

УДК 630*811.4:630*561.24:630*181.62

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-51-63

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ СТВОЛА ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В НАГОРНОЙ ДУБРАВЕ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Н.Ф. Каплина, канд. биол. наук; ResearcherID: [L-9480-2013](https://orcid.org/0000-0001-5999-700X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5999-700X>

Институт лесоведения РАН, ул. Советская, д. 21, п/о Успенское, Московская обл., Россия, 143030; e-mail: kaplina@inbox.ru

Радиальный прирост ствола содержит информацию о росте, развитии и состоянии дерева. Прирост ранней и поздней древесины имеет существенные особенности. Динамика прироста складывается из монотонных и циклических составляющих. На основе закономерностей радиального прироста возможны ретроспективная и прогностическая оценка роста и развития дерева и древостоя. Цель исследования – анализ свойств составляющих и их вклада в динамику прироста ранней и поздней древесины дуба в зависимости от благоприятности периода роста и развития кроны. Объект – нагорная искусственная дубрава, чистая по составу, I класса бонитета. Рассмотрены два периода роста: 1-й – благоприятный (1968–1996 гг.) и 2-й – неблагоприятный (1997–2014 гг.). Изучены три группы по 10 деревьев дуба в каждой, различающихся по типу развития кроны (оригинальная классификация) и ее динамике. Керны ствола взяты на высоте 1,3 м с юго-восточной стороны. Показатели радиального прироста определены на изображениях кернов, отсканированных при разрешении 1200 dpi. Выделены три составляющие динамики – многолетний тренд и циклические составляющие с 12- и 2–5-летними циклами. Изменчивость циклических составляющих динамики прироста ранней древесины ниже, чем поздней, более чем в 2 раза. Вклад составляющей с 2–5-летней циклическостью в динамику прироста ранней и поздней древесины преобладает в благоприятный период роста. Вклад составляющей с 12-летней циклическостью возрастает в неблагоприятный период и тем больше, чем хуже развиты кроны. Переход радиального прироста на более низкий уровень произошел в годы минимума составляющей с 12-летней циклическостью. Между приростом ранней и поздней древесины нет значимой корреляции по составляющей с 2–5-летней циклическостью, которая вносит основной вклад в их соотношение. По остальным составляющим корреляция между приростом ранней и поздней древесины более тесная в неблагоприятный период и с ухудшением развития кроны. Между приростом ранней древесины и приростом поздней древесины предыдущего года корреляция теснее, чем одного и того же года.

Для цитирования: Каплина Н.Ф. Составляющие динамики прироста ранней и поздней древесины ствола дуба черешчатого в нагорной дубраве южной лесостепи // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 5. С. 51–63. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-51-63

Ключевые слова: дуб черешчатый, развитие кроны, ранняя и поздняя древесина ствола, динамика радиального прироста, монотонные и циклические составляющие динамики.

Введение

Радиальный прирост ствола содержит информацию о росте, развитии и состоянии дерева под влиянием различных экологических факторов [3, 9, 17 и др.].

Ранняя древесина (РД) дуба черешчатого формируется из запасных пластических веществ одновременно с распусканием листьев, обеспечивая восходящий ток пасоки, а поздняя древесина (ПД) – из ассимилятов текущего года. Особенности динамики прироста РД и ПД дуба черешчатого, а также их соот-

ношения (ПД/РД) – важного показателя плотности древесины [2] и санитарного состояния дуба [1, 14] описаны многими авторами [12, 15, 18, 19, 22, 23, 25].

Динамика прироста складывается из возрастного и других монотонных трендов, а также из циклических составляющих – от 2–3-летних до многовековых [3, 9, 10, 16, 21]. Анализ динамики этих составляющих важен для понимания закономерностей радиального прироста РД и ПД, что необходимо при решении множества лесохозяйственных задач.

Цель – изучить свойства составляющих и их вклад в динамику прироста РД и ПД дуба черешчатого в зависимости от благоприятности периода роста и от развития кроны.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – 80-летняя нагорная искусственная дубрава, чистая по составу (I класс бонитета, полнота – 0,8). Насаждение расположено на южной границе лесостепной зоны (Теллермановское опытное лесничество ИЛ АН РАН). Древостой сформирован дубом поздней феноформы, который более чувствителен к засухам, но реже повреждаем насекомыми-филлофагами, чем дуб ранней феноформы [12].

Развитие крон дуба наблюдалось Н.Н. Селочник с 1985 г. и автором статьи с 2005 г. по настоящее время [7, 8]: 1) раскидистый тип (Р-тип) – обычно I и частично II классов роста и развития по Крафту, с развитой кроной, мощными нижними ветвями, формирующимися в период быстрого роста дерева; 2) зонтиковидный тип (З-тип) – частично II, чаще III класса по Крафту, без нижних крупных ветвей, утраченных в процессе роста в условиях конкуренции; 3) узкокронный тип (У-тип) – обычно IV и V классов, утративший первичные ветви кроны, с заменившими их неразвитыми вторичными ветвями. Классификация деревьев дуба по типу развития кроны может применяться в условиях различных естественных и антропогенных факторов, а также (в отличие от классификаций по социальному статусу) для отдельно стоящих деревьев.

Исследованы два относительно стабильных периода роста с резким переходом между ними: 1-й – благоприятный (1968–1996 гг.) и 2-й – неблагоприятный (1997–2014 гг.). Изучены три группы, по 10 деревьев дуба в каждой, с наиболее характерной динамикой развития кроны [8]: 1) деревья Р-типа как в 1-й, так и во 2-й периоды роста (группа Р-Р); 2) деревья Р-типа в 1-й период и З-типа – во 2-й (группа Р-З); 3) деревья З-типа в 1-й период и У-типа во 2-й (группа З-У).

