

УДК 630*181.62:630*811.4

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.17

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ КРОНЫ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ СТВОЛА ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

Н. Ф. Каплина

Институт лесоведения Российской академии наук,
Российская Федерация, 143030, Московская обл., п/о Успенское, Советская, 21
E-mail: kaplina@inbox.ru

Для деревьев раскидистого типа развития кроны (по оригинальной классификации) характерно формирование трёх рядов сосудов ранней древесины, зонтиковидного типа – двух рядов, узкокромного типа – одного ряда (ширина ранней древесины в нагорной дубраве – соответственно: более 0,75 мм, 0,4–0,75 мм, менее 0,4 мм). В случае равного прироста поздней древесины прирост ранней – больше у деревьев с более развитой кроной. В благоприятный период роста корреляция между приростом ранней и поздней древесины отсутствовала, в неблагоприятный – была значима у деревьев со средне и слабо развитыми кронами, вероятно, из-за ограничения восходящего тока.

Ключевые слова: дуб черешчатый; развитие кроны; прирост ранней и поздней древесины ствола; количество рядов сосудов ранней древесины.

Введение. Радиальный прирост ствола дерева – информативный показатель его социального статуса [1], жизнестойкости [2] и состояния [3]. Развитие кроны дерева отражает его жизнеспособность [4] и долговременное состояние [5]. На основе сопряжённого анализа динамики радиального прироста стволов и данных многолетней визуальной оценки развития крон деревьев возможно обоснование принципов ретроспективной оценки роста, развития и долговременного состояния дерева и древостоя. Такая информация может быть полезна для решения многих лесоводственных задач. Зависимость показателей радиального прироста ранней (РД) и поздней (ПД) древесины ствола дуба черешчатого от метеофакторов и дефолиации насекомыми рассмотрена достаточно широко [6–12]. Значительно меньше изучена их связь с развитием кроны дерева [6–8, 13]. Между тем, система сосудов РД взаимосвязана с развитием кроны, по-

скольку обеспечивает последнюю восходящим током воды, минеральных и органических веществ.

Классификация крон дуба по типам развития обоснована и использована для анализа динамики дубрав (в т. ч. объекта исследования) в [5, 14].

Цель работы – выявление показателей радиального прироста ствола, позволяющих идентифицировать тип развития кроны дуба черешчатого.

Объект исследования – нагорная искусственная дубрава, чистая по составу, I класса бонитета, расположенная на южной границе лесостепной зоны (Теллермановское опытное лесничество ИЛАН РАН). Дуб – поздней формы, чувствителен к засухам (коэффициент корреляции гидротермического коэффициента и радиального прироста ствола дуба 50–60-летнего и 80–100-летнего возраста составил соответственно 0,42 и 0,25 [8]). Ход роста древостоя по высоте и диаметру

© Каплина Н. Ф., 2019.

Для цитирования: Каплина Н. Ф. Влияние развития кроны на радиальный прирост ранней и поздней древесины ствола дуба черешчатого // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 2 (42). С. 17–25. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.17

Таблица 1

Таксационные показатели древостоя в различные годы

Год учета	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	ΔM_{10}	Z_{10}
1976	44	16,0	1143	228	-	-
1986	54	21,0	774	277	49	98
1996	64	25,8	547	321	44	99
2006	74	29,9	330	316	-5	65

Обозначения: *A* – возраст, лет; *D* – средний диаметр, см; *N* – количество стволов, шт.; *M* – запас, м³; ΔM_{10} – изменение запаса за 10 лет; Z_{10} прирост по запасу за 10 лет

в основном был сходен с табличными данными для нормальных семенных насаждений, но интегральные показатели – значительно ниже нормативных (табл. 1). В 1998–2003 гг. древостой пережил депрессию, в результате которой наблюдался повышенный отпад, прирост по запасу снизился, запас за десять лет практически не изменился [15, 16].

