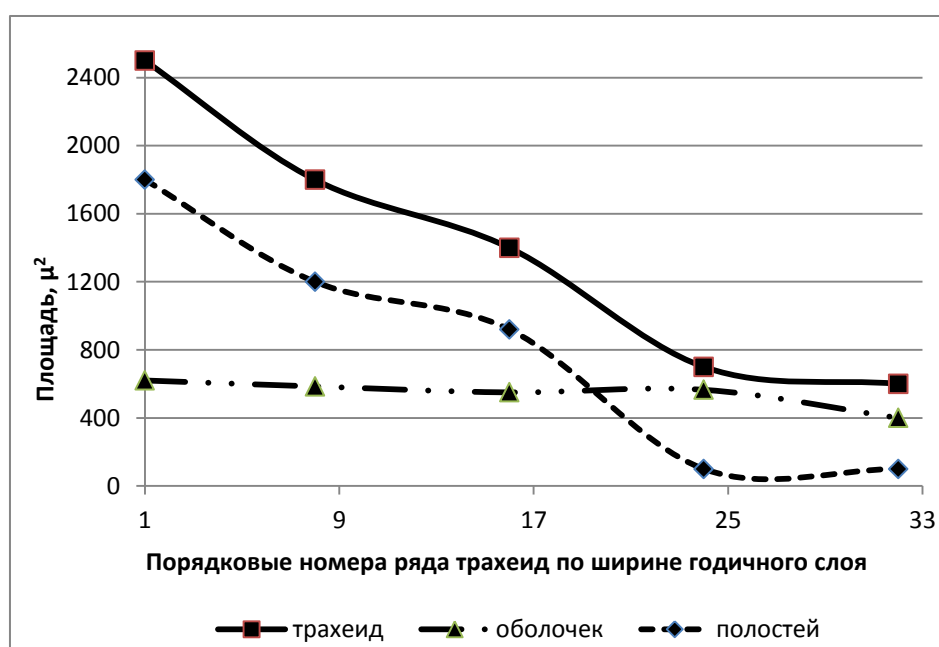


Рисунок 5. Изменение площади поперечного сечения трахеид, полостей и оболочек по ширине годовичного слоя.

Таким образом, у лиственницы различие в строении между ранней и поздней древесиной гораздо больше, чем у сосны и ели.

В целом, с возрастом дерева постепенно возникает все более и более резкая дифференциация ранних и поздних трахеид. У ранних увеличилась относительная величина полостей и тем самым улучшались условия транспирации влаги. У поздних же происходит относительное увеличение площади клеточных оболочек и как следствие этого повышались их механические свойства.

Поздняя и ранняя древесина одного годовичного слоя по микроскопическому строению может значительно отличаться от поздней и ранней древесины другого слоя. Это различие оказывает большое влияние на физико-механические свойства древесины, а объемный вес и прочность древесины в

целом зависят не только от процентного содержания поздней части годичного слоя, но также и от толщины клеточных оболочек и порозности трахеид.

**В пятой главе** проанализированы результаты исследования макростроения и физико-механических свойств древесины лиственницы в зависимости от географического положения насаждений и геоэкологических условий (выхода карстовых пород).

По данным Ф.И. Коперина (1955) древесина лиственницы сибирской на территории Архангельской области имеет следующие показатели (таблица 4).

Таблица 4 Физико-механические свойства древесины лиственницы  
(Коперин, 1955)

Показатели физико-механических свойств древесины лиственницы	$M \pm m$
Содержание поздней древесины, %	37,5±1,67
Сопротивление сжатию вдоль волокон, кг/см <sup>2</sup>	573± 9,43
Сопротивление растяжению вдоль волокон, кг/см <sup>2</sup>	1198±23,40
Сопротивление статическому изгибу в тангенциальном направлении, кг/см <sup>2</sup>	1023±37,22
Сопротивление статическому изгибу в радиальном направлении, кг/см <sup>2</sup>	895±36,67
Сопротивление скалыванию вдоль волокон в тангенциальной плоскости, кг/см <sup>2</sup>	92±3,71
Сопротивление скалыванию вдоль волокон в радиальной плоскости, кг/см <sup>2</sup>	117±5,12
Сопротивление раскалыванию в тангенциальной плоскости, кг/см	15,7±0,93
Сопротивление раскалыванию в радиальной плоскости, кг/см	17,6±0,58
Сопротивление ударному изгибу в радиальном направлении, кг/см <sup>3</sup>	0,37
Сопротивление ударному изгибу в тангенциальном направлении, кг/см <sup>3</sup>	0,38
Торцовая твердость, кг/см <sup>2</sup>	621± 37,18
Тангенциальная твердость, кг/см <sup>2</sup>	367±20,03
Радиальная твердость, кг/см <sup>2</sup>	393±24,96
Ударная твердость, гм/мм <sup>2</sup>	1267±44,33