Керны ствола взяты в 2013–2014 гг. на высоте 1,3 м с юго-восточной стороны. Подготовленные керны сканировали при разрешении 1200 dpi. Ширину прироста РД и ПД измеряли с помощью компьютерной программы GetData Graph Digitizer 2.24 с точностью не менее $\pm 0,02$ мм. Перекрестное датирование проводили визуально по приросту ПД, синхронному у большинства деревьев дуба. Приросты анализировали с 36-летнего возраста деревьев, в период формирования зрелой древесины [20]. Временные ряды прироста РД и ПД для группы деревьев получали как средние значения деревьев по годам.

Значимость различий показателей между периодами роста и группами деревьев оценивали с помощью дисперсионного анализа на уровне $\alpha = 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Во второй половине 1990-х гг. после нескольких засушливых лет прирост по запасу в изученной дубраве снизился более чем на 30 %, отпад повысился

в 3,5 раза, запас за 10 лет практически не изменился [4, 5]. Отметим, что в Теллермановском лесном массиве и ранее, в 1969–1983 гг., наблюдалось падение продуктивности, сопровождавшееся снижением устойчивости и повышением смертности дуба [11]. Однако в объекте исследования отмечено лишь снижение прироста ПД в конце 1980-х. Это можно объяснить высокой устойчивостью дуба в период быстрого роста [5] в связи с его высокой способностью восстановления и роста крон.

Динамика развития крон и усыхания дуба в древостое различалась в зависимости от исходного типа развития кроны. Так, с 1985 по 1996 г. 86 % деревьев Р-типа сохранило свой тип развития кроны и по 7 % перешло в З-тип и усохло. За те же годы только 20 % деревьев З-типа сохранило свой статус, 38 % перешло в У-тип и 42 % усохло. Во 2-й период лишь 32 % деревьев Р-типа сохранило данный тип кроны, 44 % перешло в З-тип, 17 % – в У-тип, 7 % усохло. Лишь 12 % деревьев З-типа сохранило свой тип, 35 % перешло в У-тип и 53 % усохло [8].

Средние диаметры стволов и крон в изученных группах деревьев значительно различались. Диаметр стволов в 1-й и 2-й периоды в группе Р-Р составил соответственно 25,0 и 41,9 см, в группе Р-З – 20,8 и 31,9 см, в группе З-У – 17,9 и 26,0 см. Диаметр крон во 2-й период в этих группах был равен соответственно 7,7, 5,9 и 4,0 м. Категория санитарного состояния в 1-й период была сходной во всех группах (1,7–1,9 балла), а во 2-й период в группе Р-Р несколько выше (1,5 балла), чем в двух других (1,8–1,9 балла). Дефолиация изученных деревьев дуба с 1985 г. не превышала 20 %, кроме 2009–2011 гг., достигая в 2010 г. 50 % у отдельных деревьев Р-З и З-У групп, в связи с чем их категория санитарного состояния снижалась (до 3 баллов).

Прирост РД и ПД, а также ПД/РД значительно различались как по периодам роста, так и по группам деревьев (рис. 1). Средний прирост РД в 1-й и 2-й периоды в группе Р-Р составил соответственно 1,06 и 0,87 мм, в группе Р-З – 0,79 и 0,56 мм, в группе З-У – 0,56 и 0,32 мм. Размах прироста РД у деревьев Р-типа (в среднем в группе) более 0,75 мм, З-типа – 0,4–0,75 мм, У-типа – менее 0,4 мм при среднем числе рядов сосудов соответственно не менее 3, 2 и 1 [6]. Средний прирост ПД в 1-й и 2-й периоды в группах Р-Р, Р-З, З-У был равен соответственно 1,71 и 1,13 мм, 1,28 и 0,67 мм, 0,88 и 0,39 мм. Среднее значение ПД/РД не зависело значительно от типа развития кроны и составило в 1-й период 1,65, приближаясь к максимальному зафиксированному значению (около 2) в нагорных дубравах Теллермановского леса [2]. Во 2-й период его значение снизилось до 1,27, что далеко от критического.

Сглаживанием временного ряда прироста РД и ПД, а также ПД/РД 11-летним скользящим средним получили 1-ю составляющую динамики (С1), включающую монотонные тренды – возрастной и вызванный конкуренцией, а также многолетние циклические составляющие (рис. 2). Так, на 2008–2009 гг. пришлось минимумы векового, Брикнерова и 11-летнего циклов солнечной активности [10]. Первые два из них могли оказать прямое и опосредованное (через климатические факторы) влияние на С1. Сглаживанием временного ряда 5-летним скользящим средним и вычитанием из него тренда С1 получили 2-ю составляющую (С2), с 12-летними циклами, очевидно индуцированную 11-летними циклами солнечной активности. Остаточные отклонения временного ряда от 5-летнего скользящего среднего рассматривали как 3-ю составляющую (С3) с циклами 2–5 лет. Сумма составляющих (ΣС) С1, С2 и С3 является исходным временным рядом.