Методика. Описание признаков развития крон дуба проводилось Н.Н. Селочник с 1985 года и продолжено нами с 2005 года по настоящее время [5, 14]: 1) раскидистый тип (Р-тип) – с развитой кроной, мощными нижними ветвями, формирующимися в период быстрого роста дерева (в сомкнутых насаждениях – обычно I и частично II классов роста и развития по Крафту); 2) зонтиковидный тип (З-тип) – без нижних крупных ветвей, утраченных в процессе адаптации к неблагоприятным факторам (обычно III и частично II классов по Крафту); 3) узкокронный тип (У-тип) – с кроной в основном утратившей первичные ветви, часто с заменившими их неразвитыми вторичными ветвями (обычно IV и V классов). Типы развития кроны дерева и их признаки можно рассматривать как результат неспецифической адаптации, поэтому классификация деревьев дуба по типу развития кроны, в отличие от классификаций по социальному статусу, может применяться в условиях различных естественных и антропогенных факторов как в сомкнутых, так и разреженных насаждениях, а также для отдельно стоящих деревьев. Так, в объекте исследования основными неблагоприятными

факторами в порядке убывания их влияния являются угнетение соседними деревьями, засухи и дефолиация насекомыми [5].

В 2013–2014 гг. взяты керны ствола на высоте 1,3 м с юго-восточной стороны. Подготовленные керны сканировали при разрешении 1200 dpi. Ширину прироста РД и ПД измеряли в компьютерной программе GetData Graph Digitizer 2.24. Точность измерений $\pm 0,02$ мм. Перекрёстное датирование проводили визуально, по годам экстремальных значений прироста ПД, одинаковых у деревьев всех типов развития. Также на изображениях подсчитывали количество рядов сосудов РД. Последний ряд учитывался в случае его заполнения сосудами более чем на 20 % длины.

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

Результаты и обсуждение. Приросты анализировали, начиная с 36-летнего возраста деревьев (окончание быстрого роста и начало формирования зрелой древесины). Сравнивали два периода: 1968–1995 гг. – относительно благоприятный и 1996–2014 гг. – неблагоприятный.

Исследовали три группы деревьев дуба, различающихся по развитию кроны (по десять деревьев в каждой): 1) деревья с Р-типом развития кроны как в первый, так и во второй периоды роста (группа Р-Р); 2) деревья с Р-типом в первый период и перешедшие в З-тип – во второй (группа Р-З); 3) деревья с З-типом в первый период и с У-типом во второй (группа З-У).

Эти три типа динамики роста и развития деревьев наиболее характерны для данной дубравы. Переход от благоприятного к неблагоприятному периоду был резким из-за ряда засушливых лет, начиная с 1994 года. Он сопровождался как снижением радиальных приростов стволов, так и усыханием ветвей с изменением типа развития кроны у большей части деревьев. В первый период деревья Р-типа в основном поддерживали свой статус, а во второй период почти половина их перешла в З-тип. Деревья З-типа активно переходили в У-тип как в первый период (в два раза больше, чем осталось в З-типе), так и во второй период (в три раза больше, чем осталось в З-типе) [5].

Характеристики этих групп приведены в табл. 2. Группы значимо различаются по диаметру ствола как в 1976, так и в 2006 году, а также по диаметру кроны в 2006 году. По категориям санитарного состояния в первый период различия между группами деревьев не значимы, во второй период значимо различие между группами с наиболее и наименее развитыми кронами. Санитарное состояние деревьев в основном колебалось в пределах 1–2 категорий, но у части деревьев Р-З и З-У групп в 2009–2011 гг. оно снижалось до 3 категории из-за дефолиации насекомыми (пик пришёлся на 2010 год и составил в среднем 34 %, максимально 50 %). Такая интенсивность дефолиации незначительно влияет на снижение радиального прироста [8].

Средние приросты РД и ПД (табл. 3) значимо различаются как по типам разви-

тия кроны, так и по периодам роста. В первый (благоприятный) период у деревьев Р-типа прирост РД был выше, чем у З-типа не менее чем в 1,4 раза, а прирост ПД не менее чем в 1,5 раза. По соотношению приростов ПД/РД (связанному с плотностью древесины [6] и санитарным состоянием дерева [9, 10, 17]), составившему в среднем 1,65, значимых различий между типами развития кроны не обнаружено. Максимальное зафиксированное значение этого соотношения в нагорных Теллермановских дубравах – около 2 [6, 7].