Вопросам физико-механических свойств ранней и поздней древесины хвойных пород посвящены работы Н.П. Куликова (1937), И.Д. Пахомова (1938) и В.Е. Вихрова (1949). В других же работах вопрос о физико-механических свойствах ранней и поздней древесины затрагивается лишь частично. Различие в свойствах между ранней и поздней древесиной очень большое (таблица 5). Поздняя древесина в 2.5 раза тяжелее ранней, имеет вдвое большую усушку и объемную порозность и в три-четыре раза прочнее.

Таблица 5 Показатели физико-механических свойств ранней и поздней древесины лиственницы (Вихров, 1949).

Наименование свойств	Ранняя		Поздняя		Разница
	М	м, ±	М	м, ±	
Плотность ( $\rho_0$ ) при $W = 0$	0,383	0,006	0,863	0,112	0,48
Плотность при $W = \max$ , ( $\rho_{\max}$ )	1,03	1,021	1,09	0,025	0,06
Объемная усушка полная ( $Y_0$ ), %	13,43	0,54	22,8	1,09	9,4
Тангенциальная усушка ( $Y_t$ ), %	7,87	0,182	13,9	0,206	6,03
Радиальная усушка ( $Y_r$ ), %	1,57	0,167	7,1	0,175	5,53
Объемная порозность ( $V_{\text{пор}}$ ), %	75,3	0,41	46,7	2,18	28,6
Соппротивление растяжению ( $Z$ ), кг/см <sup>2</sup>	442	45,15	1510	138,2	1068

Исследования географической изменчивости качественных показателей древесины в условиях Севера (Мелехов, 1949; Коперин, 1955; Львов, Ипатов 1976) позволяют заключить, что фактор широты и долготы оказывает влияние лишь в той степени, в какой он отражает разницу в почвенных условиях, количестве осадков и продолжительности сезона вегетации. Полученные результаты в большинстве случаев свидетельствует об улучшении качественного состояния древостоев при движении с севера на юг.

Результаты изучения макростроения и плотности древесины лиственницы проведенные нами в вышеуказанных районах исследований (см. главу 3) приведены в таблице 6.

Таблица 6. Характеристика древесины лиственницы на пробных площадях

№	Пробные площади	Содержание поздней древесины, %	Количество годовичных колец в 1 см, шт	Ширина годовичного кольца, мм	Плотность $\rho_{12}$ , кг/м <sup>3</sup>
1	Лака	30,7±0,9	13,5±0,83	0,74±0,03	545,4±16,8
2	Ковальское 1	33,6±1,4	14,7±0,58	0,68±0,02	564,1±10,2
3	Ковальское 2	30,8±0,8	12,8±0,47	0,78±0,05	560,2±11,4
4	Полта	35,1±0,9	10,8±0,87	0,92±0,11	619,2±11,9
5	Полта 2	29,7±1,5	13,8±0,54	0,77±0,03	540,5±12,5
6	Келда	34,3±1,1	14,2±0,61	0,70±0,07	576,9±12,3
7	Звоз	34,6±1,38	7,4±0,98	1,35±0,18	524,3±16,6
8	Емца	34,1±0,72	10,7±0,46	0,93±0,03	600,2±8,8

Средняя ширина годовичных колец, как легко наблюдаемый признак часто используется в практике для предварительного ориентировочного суждения о качестве древесины: в стандартах на высококачественную древесину требуется, чтобы число годовичных слоев в 1 см для древесины лиственницы сибирской было не менее 3 и не более 30. В нашем случае на всех пробных площадях, независимо от их географического положения, было отмечено от 4 до 23 годовичных слоев в 1 см, то есть изучаемая древесина лиственницы всех пробных площадей имеет высокое качество (таблица 4).

В ходе исследования выявлено, что наибольшая для поздней древесины наблюдается на п.п. Полта (35%) и Емца (34%), наименьшая на п.п. Лака

(30%) (рисунок 8). То есть независимо от широты расположения пробной площади доля поздней древесины значительная, причем наибольшая в северной подзоне тайги (п.п. Полта). Самая большая ширина годичного слоя отмечена на п.п. Звоз (1,35 мм), наименьшая на п.п. Ковальское (0,68мм) (рисунок 7.)

Количество годичных слоев в 1см на пробных площадях колеблется от 15,2 на п.п. Ковальское до 9 на п.п. Звоз (рисунок 9).