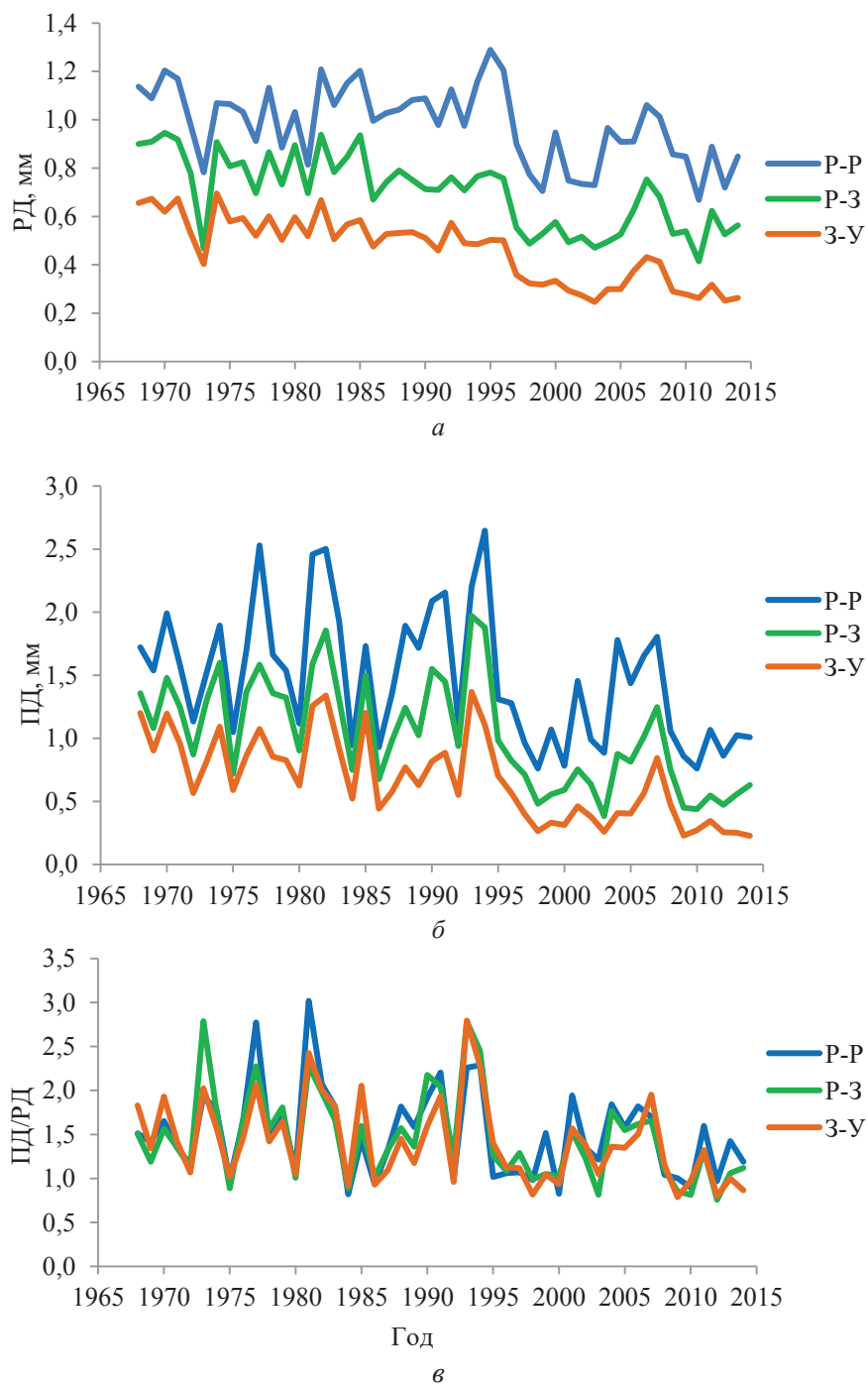


Рис. 1. Динамика прироста РД (а), ПД (б) и их соотношения ПД/РД (в) по группам деревьев

Fig. 1. Dynamics of early (a) and late wood (б) increment and the late wood/early wood ratio (в) by groups of trees