Во второй период радиальный прирост ствола значимо снизился, причём в большей степени у деревьев, перешедших в менее развитый тип кроны. Так, у деревьев, сохранивших Р-тип, прирост РД уменьшился в 1,2 раза, а перешедших из Р-типа в З-тип и из З-типа в У-тип – в 1,4 раза. Прирост ПД в тех же группах уменьшился гораздо больше – соответственно в 1,5; 1,9 и 2,3 раза, очевидно, как менее важный для выживания дерева. Соотношение приростов ПД/РД снизилось сходно для всех типов развития кроны – в среднем в 1,3 раза. Прирост РД у деревьев Р-типа стал больше, чем у З-типа, а у З-типа, выше, чем у У-типа соответственно в 1,5 и 1,7 раза. Прирост ПД различался между теми же типами развития одинаково – в 1,7 раза. Соотношение приростов ПД/РД сходно в группах деревьев, как и в первый период (в среднем – 1,27) и значительно отличается от его значения в лучших условиях роста. Тем не менее, эта величина далека от критической, равной 0,55 [17].

Таблица 2

Средние показатели по группам деревьев и периодам роста

Период	1968–1995 гг.			1996–2014 гг.		
	Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У
Тип развития кроны	Р	Р	З	Р	З	У
Класс по Крафтгу	-	-	-	I-II	II-III	III-V
Диаметр ствола (1976 и 2006 гг.), см	25,0	20,8	17,9	41,9	31,9	26,0
Диаметр кроны (2006 г.), м	-	-	-	7,7	5,9	4,0
Категория состояния	1,8	1,7	1,9	1,5	1,8	1,9

Таблица 3

Показатели радиального прироста ствола по группам деревьев и периодам роста

Период учета		1968–1995 гг.			1996–2014 гг.		
Группа		Р-Р	Р-З	З-У	Р-Р	Р-З	З-У
Тип кроны		Р	Р	З	Р	З	У
РД, мм	Среднее	1,06	0,79	0,56	0,87	0,56	0,32
	Минимум	0,67	0,45	0,32	0,57	0,35	0,20
	Максимум	1,51	1,11	0,84	1,26	0,87	0,56
ПД, мм	Среднее	1,71	1,28	0,88	1,13	0,67	0,39
	Минимум	0,73	0,58	0,32	0,54	0,29	0,16
	Максимум	3,10	2,31	1,67	2,13	1,41	0,91
ПД/РД	Среднее	1,64	1,67	1,64	1,34	1,23	1,24
	Минимум	0,67	0,68	0,64	0,72	0,56	0,47
	Максимум	2,93	3,08	3,53	2,27	2,39	2,66
r		-0,09	0,04	0,26	0,39	0,60*	0,74*
a , мм		1,1	0,78*	0,49**	0,68*	0,39**	0,20***

Обозначения: r – коэффициент корреляции между приростами РД и ПД, символом * отмечены его значимые величины; a – свободный член линейного уравнения регрессии приростов РД на ПД, различным количеством символов * отмечены значения a , имеющие значимое различие

На рис. 1 представлена зависимость между годовыми приростами РД и ПД, средними по группам деревьев. В первый период роста (сплошные линии трендов) взаимосвязь между приростами ПД и РД практически отсутствует – коэффициенты корреляции между ними не значимы (табл. 3). Во второй, неблагоприятный период (пунктирные линии), коэффициенты корреляции значимы у деревьев З-типа и У-типа. Возможная причина – зависимость прироста ПД угнетённых деревьев от про-

водящей функции ствола. При одном и том же значении прироста ПД прирост РД в среднем тем выше, чем более развиты кроны деревьев. Минимальный прирост РД, численно равный свободному члену линейного уравнения регрессии прироста РД на прирост ПД, значимо различается по типам развития кроны дерева (табл. 3). Так, у деревьев Р-типа он не менее 0,68 мм, З-типа – составил 0,39 мм, У-типа – 0,20 мм. Фактически среднeminимальные величины РД (табл. 3) оказались довольно близки к этим значениям.