Установлено, что на п.п. Емца и Полта формируется наиболее плотная древесина, плотность которой составляет 468 и 483 кг/м<sup>3</sup> (рисунок 6). Полученные показатели плотности древесины хорошо согласуются с результатами изучения её макроструктуры: увеличение содержания поздней древесины приводит к росту плотности, и аппроксимируются уравнением прямой (рисунок 10). При увеличении ширины годичного слоя, в большинстве случаев, плотность древесины снижается.

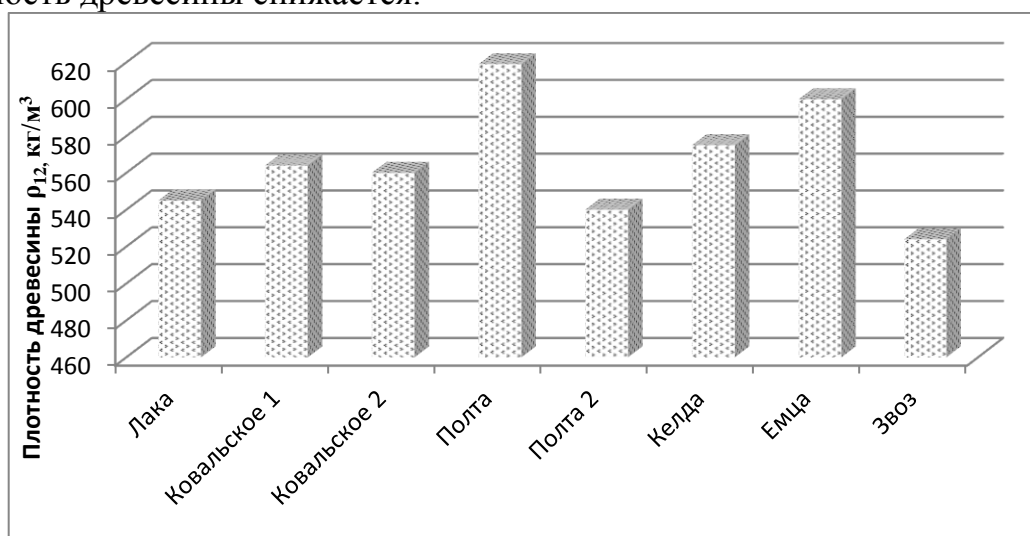


Рисунок 6. Плотность древесины

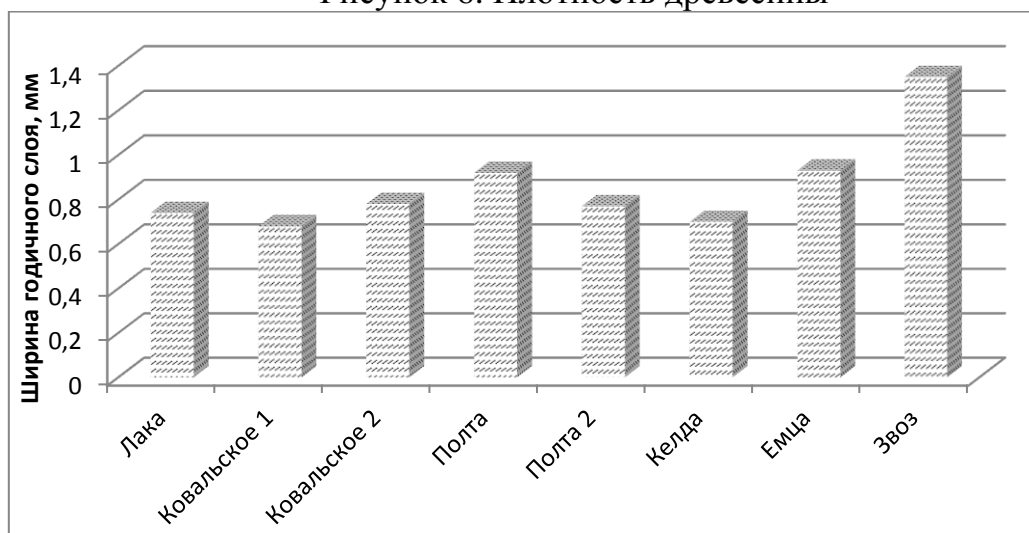


Рисунок 7. Ширина годичных колец.