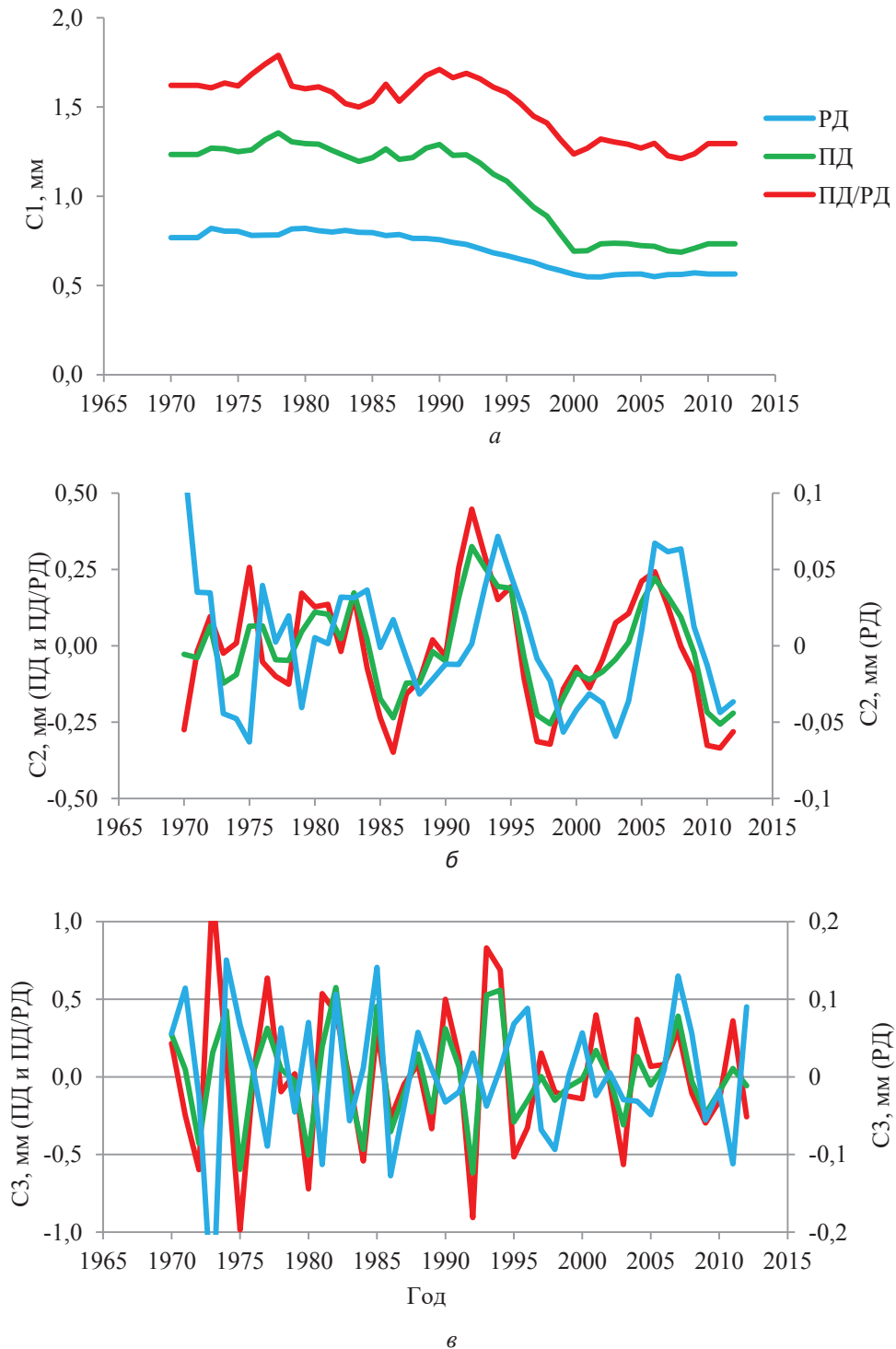


Рис. 2. Составляющие C1 (а), C2 (б) и C3 (в) динамики прироста РД, ПД и их соотношения ПД/РД на примере группы деревьев Р-3

Fig. 2. Components C1 (a), C2 (б) and C3 (в) of the increment dynamics of early and late wood and the late wood/early wood ratio, case study of the middle group of trees (P-3)

Между изученными группами деревьев существуют тесные корреляции по одноименным составляющим показателей прироста (табл. 1). Можно сделать вывод, что все выделенные составляющие имеют закономерный характер, проявившийся в каждой группе деревьев. Тесная корреляционная связь составляющих С1 всех групп обусловлена снижением их прироста (кроме прироста РД группы Р-Р в 1-й период). В 1-й период составляющие С3 связаны более тесно, чем С2, а во 2-й период, наоборот, составляющие С2 различных групп коррелируют сильнее.

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции одноименных составляющих и их суммы
между различными группами деревьев**

Показатель	Составляющая	1970–1996 гг.			1997–2012 гг.			1970–2012 гг.		
		Р-Р, Р-З	Р-Р, З-У	Р-З, З-У	Р-Р, Р-З	Р-Р, З-У	Р-З, З-У	Р-Р, Р-З	Р-Р, З-У	Р-З, З-У
РД	С1	0,17	0,03	0,96	0,94	0,94	0,92	0,91	0,90	0,99
	С2	0,81	0,64	0,91	0,90	0,91	0,94	0,85	0,79	0,92
	С3	0,87	0,82	0,90	0,71	0,71	0,88	0,93	0,90	0,96
	ΣС	0,70	0,49	0,88	0,80	0,76	0,88	0,85	0,76	0,94
ПД	С1	0,91	0,75	0,91	0,90	0,88	0,99	0,99	0,97	0,99
	С2	0,91	0,73	0,89	0,96	0,90	0,97	0,93	0,80	0,92
	С3	0,93	0,90	0,96	0,87	0,76	0,92	0,92	0,88	0,95
	ΣС	0,92	0,84	0,93	0,89	0,79	0,95	0,92	0,87	0,96
ПД/РД	С1	0,56	0,89	0,66	0,57	0,62	0,95	0,88	0,93	0,96
	С2	0,87	0,70	0,85	0,93	0,89	0,94	0,89	0,77	0,89
	С3	0,89	0,91	0,93	0,82	0,77	0,81	0,88	0,89	0,91
	ΣС	0,86	0,85	0,89	0,85	0,81	0,85	0,87	0,85	0,90

Примечание. В табл. 1, 3–5 полужирным шрифтом выделены статистически значимые величины.

Коэффициенты вариации составляющих С2, С3 и ΣС прироста РД оказались меньше, чем ПД, в 2 раза и более (табл. 2), что согласуется с данными других авторов. Сходные результаты [12] получены в том же древостое для поздней формы дуба за период 1958–1987 гг. на значительно большем количестве кернов (в т.ч. для деревьев, впоследствии усохших). Так, у группы деревьев I и II классов по Крафту (Р-типа) изменчивость прироста РД и ПД и их соотношения была такой же, как по нашим данным, а у группы деревьев III–V классов (З- и У-типов вместе) – примерно на 30 % выше.

Изменчивость составляющих в 1-й и во 2-й периоды в основном повышается в ряду: С1, С2, С3. В 1-й период изменчивость составляющей С3 выше, чем С2 (в среднем по группам): прироста РД – в 2,3 раза, ПД – в 2,5 раза, ПД/РД – в 2,8 раза. Во 2-й период изменчивость составляющей С2 прироста РД и ПД увеличилась соответственно в 1,8 и 1,9 раза, ПД/РД – лишь в 1,2 раза. Коэффициенты вариации остальных составляющих изменились значительно меньше. В результате изменчивость составляющей С3 была выше, чем С2, лишь в 1,3 раза для прироста РД, в 1,1 раза для прироста ПД и в 1,5 раза для ПД/РД.