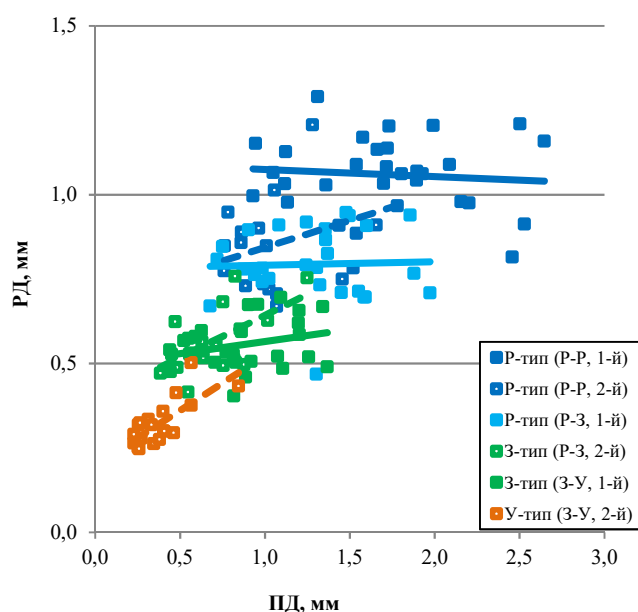


Рис. 1. Взаимосвязь приростов РД и ПД по группам деревьев и периодам роста. Легенда: тип развития кроны (группа деревьев, период роста)

Таблица 4

Распределение годичных слоёв по количеству рядов сосудов РД (%)

Период, годы	Группа	Тип кроны	Количество рядов сосудов				
			1	2	3	4	более 4
1968–1994	Р-Р	Р	-	11	64	24	1
1995–2014		Р	1	39	49	11	-
1968–1994	Р-З	Р	1	35	58	6	-
1995–2014		З	17	69	14	-	-
1968–1994	З-У	З	18	68	14	-	-
1995–2014		У	74	24	2	-	-

Эти различия по размеру и структуре радиального прироста между типами развития кроны можно объяснить формированием РД несколькими рядами сосудов и изменением количества этих рядов при переходе дерева из типа в тип развития кроны. Так, у деревьев Р-типа не менее 60 % годичных слоёв содержало три и более рядов сосудов РД, З-типа – не менее 68 % годичных слоёв содержало два ряда сосудов РД, У-типа – в 74 % случаев РД была сформирована одним рядом сосудов (табл. 4).

Известно, что прирост РД зависит от запаса пластических веществ, накопленных в предыдущие годы, что способствует его стабильности по годам. Прирост РД (рис. 2, а) значимо возрастает при увеличении количества рядов сосудов, а при одинаковом их количестве характеризуется низкой изменчивостью и сходен по величине у деревьев всех типов развития кроны и периодов роста. Тем не менее, при одинаковом количестве рядов сосудов прирост РД значимо возрастает от деревьев У-типа развития к Р-типу.

Максимальная ширина РД с одним рядом сосудов и минимальная ширина с двумя рядами сосудов оказались приблизительно равны 0,4 мм. Максимальная ширина РД с двумя рядами сосудов и минимальная ширина РД с тремя рядами сосудов у деревьев Р-типа и З-типа в среднем были равны 0,75 мм. Изменение прироста РД ниже или выше этих границ происходит в основном за счёт уменьшения или увеличения количества рядов сосудов. Этот вывод согласуется с тем, что

ширина РД в большей степени зависит не от количества сосудов, а от количества их рядов [18].

Количество рядов сосудов, характерное для каждого типа развития кроны, определяет интервалы, в которых изменяется прирост РД у деревьев с различным типом развития кроны: Р-типа (один ряд сосудов) – менее 0,4 мм, З-типа (два ряда сосудов) – 0,4-0,75 мм, Р-типа (три и более рядов сосудов) – более 0,75 мм. В отдельные годы обычен выход прироста РД за указанные границы с увеличением или уменьшением количества рядов сосудов, что можно рассматривать, как потенциальную способность дуба адаптироваться к изменению условий роста посредством развития или сокращения кроны. Сглаживание временного ряда прироста РД трёхлетним скользящим средним устраняет указанные экстремумы.