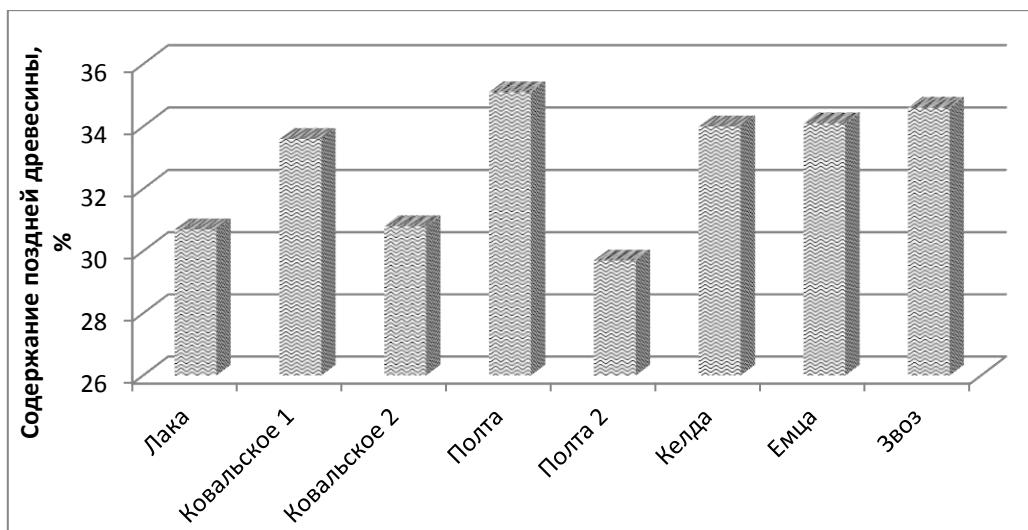


Рисунок 8. Содержание поздней древесины.

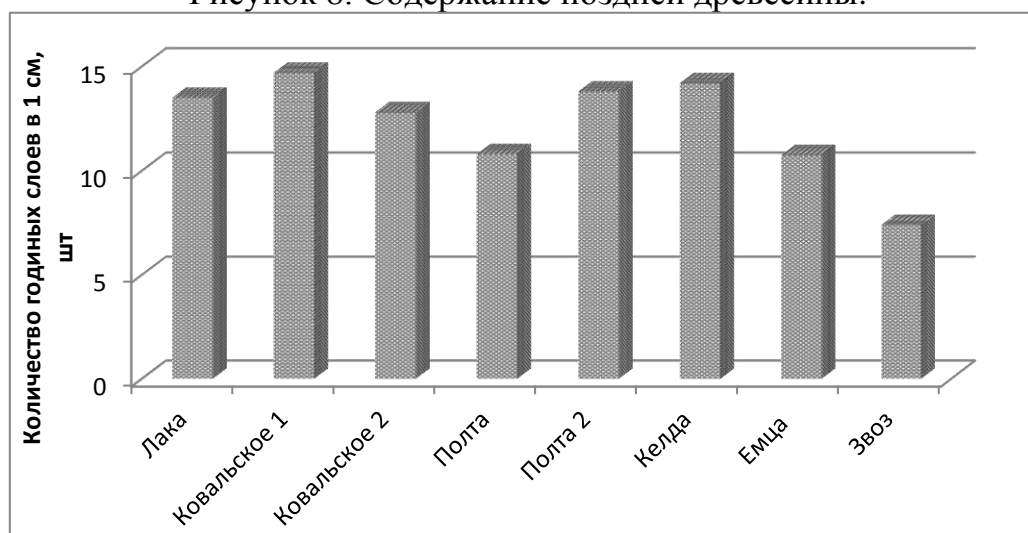


Рисунок 9. Количество годичных слоев.