Переход радиального прироста на более низкий уровень совпал с минимумом составляющей С2, возрастанием ее вклада и повышением изменчивости. Риск такого перехода увеличился по окончании периода быстрого роста древостоя, когда усыхание нижних ветвей в годы минимума 12-летнего цикла

не может компенсироваться их восстановлением и нарастанием в верхней части кроны в годы максимума цикла. Во 2-й период у всех составляющих прироста ПД (в отличие от РД и ПД/РД) наблюдается тенденция увеличения изменчивости с ухудшением развития кроны.

Таблица 2

Коэффициенты вариации составляющих и их суммы, (%)

Показатель	Составляющая	1970–1996 гг.			1997–2012 гг.			1970–2012 гг.		
		Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У
РД	С1	3	6	8	3	4	8	8	15	22
	С2	5	5	5	8	8	11	6	6	7
	С3	10	12	12	11	12	11	10	12	12
	ΣС	12	13	13	14	15	16	16	21	28
ПД	С1	5	6	9	4	10	14	15	24	29
	С2	11	11	13	19	23	26	13	14	16
	С3	29	28	30	23	24	31	28	29	32
	ΣС	30	29	32	32	35	40	36	42	48
ПД/РД	С1	5	4	3	3	5	5	9	11	10
	С2	12	11	11	13	15	14	13	13	13
	С3	32	33	29	23	20	20	30	30	27
	ΣС	35	34	31	28	25	24	34	34	32

Для объединенного периода исследований изменчивость многолетнего тренда С1 значительно выше, чем по отдельным интервалам (возможно, вследствие влияния многолетних циклических составляющих). Это влечет за собой и повышенную изменчивость ΣС. С ухудшением развития кроны дерева роль многолетнего тренда С1 возрастает в изменчивости прироста РД и ПД, но не ПД/РД, вследствие влияния конкурентной составляющей. В результате в изменчивости прироста РД объединенного периода составляющая С1 играет ведущую роль (кроме группы Р-Р, где С1 и С3 вносят сравнимый вклад). В изменчивост прироста ПД у составляющих С1 и С3 сравнимый вклад (кроме группы Р-Р, где изменчивость С3 почти в 2 раза больше), а в изменчивость ПД/РД основной вклад вносит С3. Вклад С2 во всех случаях самый низкий и для выявления его роли в динамике требуется анализ по стабильным периодам.

Составляющие С2 и С3 не имеют значимых корреляций с возрастом (как и между собой и С1). Составляющая С1 динамики всех показателей прироста значимо снижается с возрастом как в 1-й, так и во 2-й периоды роста и тем сильнее, чем хуже развиты кроны, т.е. с увеличением влияния конкуренции: в группе З-У – во всех случаях, Р-З – в 2/3 случаев и Р-Р – в 1/3 случаев (табл. 3). В то же время ΣС не связана значимо с возрастом, кроме снижающегося прироста РД в группе З-У в 1-й период, что также можно объяснить влиянием конкуренции.

Для объединенного периода исследования коэффициенты корреляции составляющей С1 с возрастом более высокие, чем по периодам: от $-0,77$ до $-0,93$, несколько меньшие в группе Р-Р. Также значимо снижение с возрастом ΣС, для прироста РД и ПД тем большее, чем хуже развиты кроны.

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции составляющей С1
и суммы составляющих с возрастом деревьев**

Показатель	Составляющая	1970–1996 гг.			1997–2012 гг.			1970–2012 гг.		
		Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У
РД	С1	0,25	-0,70	-0,78	-0,50	-0,43	-0,62	-0,77	-0,91	-0,93
	ΣС	0,29	-0,23	-0,45	0,19	0,23	-0,03	-0,44	-0,69	-0,83
ПД	С1	-0,36	-0,59	-0,75	-0,37	-0,52	-0,55	-0,86	-0,89	-0,92
	ΣС	0,07	0	-0,15	0,06	-0,01	0,04	-0,40	-0,57	-0,63
ПД/РД	С1	-0,56	-0,15	-0,45	-0,16	-0,65	-0,56	-0,85	-0,83	-0,86
	ΣС	-0,03	0,05	0,03	-0,03	-0,14	0,02	-0,25	-0,34	-0,31

В 1-й период у всех показателей радиального прироста обнаружена тесная корреляционная связь ΣС с наиболее изменчивой составляющей С3, при отсутствии значимых корреляций с составляющими С1 и С2 (кроме прироста РД в группе Р-Р) (табл. 4). Во 2-й период влияние составляющей С2 становится значимым, но ниже, чем С3, роль которой несколько снижается.

Для объединенного периода значимо влияние всех составляющих на ΣС: на прирост РД больше влияет составляющая С1, а затем С3, на прирост ПД, наоборот, больше влияет С3, а затем С1. Причем влияние составляющей С1 увеличивается от деревьев с наиболее развитыми кронами к наименее развитым, а составляющей С3 снижается в том же направлении. На ПД/РД в наибольшей степени влияет С3 независимо от развития кроны. Влияние С2 для объединенного периода во всех случаях наименьшее.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции составляющих с их суммой