Прирост ПД (рис. 2, б), напротив, обеспечивается ассимилятами текущего года, что объясняет его высокую изменчивость. Его возрастание с увеличением количества рядов сосудов РД значимо только во второй период у деревьев – З-типа и У-типа, т. е. у менее развитых деревьев в неблагоприятный период (как и коэффициенты корреляции между приростами РД и ПД). Указанные корреляции могут объясняться ограничением водобеспеченности этих деревьев, которая зависит от ширины РД. При одинаковом количестве рядов сосудов РД значимые различия прироста ПД по типам развития кроны и периодам роста обнаружены только для двухрядной РД.

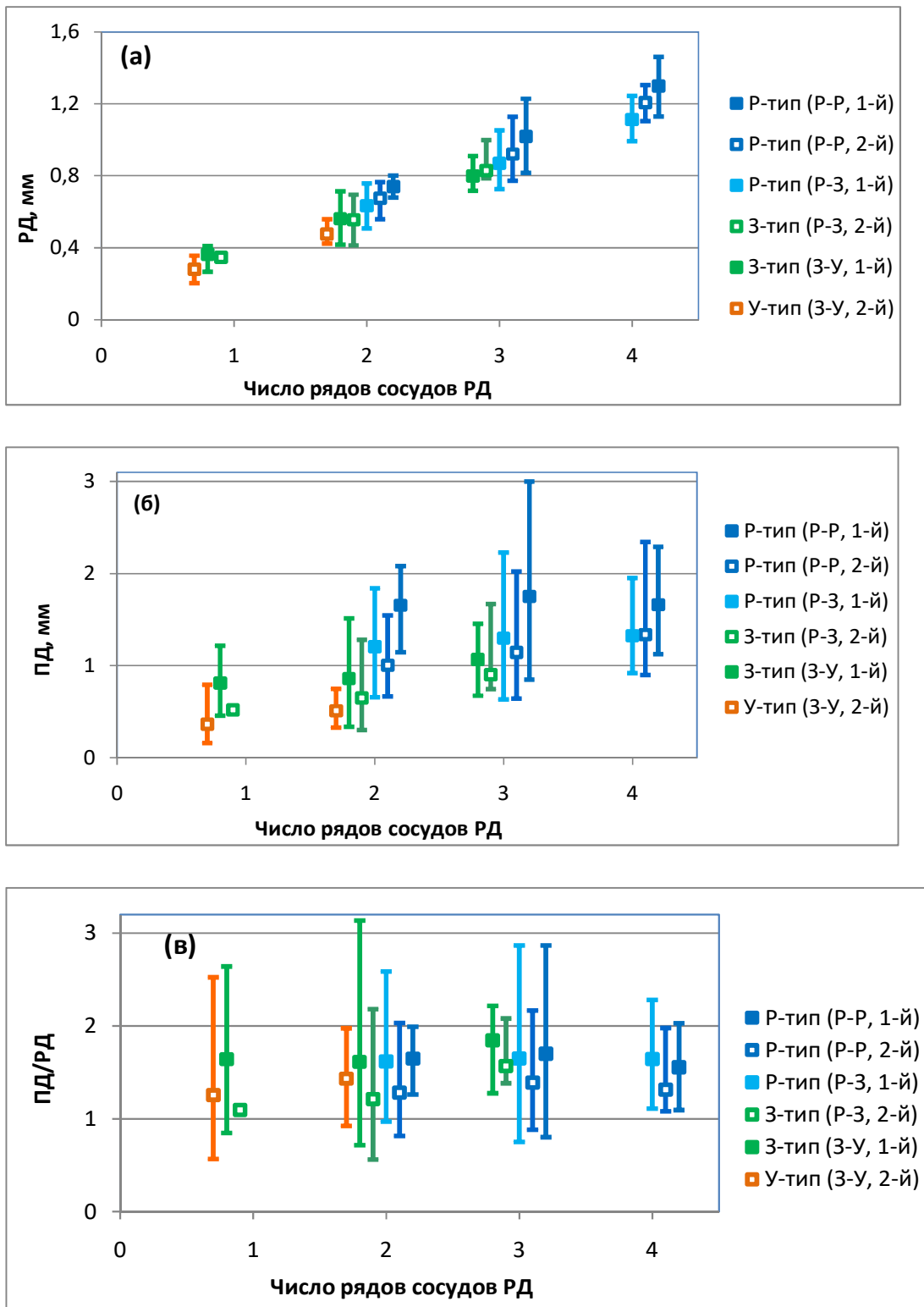


Рис. 2. Радиальные приросты РД (а), ПД (б) и их соотношение (в) в зависимости от количества рядов сосудов РД. Планками указаны среднеминимальные и среднемаксимальные значения. В легенде – те же обозначения, что и на рис. 1

Соотношение приростов ПД/РД (рис. 2, в) не зависело значимо от увеличения количества рядов сосудов РД во всех группах деревьев и периодах роста. При одинаковом количестве рядов сосудов это соотношение не зависело от типа развития кроны. В среднем для всех групп деревьев и количества рядов сосудов соотношение ПД/РД было значимо выше в первый период роста – в 1,3 раза.

Заключение. Показатели радиального прироста РД позволяют объективно идентифицировать тип развития кроны дуба черешчатого. Количество рядов сосудов РД – наиболее простой и объективный признак развития кроны: для деревьев Р-типа развития кроны характерны три ряда сосудов РД, З-типа – два ряда, У-типа – один ряд. Для идентификации типа разви-

тия кроны в нагорных дубравах по ширине РД можно использовать соответствующие указанному количеству рядов интервалы приростов РД: Р-типа – более 0,75 мм, З-типа – 0,4-0,75 мм, У-типа – менее 0,4 мм при сглаживании временного ряда трёх-летним скользящим средним. Взаимосвязь приростов РД и ПД также различается по типам развития кроны: при одинаковом приросте ПД прирост РД в среднем больше у деревьев с более развитой кроной. В благоприятный период роста корреляция между приростами РД и ПД отсутствует, поскольку первый зависит от развития кроны, а второй – от условий роста текущего года. В засушливый период у деревьев со средне и слабо развитыми кронами эта корреляция значима, вероятно, из-за ограничения восходящего тока.