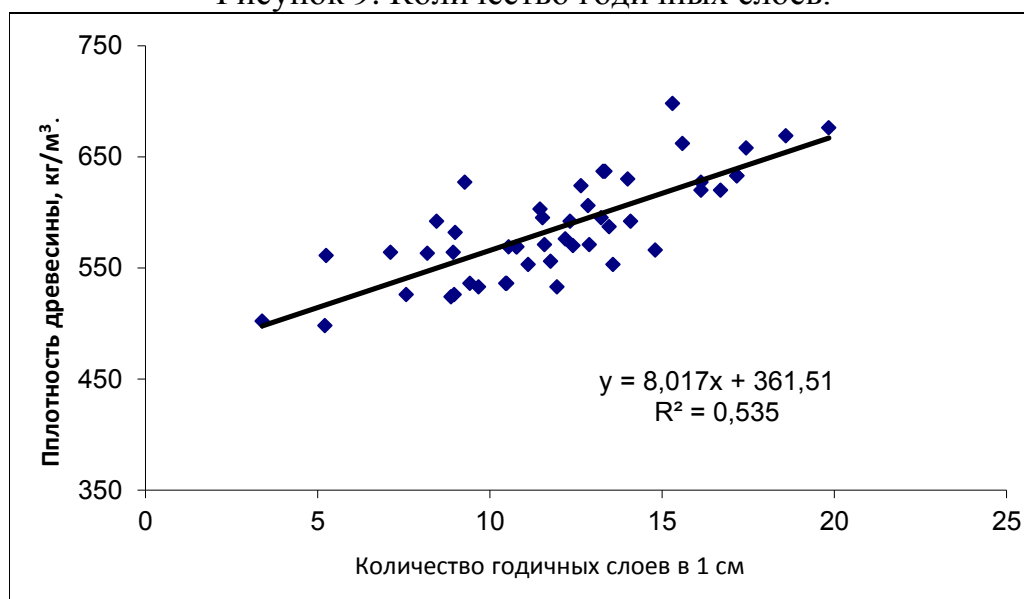


Рисунок 10 Зависимость плотности древесины лиственницы от содержания поздней древесины лиственницы

Следует отметить, что параметры качества и физические свойства древесины лиственницы сибирской на пробных площадях в северной и средней подзоне тайги Европейского Севера России незначительно отличаются между собой, что связано, в первую очередь, с произрастанием этих древостоев в карстовых ландшафтах. При движении севера ( $65^{\circ}19'$ ) на юг ( $63^{\circ}15'$ ) содержание поздней древесины, ширина годичного слоя и плотность древесины увеличиваются на 12%, 20%, 10% соответственно.

Статистически доказана прямая зависимость показателей плотности от процента поздней древесины. Наши данные согласуются с показателями плотности древесины лиственницы, характерными для высокопродуктивных лиственничных древостоев Архангельской области, опубликованными в работе Martinsson O., Lesinski J, 2007.

Ранее было установлено, что проявление комплекса аazonальных факторов ландшафтообразования приводит к формированию почв, которые обладают высокими лесорастительными свойствами, обеспечивающие произрастание высокопродуктивных древостоев в бореальной зоне (Беляев В.В., Бураков П.С., Хмара К.А., Гофоров М.Ю. 2010).