Показатель	Составляющая	1970–1996 гг.			1997–2012 гг.			1970–2012 гг.		
		Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У
РД	С1	-0,13	0,09	0,29	-0,08	-0,13	0	0,58	0,72	0,85
	С2	0,58	0,36	0,20	0,59	0,75	0,75	0,58	0,49	0,48
	С3	0,92	0,89	0,81	0,80	0,85	0,69	0,74	0,63	0,43
ПД	С1	0,10	0,16	0,14	-0,14	-0,26	-0,24	0,51	0,66	0,68
	С2	0,24	0,16	0,22	0,71	0,73	0,62	0,44	0,43	0,42
	С3	0,93	0,93	0,91	0,83	0,84	0,85	0,80	0,70	0,67
ПД/РД	С1	0,23	0,30	0,08	0,24	-0,13	-0,15	0,37	0,45	0,36
	С2	0,27	0,16	0,28	0,57	0,55	0,53	0,36	0,33	0,40
	С3	0,92	0,93	0,93	0,88	0,85	0,87	0,88	0,84	0,85

Известно, что корреляция прироста РД с приростом ПД того же года менее тесная, чем предыдущего года (ПД₋₁) [1, 14, 19]. Это объясняется зависимостью и прироста ПД₋₁ и запаса пластических веществ (из которых формируется РД) от условий вегетационного сезона прошлого года. Теснота связи между приростом РД и ПД может изменяться во времени от слабой до очень сильной [13].

По составляющей С3 корреляция прироста как РД и ПД, так и РД и ПД₋₁ в основном не значима. Следовательно, в этой составляющей заключены основные различия динамики РД и ПД. С учетом значительного вклада С3

в динамику прироста, понятна невысокая теснота связи прироста РД и ПД, особенно в благоприятный период.

По С1, С2 и по ΣC теснота связи прироста РД и ПД оказалась ниже, чем РД и ПД₋₁, в 1-й, 2-й и объединенный периоды (табл. 5), очевидно, в результате сдвига прироста РД относительно ПД по циклическим составляющим с 12-летними и более продолжительными циклами. При этом теснота связи как для РД и ПД, так и РД и ПД₋₁ увеличилась во 2-й, неблагоприятный период. С ухудшением развития кроны возросла теснота связи составляющих прироста РД и ПД, в то время как связь РД с ПД₋₁ чаще сходна во всех группах деревьев. Это согласуется с тесной связью ширины ПД с показателями проводящей способности сосудов РД [24] и может объясняться ограничением прироста ПД величиной восходящего тока пасоки. В группе Р-Р теснота связи по составляющей С1 слабее, чем в других группах: в 1-й период как для РД и ПД, так и РД и ПД₋₁ (видимо из-за слабого влияния конкуренции), а во 2-й период – только для РД и ПД.

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между радиальным приростом РД и ПД по одноименным составляющим и их сумме

Показатель	Составляющая	1970–1996 гг.			1997–2012 гг.			1970–2012 гг.		
		Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У
ПД	С1	0,35	0,80	0,95	0,60	0,92	0,94	0,93	0,97	0,99
	С2	0,04	0,26	0,59	0,68	0,73	0,80	0,39	0,49	0,70
	С3	-0,13	0,03	0,17	0,25	0,43	0,69	-0,04	0,09	0,24
	ΣC	-0,12	0,06	0,24	0,41	0,60	0,73	0,36	0,60	0,73
ПД ₋₁	С1	0,51	0,74	0,91	0,90	0,91	0,94	0,96	0,96	0,99
	С2	0,54	0,59	0,62	0,91	0,88	0,82	0,73	0,74	0,71
	С3	0,52	0,22	0,13	0,20	0,37	0,48	0,44	0,24	0,18
	ΣC	0,45	0,16	0,26	0,63	0,66	0,67	0,66	0,65	0,73

Выделение циклических составляющих динамики прироста позволяет дать ее прогноз в целях планирования лесохозяйственных мероприятий (рубки ухода, создание лесных культур и т.п.) в годы увеличения и максимума прироста. Так, последний минимум составляющей С2 изученных показателей прироста начался в 2010 г. для ПД и в 2011 г. для РД. Следовательно, следующий минимум наиболее вероятен через 12 лет, соответственно в 2021 и 2022 гг. Данные визуальных наблюдений облиственности дуба не противоречат прогнозу: ее максимум пришелся на 2017 г., в 2018 и 2019 гг. она была средней. В более далекой перспективе возможно повышение уровня прироста на восходящей ветви Брикнерова цикла.

Выводы

1. Выделенные составляющие динамики радиального прироста ранней и поздней древесины ствола дуба черешчатого (многолетний тренд и циклические составляющие с 12- и 2–5-летними циклами) и их соотношения имеют закономерный характер, проявившийся в каждой изученной группе деревьев.

2. Изменчивость циклических составляющих динамики прироста ранней древесины ниже, чем поздней, более чем в 2 раза.

3. Вклад составляющей с 2–5-летней цикличностью в динамику прироста ранней и поздней древесины преобладает в благоприятный период роста. Отношение прироста поздней древесины к ранней определяется в основном составляющей с 2–5-летней цикличностью.

4. Вклад составляющей с 12-летней цикличностью возрастает в неблагоприятный период и тем больше, чем хуже развиты кроны. Переход радиального прироста на более низкий уровень произошел в годы минимума составляющей с 12-летней цикличностью.

5. Между приростом ранней и поздней древесины нет значимой корреляции по составляющей с 2–5-летней цикличностью. По остальным составляющим теснота корреляционной связи прироста ранней и поздней древесины повышается в неблагоприятный период и с ухудшением развития кроны. Кроме того, она возрастает со снижением вклада составляющей с 2–5-летней цикличностью.

6. Между приростом ранней древесины и приростом поздней древесины предыдущего года корреляционная связь теснее, чем одного и того же года, в результате сдвига прироста РД относительно ПД по циклическим составляющим с 12-летними и многолетними циклами.

