

The total number of inventory trees was 926. The data of changes in the tapering of tree trunks obtained during the study do not contradict, but rather confirm the known patterns of growth and development of tree vegetation, which have been established by taxation criteria for various forest zones in Russia. An additive model proposed by V. L. Chernykh and his colleagues was used to model the tapering of the tree roots. Models of the tapering of the tree basis in relative values of the main tree species have been obtained. Mathematical models have been developed for estimating the diameters of trees at 1.3 m height depending on the diameter and height of the stumps. The determination coefficient for the studied tree species is above 0.99. To estimate the volume of illegally cut wood in case of lacking a tree trunk, it is necessary to measure the diameter and height of the stump, and then apply the developed tables to convert these measurements to a diameter at a height of 1.3 m.

Key words: tree diameter at a height of 1.3 m, stump diameter, stump height, statistical indicators, tabulated values, relative diameter values.

For citation: Perepechina Yu. I., Strelkov S. S. Modeling the relation between the diameter of trees at 1.3 m height depending on the diameter and height of stumps for tree species in the Bryansk Region. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2025; 4 (84): 49-58. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_49-58.

Authors:

Yu. I. Perepechina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0009-0005-9351-1882>;

S. S. Strelkov, Postgraduate student, <https://orcid.org/0009-0003-2430-1772>

Bryansk State Technological University of Engineering, 42 Igorya Kustova St., Bryansk, Russia, 241029

y-perepechina@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 26.09.2025; одобрена после рецензирования 08.10.2025;
принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 26.09.2025; approved after reviewing 08.10.2025; accepted for publication 01.12.2025.

Научная статья

УДК 630*552+630*17:582.475(470.51)

DOI 10.48012/1817-5457_2025_4_58-65

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЯГАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Поздеев Денис Александрович

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

dap@219mail.ru

Аннотация. В соответствии с целью исследования проведена детальная оценка изменчивости ширины годичных колец деревьев ели обыкновенной (*Picea abies L.*) в древостоях разного возраста, произрастающих на территории Яганского лесничества Удмуртской Республики. Полученные данные важны для понимания процессов формирования радиального прироста и качества древесины, определяемого долями поздней древесины. На временных пробных площадях, заложенных в соответствии с общепринятой методикой, отбирались керны древесины с дальнейшим определением величины годичных колец за последние 10 лет. В ходе исследований также определена ширина ранней и поздней древесины. При определении изменчивости ширины годичного кольца использован метод малой выборки. Для выявления связи ширины годичного кольца с ключевыми метеорологическими факторами вегетационного периода (температура и количество осадков) применялся корреляционный анализ. Установлено, что поздняя древесина является наиболее изменчивым компонентом годичного кольца с коэффициентом вариации до 78 %. Общая ширина годичного кольца имеет меньшую изменчивость. Статистически значимой линейной зависимости ширины ранней и поздней древесины от средней температуры вегетационного

периода не выявлено. Обнаружена умеренная положительная корреляция между количеством осадков и шириной ранней древесины. Связь осадков с шириной поздней древесины незначимая слабая отрицательная. Следует отметить, что результаты корреляционного анализа значительно варьировали между разными пробными площадями, что подчеркивает комплексный характер влияния внешних условий и необходимость учета локальных эдафо-климатических и ценотических факторов при прогнозировании прироста древесных растений.

Ключевые слова: еловые древостои, пробные площади, керн древесины, ширина годичного кольца, ранняя и поздняя древесина, метеорологические факторы.

Для цитирования: Поздеев Д. А. Изменчивость структуры годичных колец еловых древостоев Яганского лесничества Удмуртской Республики // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 4 (84). С. 58-65. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_58-65.

Актуальность. Годичные слои древесины относятся к элементам ее макроструктуры. На поперечном разрезе ствола дерева они формируют концентрические окружности, а на керне древесины, полученной с помощью возрастного (приростного) бура, чередование светлых и темных участков.

Формирование четко выделяемых годичных колец – это особенность всех древесных растений в средних широтах, особенно в северном полушарии.