Список литературы

1. Eichhorn J., Roskams P., Potocic N. 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 ICP Forests Programme Coordinating Centre, Thünen Institute of Forest Ecosystems, 2016. 54 p. Access: http://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP_Manual_2017_02-part04.pdf (date of reference: 18.05.2019).
2. Демаков Ю.П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений: Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. 74 с.
3. Воронцов А. И. Патология леса. М.: Лесная промышленность, 1978. 272 с.
4. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценогических популяций растений. Казань: Изд-во КГУ, 1989. 147 с.
5. 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.
6. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба. М.: Изд. АН СССР, 1954. 265 с.
7. Савина А. В., Журавлёва М.В. Физиологическое обоснование рубок ухода. 3-е изд. М: Лесная промышленность, 1978. 104 с.
8. Рубцов В.В., Уткина И.А. Адаптационные реакции дуба на дефолиацию. М.: Институт лесоведения, 2008. 302 с.
9. Белов А. Н. Потери раннего прироста деревьев разных категорий состояния в очагах насекомых-фитофагов // Лесное хозяйство. 2005. № 6. С. 42 - 43.
10. Царалунга В.В., Гарнага В.В. Радиальный прирост деревьев дуба различных категорий состояния // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2004. № 1. С. 5-9.
11. Кучеров С.Е. Реконструкция массовых размножений непарного шелкопряда на Зилаирском плато на основе анализа радиального прироста дуба черешчатого // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2011. № 4. С. 405–415.
12. 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. P. 77-89.
13. 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. Pp. 283 – 290.
14. Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. 2009. № 3. С. 32-42.
15. Каплина Н.Ф. Динамика прироста деревьев в нагорных антропогенных дубравах южной лесостепи // Лесоведение. 2006. № 4. С. 3 - 11.
16. Истомина Я.Г., Каплина Н.Ф. Многолетний опыт по влиянию рубок ухода на нагорные искусственные насаждения дуба черешчатого юж-

ной лесостепи // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 4. С. 72-81.