Полученные материалы позволяют судить о том, что аazonальные факторы нивелируют влияние климатических условий между подзонами и приводят к формированию «однотипных» древостоев, как по физико-механическим характеристикам древесины лиственницы сибирской, так и по продуктивности.

Исследование изменчивости макроструктурных показателей с возрастом проводился, начиная с 10-летнего возраста, с интервалом в 10 лет. Графическая зависимость показателей процента поздней древесины и ширины годичного кольца от возраста по диаметру ствола построена для всех пробных площадей и представлена на рисунках 11, 12.

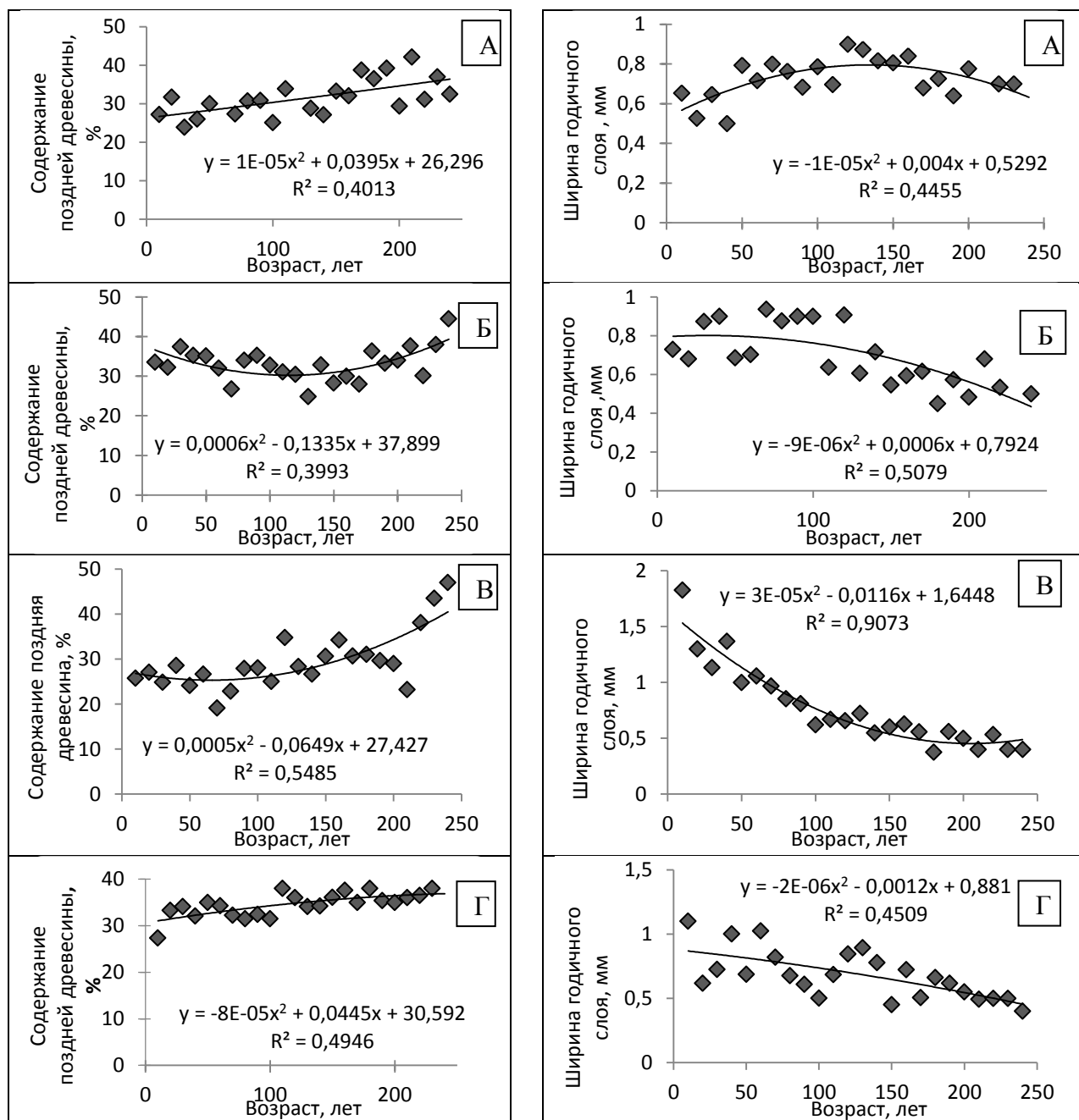
Анализируя изменение содержания поздней древесины с возрастом у лиственницы сибирской естественного происхождения наблюдается тенденция неравномерного увеличения доли поздней древесины. Эту закономерность можно объяснить тем, что в возрасте от 50 до 120 лет лиственница имеет максимальный прирост в высоту и по диаметру. Увеличение роста по диаметру происходит за счет увеличения доли ранней древесины (Вихров, 1949; Косиченко, 2004). Коэффициент корреляции отмечается от 0,34-0,6, что свидетельствует об умеренной и значительной тесноте связи (по Дворецкому, 1971).