7. Выделение циклических составляющих позволяет прогнозировать динамику радиального прироста ствола с целью планирования лесохозяйственных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Белов А.Н. Потери раннего прироста деревьев разных категорий состояния в очагах насекомых-фитофагов // Лесн. хоз-во. 2005. № 6. С. 42–43. [Belov A.N. Losses of Early Increment of Trees of Different State Categories in the Foci of Phytophagous Insects. *Lesnoye khozyaystvo*, 2005, no. 6, pp. 42–43].

2. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 265 с. [Vikhrov V.E. *Structure and Physico-Mechanical Properties of Oak Wood*. Moscow, AN SSSR Publ., 1954. 265 p.].

3. Демаков Ю.П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений: учебники и учеб. пособия. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. 74 с. [Demakov Yu.P. *Plant Protection. Vital Capacity and Viability of Wood Plants*. Yoshkar-Ola, MarGTU Publ., 2002. 74 p.].

4. Истомина Я.Г., Каплина Н.Ф. Многолетний опыт по влиянию рубок ухода на нагорные искусственные насаждения дуба черешчатого южной лесостепи // Лесотехн. журн. 2017. Т. 7, № 4. С. 72–81. [Istomina Y.G., Kaplina N.F. Long-Term Experience on the Influence of Cleaning Cutting on Upland Artificial Plantations of English Oak in Southern Forest-Steppe. *Lesotekhnicheskiiy zhurnal* [Forestry Engineering Russian Journal], 2017, vol. 7, no. 4, pp. 72–81]. DOI: [10.12737/article_5a3cea9e19eec4.85026727](https://doi.org/10.12737/article_5a3cea9e19eec4.85026727)

5. Каплина Н.Ф. Динамика прироста деревьев в нагорных антропогенных дубравах южной лесостепи // Лесоведение. 2006. № 4. С. 3–11. [Kaplina N.F. Dynamics of Tree Increment in Anthropogenic Upland Oak Forests of the Southern Forest-Steppe. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2006, no. 4, pp. 3–11].

6. Каплина Н.Ф. Влияние развития кроны на радиальный прирост ранней и поздней древесины ствола дуба черешчатого // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 2(42). С. 17–25. [Kaplina N.F. Influence of Crown Development on Radial Increment of Early and Late Stem Wood of *Quercus robur*. *Vestnik Povolzhskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye* [Vestnik of Volga State University of Technology.

Ser.: Forest. Ecology. Nature Management], 2019, no. 2(42), pp. 17–25]. DOI: [10.25686/2306-2827.2019.2.17](https://doi.org/10.25686/2306-2827.2019.2.17)

7. Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. 2009. № 3. С. 32–42. [Kaplina N.F., Selochnik N.N. Morphology of Crowns and *Quercus robur* State in Middle-Aged Forest-Steppe Plantations. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2009, no. 3, pp. 32–42].

8. Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Текущее и долговременное состояние дуба черешчатого в трех контрастных типах леса южной лесостепи // Лесоведение. 2015. № 3. С. 191–201. [Kaplina N.F., Selochnik N.N. Current and Long-Term State of the English Oak in Three Contrasting Forest Types in Southern Foreststeppe. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2015, no. 3, pp. 191–201].

9. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука, 1979. 232 с. [Lovelius N.V. *Variability of Tree Increment. Dendroindication of Natural Processes and Anthropogenic Impacts*. Leningrad, Nauka Publ., 1979. 232 p.].

10. Матвеев С.М. Цикличность в динамике радиального прироста естественных и искусственных сосновых древостоев в борах Центральной лесостепи // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2014. № 5(18). С. 110–116. [Matveev S.M. Cyclicity in Radial Growth Dynamics of Natural and Artificial Scotch Pine Stands in Pine Woods of the Central Forest-Steppe. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2014, no. 5(18), pp. 110–116].

11. Романовский М.Г., Селочник Н.Н. Многолетние падения мощности экосистем // Экосистемы Теллермановского леса / под ред. В.В. Осипова. М.: Наука, 2004. С. 211–217. [Romanovskiy M.G., Selochnik N.N. Long-Term Decline in Ecosystem Capacity. *Ecosystems of the Tellerman Forest*. Ed. by V.V. Osipov. Moscow, Nauka Publ., 2004, pp. 211–217].

12. Рубцов В.В., Уткина И.А. Адаптационные реакции дуба на дефолиацию. М.: Ин-т лесоведения, 2008. 302 с. [Rubtsov V.V., Utkina I.A. *Adaptive Response of Oak to Defoliation*. Moscow, Grif Publ., 2008. 302 p.].

13. Румянцев Д.Е., Александрова М.С., Николаев Д.К. Сопряженность в кратковременной изменчивости ширины ранней и поздней древесины в годичных кольцах лиственниц в условиях Подмоскovie // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2009. № 1(64). С. 56–61. [Rumyantsev D.E., Aleksandrova M.S., Nikolaev D.K. Conjugacy at Short-Term Variability of Summerwood and Latewood Width at Larches Tree Rings at Moscow Region. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2009, no. 1(64), pp. 56–61].

14. Царалунга В.В., Гарнага В.В. Радиальный прирост деревьев дуба различных категорий состояния // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2004. № 1. С. 5–9. [Tsaralunga V.V., Garnaga V.V. Radial Increment of Oak Trees of Different State Categories. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2004, no. 1, pp. 5–9].

15. Doležal J., Mazůrek P., Klimešová J. Oak Decline in Southern Moravia: The Association between Climate Change and Early and Late Wood Formation in Oaks. *Preslia*, 2010, vol. 82, no. 3, pp. 289–306.