Годичный слой состоит из двух частей – ранней и поздней. Ранняя древесина более светлая, расположенная ближе к центру ствола, откладывается весной. Поздняя древесина более темная, откладывается к концу вегетационного периода. В ранней древесине больше проводящих элементов, а именно сосудов и трахеид. Поздняя древесина также состоит из трахеид, но они значительно меньше трахеид ранней древесины и имеют более толстые стенки. За счет своего строения поздняя древесина имеет более высокую плотность по сравнению с ранней. Переход от ранней древесины к поздней у большинства хвойных пород варьирует от резкого до четкого. Исключение составляет сосна кедровая (*Pinus sibirica*) с плавным или почти незаметным переходом слоев годичного кольца.

Большинство публикаций, освещавших радиальный прирост, связано с оценкой влияния метеорологических факторов на формирование ранней и поздней древесины годичного кольца [2-6].

Также ширина годичного слоя и его составляющих являются показателями оценки эффективности гидролесомелиоративных мероприятий [9] или мониторинга лесов, подверженных радиационному загрязнению [2].

Актуальность изучения морфологии годичных колец подтверждается и другими публикациями [8, 10]. Так, Тихомиров А. В. [8] предлагает методику возрастной диагностики состояния дуба черешчатого (*Quercus robur*). Она основана на анализе закономерностей годичного прироста ранней и поздней древесины и их взаимо-

связи в процессе онтогенеза дерева. Практическое значение работы заключается в возможности определять состояние дерева по снижению толщины годичных слоев и уменьшению доли ранней древесины.

Важность содержания поздней древесины в годичном кольце отмечается как в нормативных документах, так и публикациях по переработке древесины [10]. Согласно СНиП II-25-80, для несущих элементов деревянных конструкций ширина годичных слоев древесины хвойных пород должна быть не более 5 мм, а содержание в них поздней древесины – не менее 20 %. В статье Orlowski K., Chuchala D. [10] рассматривается обоснование мощности резания древесины при распиловке сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зависимости от доли поздней древесины в годичном слое. Авторами выявлено закономерное увеличение требуемой мощности станка для резания древесины с увеличением доли поздней древесины в годичном кольце. При сравнении данных, полученных из разных регионов Польши, отмечается влияние на механические свойства древесины условий места произрастания насаждений. В двух из четырех обследованных регионах выявлена высокая корреляция мощности резания древесины от места произрастания.

В публикации [4] с помощью рентгеновской денситометрии исследованы плотность древесины, ширина годичного кольца и содержание поздней древесины лиственницы европейской (*Larix decicuda*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Результаты исследования отмечают увеличение плотности древесины лиственницы (*Larix decicuda*) при величине годичного кольца менее 2,5 мм и содержании поздней древесины 40-50 %.

Пример моделирования роста ранней и поздней древесины хвойных пород в Беларусь приведен в работе [3]. Выявлены лимитирующие и продуцирующие факторы, влияющие на радиальный прирост ранней и поздней древесины. По результатам исследования авторов, к основным лимитирующими факторам отно-

сятся высокие температуры июля и отсутствие осадков. К продукцирующим факторам относится сквозное промачивание почвы осадками и повышенные температуры мая и сентября. Для среднесрочного прогнозирования радиального прироста (5-15 лет) авторы рекомендуют гармонический анализ Фурье или функции и методы, имитирующие периодичность [3]. Также авторы отмечают, что доля поздней древесины у хвойных пород после 50 лет стабилизируется и в среднем составляет 40 %. Конкретно для еловых древостоев северной части Беларуси она равна 37 %.

Целью исследования является оценка изменчивости ширины ранней и поздней древесины в годичных кольцах деревьев ели в древостоях разных возрастов Яганского лесничества Удмуртской Республики для последующего сравнения с другими древесными породами, произрастающими в аналогичных лесорастительных условиях; выявление связи ширины ранней и поздней древесины с климатическими данными вегетационного периода.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- анализ таксационных описаний Яганского лесничества для проведения стратификации выделов;
- закладка пробных площадей, отбор модельных деревьев и взятие кернов древесины.

Материал и методы. Для достижения цели научно-исследовательской работы были использованы данные таксационных описаний выделов Яганского лесничества.