Отрицательную параболическую зависимость роста на п.п. Лака, Ковальское 1, Полта и Емца можно объяснить периодом большого роста. Период большого роста (по Л.А. Иванову, 1931) является одной из биологических особенностей древесных пород. Его надо рассматривать как отражение не только биологических ритмов развития деревьев, но внешних условий. По К.Б. Лосицкому и В.С. Чуенкову (1980), в жизни отдельного дерева и насаждения в целом в начале наблюдается прирост в высоту, а затем при достижении определенного возраста снижение прироста. Эту закономерность, присущую всем древесным породам независимо от географического положения и



условий местопроизрастания называют законом большого роста деревьев и насаждений. Именно в этот период образуются самые широкие годовичные слои, что четко отражено на рисунках 12А, Б, Ж.

Положительную параболическую зависимость роста деревьев по диаметру на п.п. Ковальское 2, Келда, Звоз, Падун можно объяснить характером почв (рисунок 12). Начало замедления роста связано с мощностью рыхлых горизонтов почвы. Чем меньше мощность рыхлых горизонтов тем раньше начинается замедления прироста (Товстолес Л.И, 1907).



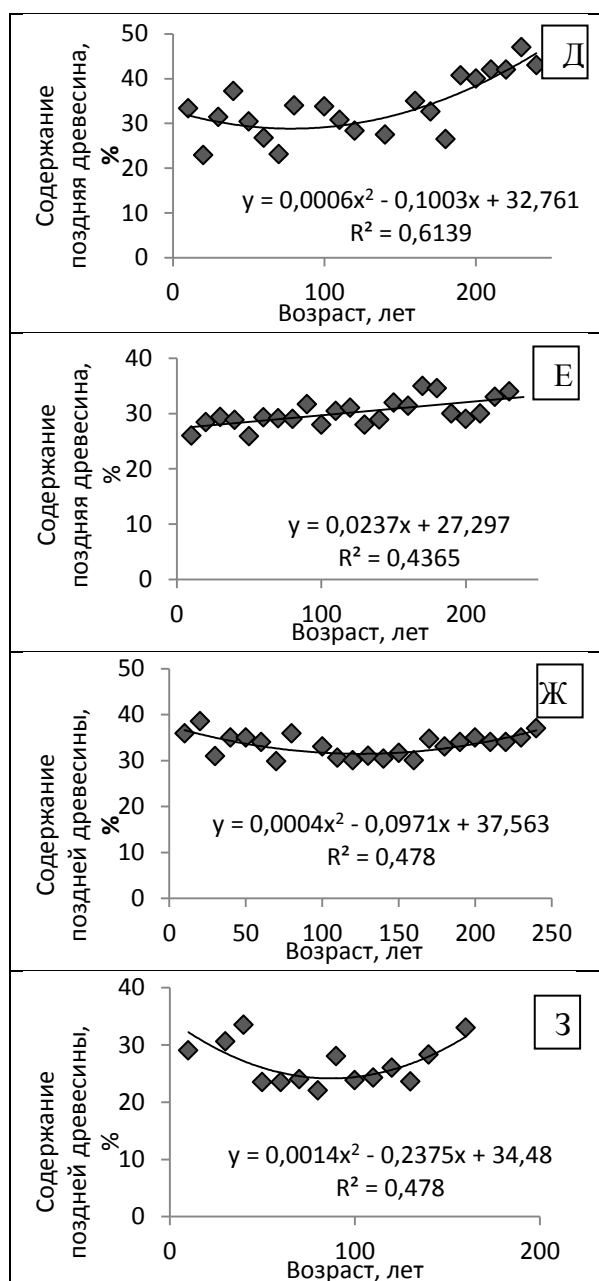


Рисунок 11. Изменение содержания поздней древесины с возрастом

Примечание: А-п.п. Лака; Б-п.п. Ковальское 1; В-п.п. Ковальское 2; Г-п.п. Полта; Д-п.п. Келда; Е-п.п. Полта 2; Ж-п.п. Емца; 3- п.п. Звоз

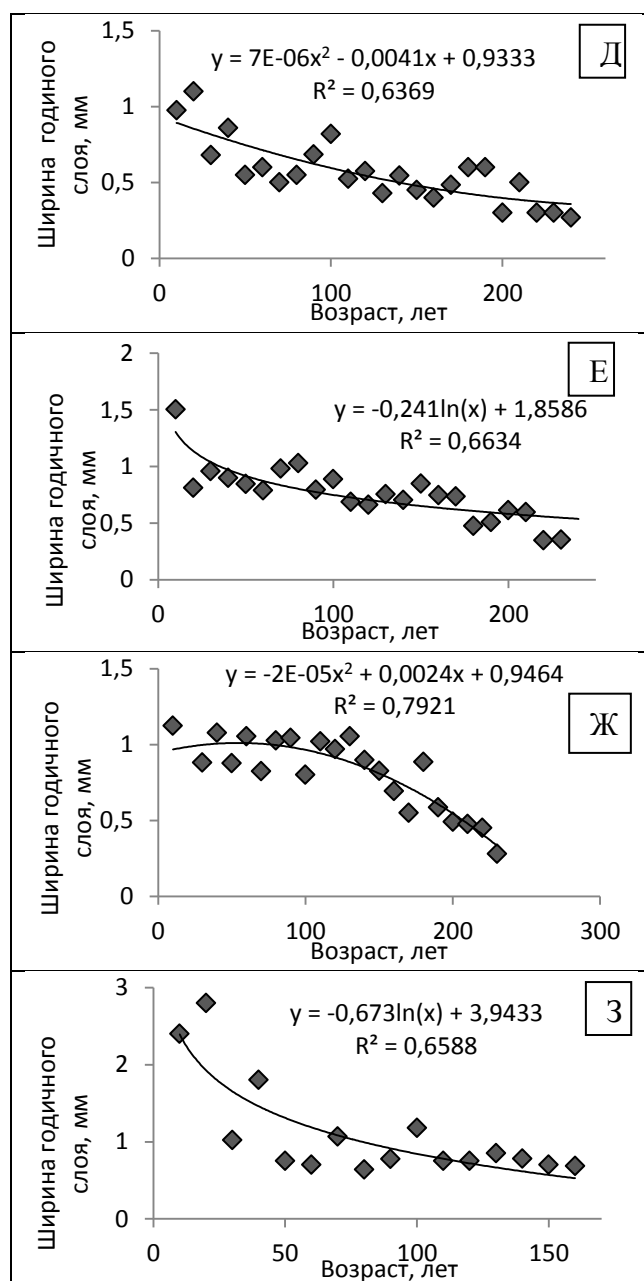


Рисунок 12. Изменение ширины годового слоя с возрастом

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установлено пространственное совпадение лиственничных насаждений не только с выходами карстовых пород, но и с узлами пересечения тектонических дислокаций.