16. Douglass A.E. Solar Records in Tree Growth. *Science*, 1927, vol. 65, iss. 1679, pp. 220–221. DOI: [10.1126/science.65.1679.220](https://doi.org/10.1126/science.65.1679.220)

17. Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A. et al. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. *Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests*. Eberswalde, Germany, UNECE, 2016. 49 p.

18. Fajvan M.A., Gottschalk K.W. The Effects of Silvicultural Thinning and *Lymantria dispar* L. Defoliation on Wood Volume Growth of *Quercus* spp. *American Journal of Plant Sciences*, 2012, vol. 3, no. 2, pp. 276–282. DOI: [10.4236/ajps.2012.32033](https://doi.org/10.4236/ajps.2012.32033)
19. García González I., Eckstein D. Climatic Signal of Earlywood Vessels of Oak on a Maritime Site. *Tree Physiology*, 2003, vol. 23, iss. 7, pp. 497–504. DOI: [10.1093/treephys/23.7.497](https://doi.org/10.1093/treephys/23.7.497)
20. Helińska-Raczkowska L. Variation of Vessel Lumen Diameter in Radial Direction as an Indication of the Juvenile Wood Growth in Oak (*Quercus petraea* Liebl). *Annals of Forest Science*, 1994, vol. 51, no. 3, pp. 283–290. DOI: [10.1051/forest:19940307](https://doi.org/10.1051/forest:19940307)
21. Matveev S., Milenin A., Timashchuk D. The Effects of Limiting Climate Factors on the Increment of Native Tree Species (*Pinus sylvestris* L., *Quercus robur* L.) of the Voronezh Region. *Journal of Forest Science*, 2018, vol. 64, no. 10, pp. 427–434. DOI: [10.17221/36/2018-jfs](https://doi.org/10.17221/36/2018-jfs)
22. Merlin M., Perot T., Perret S., Korboulewsky N., Vallet P. Effects of Stand Composition and Tree Size on Resistance and Resilience to Drought in Sessile Oak and Scots Pine. *Forest Ecology and Management*, 2015, vol. 339, pp. 22–33. DOI: [10.1016/j.foreco.2014.11.032](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.032)
23. Nechita C., Chiriloaei F. Interpreting the Effect of Regional Climate Fluctuations on *Quercus robur* L. Trees under a Temperate Continental Climate (Southern Romania). *Dendrobiology*, 2018, vol. 79, pp. 77–89. DOI: [10.12657/denbio.079.007](https://doi.org/10.12657/denbio.079.007)
24. Pérez-de-Lis G., García-González I., Rozas V., Olano J.M. Feedbacks between Earlywood Anatomy and Non-Structural Carbohydrates Affect Spring Phenology and Wood Production in Ring-Porous Oaks. *Biogeosciences*, 2016, vol. 13, iss. 19, pp. 5499–5510. DOI: [10.5194/bg-13-5499-2016](https://doi.org/10.5194/bg-13-5499-2016)
25. Rybníček M., Čermák P., Žid T., Kolář T., Trnka M., Büntgen U. Exploring Growth Variability and Crown Vitality of Sessile Oak (*Quercus petraea*) in the Czech Republic. *Geochronometria*, 2015, vol. 42, iss. 1, pp. 17–27. DOI: [10.1515/geochr-2015-0003](https://doi.org/10.1515/geochr-2015-0003)

COMPONENTS OF THE INCREMENT DYNAMICS OF EARLY AND LATE WOOD OF *Quercus robur* STEM IN THE UPLAND OAK FOREST OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE

N.F. Kaplina, Candidate of Biology; ResearcherID: [L-9480-2013](https://orcid.org/0000-0001-5999-700X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5999-700X>

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, ul. Sovetskaya, 21,
p/o Uspenskoye, Moscow Region, 143030, Russian Federation; e-mail: kaplina@inbox.ru

The stem radial increment contains information on the tree growth, development, and condition. The early and late wood increment has essential features. The increment dynamics contains monotonous and cyclic components. Retrospective and predictive assessments of growth and development of a tree and a stand based on the patterns of radial increment are possible. The purpose of the article is to analyze the properties of the components and their contribution to the increment dynamics of oak early and late wood, depending on the favorability of growth period and the crown development. The research object was the artificial upland oak forest of the first quality class (pure in composition). Two periods of growth were considered: 1st – favorable (1968–1996) and 2nd – unfavourable (1997–2014). We studied three groups of oak, each group of 10 trees. The groups were distinguished by the development of crown (original classification) and its dynamics. The stem cores were taken at a height of 1.3 m from the southeast side. Indicators of radial increment were defined in the images of cores scanned at 1200 dpi resolution. Three components of the dynamics were identified: a long-term trend and cyclic components with 12- and 2–5-year cycles. The variability of cyclic components of the dynamics of early wood increment was more than twice lower, than that of the late wood. The contribution of the component with 2–5-year cyclicity to the dynamics of early and late wood

increment prevails during the favorable period of growth. The contribution of the component with 12-year cyclicity increases during the unfavorable period and the more, the less developed the crowns. The transition of the radial increment to a lower level occurred during the minimum of the component with 12-year cyclicity. There is no significant correlation between early and late wood increment of the component with 2–5-year cyclicity, which makes the major contribution to their ratio. The correlation between early and late wood increment of other components is closer during the unfavorable period and with a decline in crown development. The correlation between the early and late wood increment of the previous year is closer than that of the same year.

For citation: Kaplina N.F. Components of the Increment Dynamics of Early and Late Wood of *Quercus robur* Stem in the Upland Oak Forest of the Southern Forest-Steppe. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 5, pp. 51–63. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-51-63

Keywords: English oak, crown development, early and late wood of stem, dynamics of radial increment, monotonous and cyclic components of dynamics.

Поступила 10.08.19 / Received on August 10, 2019