17. Тихомиров А.В. Структура радиального годичного прироста как показатель состояния дуба черешчатого // Состояние дубрав лесостепи. М.: Наука, 1989. С. 77-97.

18. González-González B. D., Rozas V., García-González I. Earlywood vessels of the sub-Mediterranean oak *Quercus pyrenaica* have greater plasticity and sensitivity than those of the temperate *Q. petraea* at the Atlantic-Mediterranean boundary // *Trees-Structure and Function*. 2014. Vol. 28. Iss. 1. P. 237-252.

Статья поступила в редакцию 26.05.19.
Принята к публикации 14.06.19.

Информация об авторе

КАПЛИНА Наталья Федотовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт лесоведения Российской академии наук. Область научных интересов – экология леса. Автор 90 публикаций.

UDC 630*181.62:630*811.4

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.17

INFLUENCE OF CROWN DEVELOPMENT ON RADIAL INCREMENT OF EARLY AND LATE STEM WOOD OF QUERCUS ROBUR

N. F. Kaplina

Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences,
21, Sovetskaya St., Uspenskoe, Moscow region, 143030 Russian Federation
E-mail: kaplina@inbox.ru

Keywords: *Quercus robur*; crown development; increment of early and late stem wood; number of early wood vessel row.

ABSTRACT

Introduction. Conjugated analysis of the dynamics of radial stem increment and tree crown development allowed us to establish the principles of retrospective estimation of growth, development, and long-term state of tree and forest stand. **The purpose** of the work was the determination of stem increment indicators useful for identification of the development of crown type of *Quercus robur* trees. **Results.** Object of research was the upland artificial forest of the first site class, located on the southern border of the forest-steppe zone. Three types of oak crown development (original classification) were distinguished. Indicators of radial increment were defined from the scanned images of cores. For the trees with spreading crown formation type - three rows of early wood vessels, for the umbrella-like crown type - two rows, and for the narrow-crowned type - one row is typical (early wood increment is respectively: more than 0,75 mm, 0,4-0,75 mm, less than 0,4 mm). In case of equal late wood increment the early wood increment was on the average higher for the trees with more developed crown. During the favorable growth period the correlation between early and late wood increments was absent, in adverse growth period - the correlation was significant at trees with medium and poor crown development, due to probably ascending stream limiting.

REFERENCES

1. Eichhorn J., Roskams P., Potocic N. 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 ICP Forests Programme Coordinating Centre, Thünen Institute of Forest Ecosystems, 2016. 54 p. Access: http://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP_Manual_2017_02_part04.pdf (date of reference:18.05.2019).
2. Demakov Yu. P. *Zashchita rasteniy. Zhiznesposobnost' i zhiznestoykost' drevesnykh rasteniy: Uchebnoe posobie* [Plant Protection. Vital Capacity and Viability of Wood Plants]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2002. 74 p. (In Russ.).
3. Vorontsov A. I. *Patologiya lesa* [Forest Pathology]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1978. 272 p. (In Russ.).
4. Zlobin Yu.A. *Printsipy i metody izucheniya tsenoticheskikh populyatsiy rasteniy* [Principles and

Methods of Studying Cenotical Populations of Plants]. Kazan': Izdatel'stvo KGU, 1989. 147 p. (In Russ.).

5. Kaplina N.F., Selochnik N.N. Tekushchee i dolgovremennoe sostoyanie duba chereshchatogo v trekh kontrastnykh tipakh lesa yuzhnoy lesostepi [Current and Long-Term State of The English Oak in Three Contrasting Forest Types in Southern Forest-Steppe]. *Lesovedeniye* [Silviculture]. 2015. № 3. Pp. 191-201. (In Russ.).

6. Vikhrov V. E. *Stroenie i fiziko-mekhanicheskie svoystva drevesiny duba* [Structure and Physico-Mechanical Properties of Oak Wood]. Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 1954. 265 p. (In Russ.).