Таксационные выделы группировались по преобладающим типам леса и классам возраста. Все работы на пробных площадях проведены в соответствии с ОСТ 56-69-83 «Пробные

площади лесоустроительные. Метод закладки. Всего в выборку попало 350 таксационных выделов. Определен преобладающий тип леса – ельник липняковый с елью в составе древостоя яруса от четырех единиц и выше.

На каждой пробной площади отбиралось по 10 модельных деревьев для взятия кернов древесины с помощью возрастного бурава. Керны отбирались на высоте 1,3 м от поверхности земли по произвольно взятому радиусу. Всего было отобрано 56 кернов. Они наклеивались на деревянную подложку, а затем их поверхность тщательно шлифовалась. Определение ширины годичных колец за последние 10 лет выполнялось с помощью микроскопа МБС-1, цифровой фотокамеры и программы PhotoM 1.21.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ MS Excel и Statistica.

Результаты исследований. Характеристика пробных площадей приведена в таблице 1.

Пробные площади подобраны в модальных древостоях. Результаты измерения кернов древесины обработаны методом описательной статистики.

Изменчивость показателей ширины годичного слоя на пробных площадях приведена в таблице 2.

Поздняя древесина является значительно более изменчивым параметром по сравнению с ранней древесиной и общей шириной годичного кольца. Коэффициент изменчивости поздней древесины достигает высоких значений, часто выше 50 %, а в отдельные годы и до 78 %. Ранняя древесина также демонстрирует большой уровень изменчивости, однако ее показатели несколько ниже, чем у поздней древесины.

Таблица 1 – Таксационная характеристика пробных площадей

№ пробной пло-щади/квартала/ вы-дела	Таксационные показатели										
	насаждения			древостоя яруса			древостоя элемента леса				
	тип леса	ТЛУ	класс боните-та	состав	полно-та	запас на 1 га, м ³	поро-да	Аср, лет	Нср, м	Дср, см	НФ, м
1/209/13	ЕЛП	С2	1	8Е2Лп	0,6	140	E	33,0	14,1	16,3	7,17
							Лп	30,0	13,6	12,5	6,99
2/181/8	ЕЛП	С2	1	6Е2П1С1Ос	0,4	140	E	45,0	20,5	17,5	10,18
							П	45,0	17,3	16,5	8,24
							С	45,0	19,1	20,0	8,95
							Ос	50,0	17,0	20,0	8,26
3/355/9	ЕЛП	С2	1	5Е5Лп	0,4	180	E	70,0	22,0	24,6	10,61
							Лп	50,0	21,0	22,5	9,94
4/173/12	ЕЛП	С2	1	10Е	0,4	210	E	85,0	24,4	26,0	11,47

Таблица 2 – Изменчивость показателей ширины годичного кольца деревьев ели на пробных площадях

