

УДК 630*243:630*453:630*5
DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.41

60-ЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА НАГОРНЫХ ДУБРАВ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ В СВЯЗИ С РУБКАМИ УХОДА И МАССОВЫМ УСЫХАНИЕМ ДУБА

Я. Г. Истомина¹, Н. Ф. Каплина²

¹ФГКУ «Рослесресурс»,
Российская Федерация, 117105, Москва, Варшавское шоссе, 39А
E-mail: biktimirovayana@gmail.com

²Институт лесоведения Российской академии наук,
Российская Федерация, 143030, Московская обл., п/о Успенское, Советская, 21
E-mail: kaplina@inbox.ru

Проходные рубки оказали положительное влияние на увеличение прироста и стабильности роста первого яруса. Однако повышение доли дуба в породном составе отрицательно сказалось на его выживаемости в годы массового усыхания. Интенсивность усыхания дуба тесно коррелировала с его запасом на начало периода и не зависела от запаса первого яруса. Снижение прироста дуба в основном компенсировалось его увеличением у сопутствующих пород. Наибольшего запаса (в том числе крупномерных стволов) и общей производительности достигли древостои, пройденные рубками до средней интенсивности включительно и слабо пострадавшие от массового усыхания. Устойчивость смешанных древостоев к повреждениям листогрызущими насекомыми можно повысить ограничением суммы площадей сечений дуба до $16 \text{ м}^2 \text{ га}^{-1}$.

Ключевые слова: дуб черешчатый; южная лесостепь; рубки ухода; массовое усыхание дуба.

Введение. Целью рубок ухода в условиях периодических засух и повреждения листогрызущими насекомыми является формирование в первую очередь устойчивых насаждений. Также важными критериями остаются продуктивность и качество стволовой древесины.

Наиболее ценными для изучения влияния рубок ухода являются материалы многолетних опытов на постоянных пробных площадях [1–3]. Многие исследователи на основании длительных опытов выявили следующие закономерности. Чем позже проведены рубки ухода после периода быстрого роста, тем ниже их эффективность [1, 4]. Чрезмерное увеличение интенсивности рубок ухода снижает запас и общую производительность древостоя к возрасту спелости; с возрастом допустимая интенсивность рубок умень-

шается. Результаты одинаковы для вариантов с разным составом, возрастом древостоев, в разных природных условиях. Необходимо знать допустимое уменьшение запаса и густоты [1].

Нет единого мнения о существовании оптимальной плотности древостоя, при которой продуктивность максимальна, больше согласия в отношении максимизации запаса крупномерной древесины [2]. После снижения плотности в результате рубок ухода и стихийных воздействий происходит возвращение плотности и запаса к некоторым закономерным траекториям роста [5]. Влияние неблагоприятных факторов, таких как засухи и затопления, различается по экотопам и лесообразующим породам [6]. Отмечено, что с некоторого возраста древостоя превышение пороговой плотности также снижает произ-

© Истомина Я. Г., Каплина Н. Ф., 2018.

Для цитирования: Истомина Я. Г., Каплина Н. Ф. 60-летняя динамика нагорных дубрав южной лесостепи в связи с рубками ухода и массовым усыханием дуба // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 2 (38). С. 41–51. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.41

водительность [1]. 50-летний эксперимент в твёрдолиственных древостоях показал, что увеличение их плотности может привести к снижению потенциала адаптации – уменьшению структурной и композиционной сложности, снижению темпов прироста древесины. Причём после низовых рубок ухода запас был больше, а прирост меньше, чем после верховых [3].

С помощью рубок ухода возможно улучшение водного баланса, уменьшение стресса в связи со снижением конкуренции, улучшение восстановления роста [7, 8]. Моделирование на основе дендрохронологических и метеорологических данных показало, что рубки ухода в высокоствольных дубравах (*Quercus petraea*) повышают их адаптацию к прогнозируемому увеличению засушливости в центральной Европе [9]. Периодическое массовое усыхание дуба отмечается с конца 19 века до настоящего времени. Состояние дубрав центра и юга Европы хуже, чем древостоев других лесообразующих пород [10]. Сведения о многолетней динамике восстановления дубрав после массового усыхания необходимы для прогнозирования их продуктивности и планирования лесохозяйственных мероприятий.

В 1954 году заложен опыт под руководством А.А. Молчанова с целью изучения влияния проходных рубок ухода на продуктивность сложных смешанных нагорных древостоев с участием дуба в южной лесостепи (квартал 3 Теллермановского опытного лесничества Института лесоведения РАН, Воронежская область) [7]. Анализ результатов опыта для первого яруса древостоев проведён лишь до 1963 года. Показано, что динамика первого и второго ярусов часто противоположна [11]. В дальнейшем проанализирована общая для двух ярусов динамика до 1975 [7] и 1985 года [12]. Поскольку первый ярус вносит основной вклад в продуктивность, представляет наибольшую хозяйственную ценность и определяет условия роста нижних ярусов фитоце-

ноза, изучение закономерностей его динамики наиболее актуально.

Цель работы – анализ влияния рубок ухода и массового усыхания дуба на устойчивость и продуктивность первого яруса нагорных смешанных древостоев с участием дуба Теллермановского опытного лесничества с начала опыта до настоящего времени.

Материалы и методика работ. Изученные насаждения – естественного происхождения, осоково-снытевого типа леса на тёмно-серых лесных тяжелосуглинистых почвах. Дуб черешчатый – семенного происхождения, представлен в основном поздней фенологической формой. Прочие породы – преимущественно порослевого происхождения. В первом ярусе после дуба наиболее представлен ясень обыкновенный, липа мелколистная и клён остролистный, единично встречались ильм и берёза.