7. Savina A. V., Zhuravleva M.V. *Fiziologicheskoe obosnovanie rubok ukhoda. 3-e izdanie* [Physiological Substantiation of Thinning. The Third Edition]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1978. 104 p. (In Russ.).

8. Rubtsov V.V., Utkina I.A. *Adaptatsionnye reaktsii duba na defoliatsiyu* [Adaptive Reactions of Oaks to Defoliation]. Moscow: Institut lesovedeniya, 2008. 302 p. (In Russ.).

9. Belov A. N. Poteri rannego prirosta derev'ev raznykh kategoriy sostoyaniya v ochagakh nasekomykh-fitofagov [Losses of Early Increment of Trees of Different State Categories in Insects-Phytophages Centres]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2005. № 6. Pp. 42 - 43. (In Russ.).

10. Tsaralunga V.V., Garnaga V.V. Radial'nyy prirost derev'ev duba razlichnykh kategoriy sostoyaniya [Radial Increment of Oak Trees of Various State Categories]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Moscow State Forest University Herald of Moscow State Forest University – Forest Herald - Forest Herald of Moscow State Forest University – Forest Herald]. 2004. No 1. Pp. 5-9. (In Russ.).

11. Kucherov S.E. Rekonstruktsiya massovykh razmnzheniy neparnogo shelkopryada na Zilairskom plato na osnove analiza radial'nogo prirosta duba chereshchatogo [Reconstruction of Gypsy Moth Mass Reproductions on Zilairsky Plateau on Basis of Radial Increment Analysis of English Oak]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya* [Journal of

Siberian Federal University. Biology]. 2011. No 4. Pp. 405–415. (In Russ.).

12. 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.

13. 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. Pp. 283 – 290.

14. Kaplina N.F., Selochnik N.N. Morfologiya kron i sostoyanie duba chereshchatogo v srednevozrastnykh nasazhdeniyakh lesostepi [Morphology of Crowns and English Oak State in the Middle-Aged Forest-Steppe Plantations]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 2009. No 3. Pp. 32-42. (In Russ.).

15. Kaplina N.F. Dinamika prirosta derev'ev v nagornykh antropogennykh dubravakh yuzhnoy lesostepi [Dynamics of Tree Increment in the Anthropogenic Upland Oak Groves of the Southern Forest-Steppe]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 2006. No 4. Pp. 3-11. (In Russ.).

16. Istomina Ya.G., Kaplina N.F. Mnogoletniy opyt po vliyaniyu rubok ukhoda na nagornyye iskusstvennyye nasazhdeniya duba chereshchatogo yuzhnoy lesostepi [A Long-Term Experience of the Influence of Thinning on Upland Artificial Plantations of English Oak in Southern Forest-Steppe]. *Lesotekhnicheskyy zhurnal* [Forestry Engineering Magazine]. 2017. Vol. 7. No 4. Pp. 72-81. (In Russ.).

17. Tikhomirov A.V. Struktura radial'nogo godichnogo prirosta kak pokazatel' sostoyaniya duba chereshchatogo [Structure of Annual Radial Increment as Index of Common Oak State]. *Sostoyanie dubrav lesostepi* [State of oak forests in forest-steppe zone]. Moscow: Nauka, 1989. Pp. 77–97 (In Russ.).

18. González-González B. D., Rozas V., García-González I. Earlywood Vessels of the Sub-Mediterranean Oak Quercus pyrenaica Have Greater Plasticity and Sensitivity than those of the Temperate Q. Petraea at the Atlantic–Mediterranean Boundary. *Trees–Structure and Function*. 2014. Vol. 28. I. 1. Pp. 237–252.

The article was received 26.05.19.
Accepted for publication 14.06.19.

For citation: Kaplina N. F. Influence of Crown Development on Radial Increment of Early and Late Stem Wood of Quercus Robur. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2019. No 1 (41). Pp. 17–25. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.17

Information about the author

Natalia F. Kaplina – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences. Research interests – forest ecology. The author of 90 publications.