Год	Ширина годичного кольца, мм	Ширина ранней древесины, мм	Ширина поздней древесины, мм	Коэффициент изменчивости, %		
				ширина годичного кольца	ширина ранней древесины	ширина поздней древесины
Пробная площадь №1						
2024	1,47±0,12	1,00±0,06	0,47±0,11	14,2	10,0	53,9
2023	1,00±0,06	0,70±0,15	0,30±0,09	10,0	37,8	57,7
2022	1,17±0,27	0,90±0,28	0,27±0,07	34,2	61,8	43,3
2021	0,97±0,28	0,70±0,21	0,27±0,09	42,8	51,5	57,3
2020	1,53±0,40	1,23±0,40	0,30±0,10	47,5	61,4	57,7
2019	1,27±0,18	0,93±0,23	0,33±0,07	21,6	32,7	34,6
2018	1,40±0,25	1,03±0,23	0,37±0,12	26,9	39,1	56,7
2017	1,60±0,45	1,30±0,40	0,30±0,06	40,8	53,8	33,3
2016	2,23±0,32	1,93±0,26	0,30±0,06	22,1	23,3	33,3
2015	1,93±0,15	1,73±0,15	0,20±0,01	13,0	14,5	9,2
Пробная площадь №2						
2024	1,81±0,12	1,50±0,17	0,31±0,06	11,1	20,0	33,1
2023	1,60±0,30	1,24±0,12	0,36±0,12	28,4	13,3	56,7
2022	1,64±0,17	1,33±0,23	0,31±0,09	17,7	30,3	57,7
2021	1,90±0,10	1,53±0,03	0,37±0,09	9,1	3,8	41,6
2020	1,71±0,28	1,30±0,20	0,41±0,09	25,6	26,7	41,2
2019	1,67±0,40	1,37±0,33	0,30±0,08	36,8	42,3	65,5
2018	1,85±0,48	1,40±0,36	0,45±0,11	39,8	44,6	68,6
2017	1,82±0,44	1,47±0,33	0,35±0,10	36,2	39,4	66,7
2016	2,30±0,30	2,03±0,24	0,27±0,08	20,2	20,5	57,3
2015	2,24±0,53	1,97±0,52	0,27±0,07	35,2	45,9	49,5
Пробная площадь №3						
2024	1,33±0,24	1,03±0,24	0,30±0,01	26,6	40,3	6,1
2023	1,50±0,12	1,23±0,12	0,27±0,09	13,3	16,9	57,3
2022	1,23±0,18	0,97±0,13	0,26±0,06	21,5	23,9	43,3
2021	1,30±0,21	0,93±0,19	0,37±0,12	24,8	34,4	56,7
2020	1,20±0,21	0,93±0,18	0,27±0,03	26,0	32,7	21,6
2019	1,07±0,13	0,80±0,10	0,27±0,08	19,4	21,6	78,1
2018	1,73±0,51	1,47±0,44	0,26±0,08	54,6	63,4	77,6
2017	1,57±0,49	1,27±0,41	0,30±0,06	51,0	71,2	33,0
2016	1,57±0,50	1,27±0,40	0,30±0,06	46,7	61,3	33,5
2015	2,33±0,75	2,03±0,44	0,30±0,06	49,6	63,4	32,5
Пробная площадь №4						
2024	1,33±0,07	1,03±0,07	0,30±0,01	8,7	11,2	6,6
2023	1,33±0,12	1,00±0,06	0,43±0,09	15,6	10,0	45,8
2022	1,60±0,10	1,17±0,17	0,33±0,06	10,8	24,7	25,0
2021	1,87±0,41	1,47±0,38	0,40±0,06	32,4	44,4	25,7
2020	1,53±0,12	1,20±0,15	0,33±0,07	13,6	22,1	34,6
2019	1,93±0,35	1,57±0,35	0,36±0,03	27,4	38,5	15,8
2018	2,13±0,47	1,70±0,40	0,43±0,07	32,6	41,2	26,7
2017	2,50±0,26	2,07±0,27	0,43±0,03	16,4	22,9	13,3
2016	2,07±0,47	1,67±0,38	0,40±0,20	33,1	39,0	43,3
2015	1,67±0,07	1,30±0,10	0,37±0,03	6,9	13,3	15,8

Общая ширина годичного кольца характеризуется более низкими показателями изменчивости, чем у обоих составляющих его элементов. Это может свидетельствовать о том, что дерево стремится поддерживать годичный прирост с определенной регулярностью, компенсируя внутренние колебания долей ранней и поздней древесины. При сравнении изменчивости результатов на пробных площадях выделяется пробная площадь №3, имеющая самые высокие показатели изменчивости в течение нескольких лет. Остальные пробные площади демонстрируют более низкие показатели изменчивости, особенно для общей ширины кольца и ранней древесины.

Средняя изменчивость за 10 лет на пробных площадях приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Средняя изменчивость показателей ширины годичного кольца деревьев ели на пробных площадях за 10 лет

Пробная площадь	Коэффициент изменчивости, %		
	ширина годичного кольца	ширина ранней древесины	ширина поздней древесины
1	27,3±4,2	38,6±5,9	43,7±5,1
2	26,0±3,5	28,7±4,5	53,8±3,8
3	33,4±4,8	42,9±6,4	43,9±7,4
4	19,8±3,3	26,7±4,2	25,3±4,1

Самым изменчивым показателем является ширина поздней древесины. Особенно это проявляется на пробной площади № 2, где ее коэффициент вариации (53,8 %) более чем в два раза превышает изменчивость ширины годичного кольца (26,0 %).