2. В настоящее время в Архангельской области площадь древостоев с участием 3 и более единицы составляет около 150 тыс. За последние 100 лет площадь древостоев с долей более 3 единиц лиственницы в составе сократилась в 2 - 3 раза. Из этого расчета среднегодовое снижение площади указанных древостоев

составляет 1 % в год. Выпадение лиственницы из древостоев, где доля ее участия незначительна (менее 3 единиц), идет более интенсивно.

3. Ранняя и особенно поздняя древесина одного годовичного слоя может значительно отличаться по микроскопическому строению от поздней и ранней древесины другого слоя. Это вызывает значительные колебания плотности древесины в целом даже у образцов, имеющих одинаковый процент поздней зоны. Плотность древесины зависит от общего процента поздней древесины, от ее микроскопического строения. Установлена связь условной плотности от процента поздней древесины лиственницы. ( $r = 0.53$ ).

4. С возрастом дерева возникает более резкая дифференциация ранних и поздних трахеид. У ранних в 3 раза увеличивается относительная величина пористостей (520-1784 мкм); у поздних в 2 раза увеличиваются площади клеточных оболочек (284-528 мкм), и повышение их механических свойств.

5. С возрастом у лиственницы наблюдается тенденция медленного увеличения доли поздней древесины (с 30 до 40%).

6. Поздняя древесина лиственницы усыхает сильнее, но равномернее, чем ранняя. Радиальная усушка ранней древесины лиственницы меньше чем поздней на 78%.

7. По микроскопическим признакам у лиственницы наблюдается резкий переход от ранней древесины к поздней. Однако поздние трахеиды не идут непосредственно за ранними, а существует несколько промежуточных рядов клеток, которые по своей форме не могут быть отнесены ни к ранним, ни к поздним трахеидам. В отличие от крайних зон годовичного слоя этот средний промежуточный слой называют летней древесиной, а трахеиды, его составляющие, - летними трахеидами. Ширина летней древесины, зависит от ширины годовичного слоя и в среднем составляет 25% ширины всего слоя

8. Независимо от географической широты процент поздней древесины значительный, причем наибольший в северной подзоне тайги (п.п. Полта 35%). При движении севера ( $65^{\circ}19'$ ) на юг ( $63^{\circ}15'$ ) доля поздней древесины и ширина годовичного слоя и плотность древесины увеличиваются на 12%, 20%, 10% соответственно. Таким образом, показатели качества и физические свойства древесины лиственницы северной и средней подзоне тайги незначительно отличаются между собой, что связано, в первую очередь, с произрастанием этих древостоев в карстовых ландшафтах. Данные биотопы характеризуются обильным содержанием элементов минерального питания в почве и хорошим дренажем.

9. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности создания культур лиственницы в карстовых ландшафтах как в средней так и в северной подзоне тайги которые будут иметь высококачественную древесину.

### **Список публикаций по теме диссертации**

В изданиях по перечню ВАК:

1. Неверов Н.А., Бурлаков П.С., Дровнина С.И., Хмара К. А., Беляев В.В. Качество древесины лиственницы сибирской в карстовых ландшафтах Европейского Севера России // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 193. СПб.: СПбГЛТА, 2010. - С.81-87.

2. Беляев В.В., Неверов Н.А. Строение и качество древесины лиственницы Сукачева (*LARIX SUKACZEWII DYLLIS*) в Архангельской области // Вестник Поморского Университета. Серия: естественные науки. 2011. - С. 34-40.

Прочие:

3. Беляев В.В., Дровнина С.И., Хмара К.А., Бурлаков П.С., Неверов Н.А. Влияние геоэкологических факторов среды на разнообразие таежных ландшафтов Архангельской области // Северные территории России: проблемы и перспективы развития. Материалы всероссийской конференции с международным участием. – Архангельск, Институт экологических проблем Севера УрО РАН, 2008 г. - С. 146-150.

4. Неверов Н.А. Распространение лиственничных насаждений на территории Архангельской области // Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство. // Материалы Второго рабочего совещания, Архангельск: АГТУ, 22-25 сентября, 2008г.- С. 7-10.

5. Неверов Н.А. Распространение и продуктивность лиственничных насаждений в пределах Архангельской области // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в экстремальных условиях северного климата. Материалы докладов международной научной конференции, Апатиты-Кировск, 29-30 сентября, 2008г.- С. 63-65.

6. Неверов Н.А. Бурлаков П.С., Дровнина С.И., Хмара К.А. Радиальный прирост и продуктивность лиственницы сибирской на Беломорско-Кулойском плато // Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. - С. 73-75.

7. Неверов Н.А. Бурлаков П.С., Хмара К.А. Качество древесины лиственницы сибирской в карстовых ландшафтах Европейского Севера России // Экология арктических и приарктических территорий: Материалы международного симпозиума 6-10 июня 2010. Архангельск, 2010. - С. 367-369.