Коэффициент существенности различия изменчивости ширины годичного кольца приведен в таблице 4.

По ширине годичного кольца и ранней древесины статистически значимые различия изменчивости отмечены только между пробными

площадями № 3 и № 4. Это подтверждает относительную стабильность общего радиального прироста и ширины ранней древесины на пробных площадях.

Ширина поздней древесины демонстрирует статистически значимые различия изменчивости между пробными площадями № 1-3 и № 4, что характеризует ее большую зависимость от характеристик древостоя элемента леса и наследования.

Для выявления влияния температуры воздуха и количества осадков на ширину годичных колец проведен анализ данных показателей в период с 2015 по 2024 г. (табл. 5) [1, 7].

За период с 2015 по 2024 г. наблюдается значительное межгодовое колебание как температур, так и количества осадков. Это указывает на нестабильность погодных условий в вегетационный период.

Температурный режим месяца мая демонстрирует резкие колебания. Так, в 2017, 2022 и 2024 гг. средняя температура не поднималась выше 11,4 °C, что могло задержать начало формирования ранней древесины. В динамике количества осадков за май месяц выделяется засушливый 2023 г. – 1,2 мм. В остальные годы количество осадков варьирует от 9,2 мм до 31,9 мм.

Наиболее продуктивная часть вегетационного периода приходится на июнь-июль месяц. Динамика температур в этот период относительно стабильна, но можно выделить очень теплый июнь 2015, 2021 и 2024 гг. со средней температурой выше 21 °C. Средняя температура июля в подавляющем большинстве лет превышает 21 °C, но есть и холодные годы – 2017 и 2023 со средней температурой 17–19 °C. По количеству осадков выделяются чрезвычайно влажные – 2015 и 2017 гг. и засушливые (июнь 2023 г., июль 2022 г.). Если рассматривать август как критический период формирования поздней древесины, то самым жарким он был в 2016 и 2022 гг. с температурой более 23 °C, а самый прохладный – в 2015 и 2019 гг. с температурой не выше 15 °C.

Таблица 4 – Коэффициент существенности различия изменчивости показателей ширины годичного кольца деревьев ели на пробных площадях за 10 лет ($t_{\text{крит}} = 2,024$ при $p < 0,05$)

Пробная площадь	<i>t</i> -критерий Стьюдента ($t_{\text{пасв}}$)								
	ширина годичного кольца на пробных площадях			ширина ранней древесины на пробных площадях			ширина поздней древесины на пробных площадях		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,240	-	-	1,334	-	-	1,588	-	-
3	0,960	1,245	-	0,494	1,815	-	0,022	1,190	-
4	1,404	1,289	2,335	1,643	0,325	2,116	2,812	5,098	2,198

Таблица 5 – Средняя температура воздуха и количество осадков по месяцам вегетационного периода с 2015 по 2024 г.

Год	Среднее за период май – сентябрь		Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	<i>t</i> воздуха, °C	кол-во осадков, мм	сред. <i>t</i> воздуха, °C	кол-во осадков, мм	сред. <i>t</i> воздуха, °C	кол-во осадков, мм	сред. <i>t</i> воздуха, °C	кол-во осадков, мм	сред. <i>t</i> воздуха, °C	кол-во осадков, мм	сред. <i>t</i> воздуха, °C	кол-во осадков, мм
2024	16,9	30,1	9,7	31,9	21,5	47,1	21,1	25,9	17,1	36,6	15,4	8,9
2023	18,9	13,8	18,2	1,2	17,4	8,6	23,1	28,5	20,3	28,1	15,8	2,6
2022	17,4	23,7	11,4	21,5	17,6	55,0	22,8	13,9	23,4	0,7	11,7	27,5
2021	18,8	24,0	19,0	10,6	22,4	15,8	21,5	39,4	21,9	23,6	9,2	30,7
2020	16,8	22,3	15,2	17,7	16,5	14,3	22,5	49,6	17,4	18,8	12,4	11,2
2019	15,3	34,6	15,7	31,1	17,9	24,3	18,2	36,6	14,9	68,3	10,0	12,7
2018	16,8	22,4	13,3	19,8	16,5	29,0	22,8	14,5	18,0	18,0	13,2	30,5
2017	15,2	41,9	11,0	23,7	15,9	64,5	19,5	64,9	18,9	26,0	10,8	30,6
2016	19,0	21,6	15,8	9,2	18,7	34,9	23,4	19,0	24,8	10,2	12,3	34,8
2015	17,0	54,8	16,9	20,3	21,4	116,0	17,0	59,6	15,0	63,3	14,9	14,8

В августе 2022 г. высокая средняя температура совпала с крайне низким уровнем осадков (0,7 мм). Такое сочетание погодных факторов создает условия стресса для древесных растений и влияет на формирование зоны поздней древесины годичного кольца. Погодные условия сентября значительно не влияют на ширину годичного кольца, но способны преждевременно остановить вегетацию при низкой температуре.

Для выявления связи между шириной ранней и поздней древесины с температурой воздуха и количеством осадков проведен корреляционный анализ (табл. 6, 7).

Таблица 6 – Корреляция ширины ранней и поздней древесины со средней температурой вегетационного периода

Показатель	Коэффициенты корреляции по пробным площадям				Коэффициент корреляции по средним данным пробных площадей
	1	2	3	4	
Ширина ранней древесины	-0,01	0,25	0,04	-0,41	-0,06
Ширина поздней древесины	-0,19	-0,07	0,35	-0,09	-0,10

Статистически значимой линейной зависимости между средней шириной ранней (-0,06) и поздней древесины (-0,1), а также средней температурой вегетационного периода не наблюдается. Между пробными площадями коэффициенты значительно различаются, что говорит

о том, что связь не универсальна и, вероятно, зависит от локальных условий. На пробной площади № 2 отмечается слабая положительная связь, а на пробной площади № 4 умеренная отрицательная связь ширины ранней древесины со средней температурой воздуха. Ширина поздней древесины значительно коррелирует со средней температурой только на пробной площади № 3 (0,35), а на остальных пробных площадях связь статистически незначима. Оценка влияния только средней температуры на ширину годичного кольца в отрыве от других факторов не дает объективных результатов.

Таблица 7 – Корреляция ширины ранней и поздней древесины со среднегодовым количеством осадков вегетационного периода

Показатель	Коэффициенты корреляции по пробным площадям				Коэффициент корреляции по средним данным пробных площадей
	1	2	3	4	
Ширина ранней древесины	0,46	0,47	0,56	0,30	0,58
Ширина поздней древесины	-0,31	-0,45	0,17	0,08	-0,38

Коэффициент корреляции по средним данным пробных площадей свидетельствует о статистически значимой умеренной положительной связи ширины ранней древесины с количеством осадков. В то же время, связь осадков

с шириной поздней древесины статистически незначима.

При сравнении данных между пробными площадями по ширине ранней древесины все коэффициенты демонстрируют умеренную положительную связь, т. е. обильные осадки благоприятно оказались на приросте древесины. Для ширины поздней древесины отсутствие статистически значимой связи может свидетельствовать о том, что прирост поздней древесины зависит от комплекса действующих факторов.

Выходы:

1. Поздняя древесина является наиболее изменчивым компонентом годичного кольца. Ее коэффициент изменчивости значительно превышает таковой у ранней древесины и общей ширины кольца, достигая в отдельные годы 78 %.

2. Доказано различие изменчивости ширины поздней древесины между древостоями пробных площадей, отличающихся средним возрастом древостоя элемента леса и относительной полнотой.

3. Корреляционный анализ не выявил статистически значимой линейной зависимости между шириной ранней или поздней древесины и средней температурой вегетационного периода.

4. Существует умеренная положительная связь между количеством осадков и шириной ранней древесины. Обильные осадки благоприятно оказываются на ее формировании, но связь осадков с шириной поздней древесины не выявлена.

5. Формирование поздней древесины у ели обыкновенной является изменчивым процессом, слабо зависящим от простых линейных связей с температурой и количеством осадков. Необходимо рассматривать комплекс факторов (температуру, плодородие и влажность почвы, освещенность кроны, экспозицию склона и другие).

Список источников

1. Архив метеорологических данных Малопургинского района Удмуртской Республики. URL: <https://clck.ru/3QY5wQ> (дата обращения 18.04.2025).

2. Белов А. А. Структура годичных колец древесины сосны обыкновенной в зоне аварии на Чернобыльской АЭС в связи с густотой древостоя // Лесоведение. 2018. № 4. С. 285-291. DOI 10.1134/S0024114818040046. EDN UZZIIK (дата обращения 15.03.2025).

3. Болботунов А. А., Дягтерева Е. В. Особенности сезонного годичного прироста древесины хвойных пород в насаждениях на севере Беларуси // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Вып. 8, ноябрь

2020 г. С. 29-32. URL: <https://clck.ru/3QY5y5> (дата обращения 11.03.2025).

4. Влияние климатических факторов на радиальный прирост *Pinus sylvestris* и *Picea abies* (Pinaceae) на территории Брянской области / В. П. Иванов [и др.] // Растительные ресурсы. 2021. Т. 57, вып. 1. С. 39-48.

5. Кузьмин С. Р., Роговцев Р. В. Радиальный рост и доля поздней древесины у сосны обыкновенной в географических культурах в Западной и Средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2016. № 6. С. 113-125. DOI 10.15372/SJFS20160611. EDN XSARVP. (дата обращения 15.03.2025).

6. Матюшевская Е. В. Факторы изменчивости радиального прироста деревьев / Под общ. ред. В. Н. Киселева. Минск: БГУ, 2017. 231 с.

7. Погода и климат. Климатический монитор. Погода в Ижевске. Температура воздуха и осадки. URL: <https://clck.ru/3QY5sY> (дата обращения 03.04.2025).

8. Тихомиров А. В. Годичный прирост ранней и поздней древесины в локальных участках камбальной зоны ствола как показатель этапов роста и развития дерева *Quercus robur* (Fagaceae) // Ботанический журнал. 2022. Т. 107, № 4. С. 360-384. URL: <https://clck.ru/3QY5ug> (дата обращения 10.04.2025).

9. Тюкавина О. Н. Изменение структуры годичных колец сосны под влиянием осушения // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 1(337). С. 72-80. EDN RWNTFD (дата обращения 15.03.2025).

10. Karlman L., Morling T. & Martinsson O. Wood Density, Annual Ring Width and Latewood Content in Larch and Scots Pine. Eurasian Journal of Forest Research. 2005; 8(2): 91–96. URL: <https://clck.ru/3QY64K> (дата обращения 05.04.2025).

11. Orlowski K. & Chuchala D. The effect of the late wood syare in the annual ring growth on the cutting power. Trieskove a beztrieskove obrabanie dreva. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene. 2012; 8: 267-272. URL: <https://clck.ru/3QY69x> (дата обращения 13.04.2025).

References

1. Arxiv meteorologicheskix danny'x Malopurginskogo rajona Udmurtskoj Respubliki. URL: <https://clck.ru/3QY5wQ> (data obrashheniya 18.04.2025).

2. Belov A. A. Struktura godichny'x kolecz drevesiny' soyosny' oby'knovennoj v zone avarii na Chernobyl'skoj AES v svyazi s gustotoj drevostoev // Lesovedenie. 2018. № 4. S. 285-291. DOI 10.1134/S0024114818040046. EDN UZZIIK (data obrashheniya 15.03.2025).

3. Bolbotunov A. A., Dyagtereva E. V. Osobennosti sezonnogo godichnogo prirosta drevesiny' xvojny'x porod v nasazhdennyax na severe Belarusi // Vestnik Poloczkogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladny'e nauki. Vy'p. 8, noyabr' 2020 g. S. 29-32. URL: <https://clck.ru/3QY5y5> (data obrashheniya 11.03.2025).

4. Vliyanie klimaticheskix faktorov na radial'nyj prirost *Pinus sylvestris* i *Picea abies* (Pinaceae) na territorii Bryanskoy oblasti / V. P. Ivanov [i dr.] // Rastitel'nye resursy'. 2021. T. 57, vy'p. 1. S. 39-48.

5. Kuz'min S. R., Rogovcev R. V. Radial'nyj rost i dolya pozdnej drevesiny u sosny oby'knovennoj v geograficheskix kul'turax v Zapadnoj i Srednej Sibiri // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2016. № 6. S. 113-125. DOI 10.15372/SJFS20160611. EDN XSARVP. (data obrashheniya 15.03.2025).
6. Matyushevskaya E. V. Faktory izmenchivosti radial'nogo prirosta derev'ev / Pod obshh. red. V. N. Kiseleva. Minsk: BGU, 2017. 231 s.
7. Pogoda i klimat. Klimaticeskij monitor. Pogoda v Izhevske. Temperatura vozduxa i osadki. URL: <https://clck.ru/3QY5sY> (data obrashheniya 03.04.2025).
8. Tixomirov A. V. Godichnyj prirost rannej i pozdnej drevesiny v lokal'nyx uchastkax kambial'noj zony stvola kak pokazatel' e'tapov rosta i razvitiya dereva Quercus robur (Fagaceae) // Botanicheskij zhurnal. 2022. T. 107, № 4. S. 360-384. URL: <https://clck.ru/3QY5ug> (data obrashheniya 10.04.2025).
9. Tyukavina O. N. Izmenenie struktury godichnyx kolecz sosny pod vliyaniem osusheniya // Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2014. № 1(337). S. 72-80. EDN RWNTFD (data obrashheniya 15.03.2025).
10. Karlman L., Morling T. & Martinsson O. Wood Density, Annual Ring Width and Latewood Content in Larch and Scots Pine. Eurasian Journal of Forest Research. 2005; 8(2): 91–96. URL: <https://clck.ru/3QY64K> (data obrashheniya 05.04.2025).
11. Orlowski K. & Chuchala D. The effect of the late wood syare in the annual ring growth on the cutting power. Trieskove a beztrieskove obrabanie dreva. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene. 2012; 8: 267-272. URL: <https://clck.ru/3QY69x> (data obrashheniya 13.04.2025).

Сведения об авторе:

Д. А. Поздеев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-8962-0780>
Удмуртский ГАУ, 426033, Россия, Ижевск, ул. Кирова, 16
dap219@mail.ru

Original article

VARIABILITY OF THE ANNUAL RINGS STRUCTURE IN SPRUCE STANDS IN YAGANSKY FORESTRY OF THE UDMURT REPUBLIC

Denis A. Pozdeev

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia
dap219@mail.ru

Abstract. In accordance with the research objective, the variability of the width of annual rings of spruce trees (*Picea abies L.*) in stands of different ages of the Yagansky Forestry of the Udmurt Republic was thoroughly assessed. The obtained data are important for understanding the processes of formation of radial growth and the quality of wood determined by the proportion of late wood. Wood cores were selected on the temporary sample plots established in accordance with the standard methodology, and the size of annual rings and the width of early and late wood over the past 10 years were determined. The correlation analysis was applied to reveal the relationship between the width of the annual ring and meteorological factors of the growing season (temperature and precipitation). It has been established that late wood is the most variable component of the annual ring, with a coefficient of variation up to 78 %. The total width of the annual ring has less variability. No statistically significant linear relationship between the width of early and late wood and the average temperature of the growing season has been found. A moderate positive correlation has been discovered between the amount of precipitation and the width of early wood. The relationship of precipitation with the width of late wood is insignificant, weak and negative. It should be noted that the correlation analysis revealed substantial differences across various sample areas. This highlights the intricate influence of external factors and underscores the importance of considering local soil, climate and cenotic factors when predicting the growth of woody plants.

Key words: spruce stands, sample plots, wood core, annual ring width, early and late wood, meteorological factors.

For citation: Pozdeev D. A. Variability of the annual rings structure in spruce stands in the Yagansky Forestry of the Udmurt Republic. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2025; 4 (84): 58-65. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_58-65.

Author:

D. A. Pozdeev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-8962-0780>
Udmurt State Agricultural University, 16 Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033
dap219@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interests: the author declares that there is no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 21.09.2025; одобрена после рецензирования 08.10.2025; п
ринята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 21.09.2025; approved after reviewing 08.10.2025; accepted for publication 01.12.2025.