В 1938 году здесь проведены интенсивные производственные прореживания. Состав насаждения до начала опыта – 4ДЗЯс2Лп1Клю, полнота 0,9–1,0, класс бонитета II. Заложено восемь постоянных пробных площадей (ППП) с различными по способам и интенсивности вариантами рубок ухода (табл. 1). Площадь вариантов опыта: на ППП 8-11 – по 0,5 га, на ППП 12-15 – по 0,25 га. Каждая ППП находится в центре участка леса с таким же способом и интенсивностью рубки [11].

При низовых рубках удаляли худшие стволы всех пород (фаутные, суховершинные, двухвершинные, сучковатые, отставшие в росте). При комбинированных рубках – также деревья второстепенных пород, тормозящие рост дуба, затем деревья дуба подклассов Ib и Ib по классификации В.Г. Нестерова. Так, на ППП 11 (по методу В.Г. Нестерова) в первый приём вырублено $37,6 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ древесины дуба. На ППП 12 (семенном участке) удаляли все породы кроме дуба. Второй ярус поддерживался достаточно густым, с целью подгона дуба, полнотой 0,24–0,30 и лишь на

ППП 9, 12 и 13 она составляла 0,06–0,15 [11]. В 1963 и 1975 гг. по тем же принципам проведены повторные рубки умеренной и слабой интенсивности [7, 13]. В результате, до 1975 года наблюдалась тесная корреляция запасов первого яруса с интенсивностью рубок в 1955 году ($r > 0,95$). С конца 1960-х гг. в нагорных дубравах произошла вспышка численности филлофагов. Наиболее массовым отпад дуба был в 1976–1979 гг. Интенсивность отпада дуба приведена в табл. 1.

На ППП сотрудниками Института лесоведения РАН нумеровались деревья, периодически измерялись их диаметры и высоты, фиксировался год усыхания. Таксационные показатели первого яруса древостоев в первый и второй приём рубок заимствованы из [13]. Таксационные показатели за 1971–1998 гг. рассчитаны нами по архивным материалам сплошных обмеров диаметров.

Высоты в 1971–1998 гг. рассчитаны по уравнению, полученному для деревьев 22–77-летнего возраста в квартале 6, того же бонитета (объём выборки $n = 295$):

$$H = 1,739A(1 - D^{-1,685}A^{0,743}), R^2 = 0,844, \quad (1)$$

где H – средняя высота, м; A – возраст древостоя, лет; D – среднеквадратический диаметр, см.

Показатели за 2012–2015 гг. получены по собственным сплошным измерениям

диаметров и выборочным – высот (дуб – $n = 150$, ясень – $n = 66$, клён остролистный и липа – $n = 35$).

Объёмы стволов в 1971–2015 гг. вычислены по уравнению для модельных деревьев 48–81-летнего возраста в квартале 6 ($n = 60$):

$$v = 0,000155d^{1,85}h^{-0,263}A^{0,739}, R^2 = 0,999, \quad (2)$$

где v – объём ствола дерева, м³; d – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см; h – высота ствола по уравнению (1). Рассчитанные по этим формулам запасы первого яруса для 1963 года превышали приведённые в [13] в среднем на 4,5 %, что было учтено при расчёте прироста, изменения запаса и отпада за 1964–1975 гг.

Коэффициенты уравнений получали с помощью надстройки Microsoft Excel «Поиск решений». Значимость различий показателей оценивали с помощью дисперсионного анализа в Microsoft Excel.

Бонитет изученных древостоев и нормативные кривые хода роста запаса для полных древостоев дуба I класса бонитета определены по таблицам хода роста (ТХР) полных семенных дубовых древостоев экорегионов зоны лиственных лесов и лесостепи Европейской части [14]. Для сравнительного анализа также использовали модель эталонных дубрав I класса бонитета, сформированных рубками ухода [15].

Таблица 1

Интенсивность рубок ухода и массового усыхания (1976–1979 гг.) в дубравах

ППП	Способ рубки	Группа интенсивности	Интенсивность (по запасу), %			
			1955 г.	1963 г.	1975 г.	1976-1979 гг.
			45 лет	53 года	65 лет	66-69 лет
15	Контроль	Без рубки	0	0	0	5
9	Низовые	Умеренные	20	9	1,3	48
8	Комбинированные	Слабые	11	15	8	24
14		Слабые (по биогруппам)	14	11	1,6	39
10		Умеренные	23	15	10	12
11		Средние	31	20	10	14
13		Сильные (по В.Г. Нестерову)	41	18	0,5	52
12		Сильные (семенной)	54	20	0	18

Результаты и обсуждение. Высоты всех изученных древостоев после первого приёма опыта близки к средним значениям I класса бонитета, причём если в начале опыта они немного ниже, то в настоящее время – несколько выше табличных величин, несмотря на суховершинность дуба в конце 1970-х. Та же тенденция отмечена в 80-летних чистых культурах дуба (квартал 6) [16]. Таксационные показатели первого яруса древостоев в 45-, 75- и

102-105-летнем возрасте приведены в табл. 2, а динамика их запаса на рис. 1, а.

В динамике первого яруса дубрав можно выделить три периода: рубки ухода (20 лет), массовое усыхание дуба (10 лет) и восстановление (30 лет). В относительно благоприятный период рубок ухода поддерживалась ранжированность древостоев по показателям роста и продуктивности (табл. 2), заданная способом и интенсивностью двухкратных рубок ухода.

Таблица 2

Таксационные показатели первого яруса древостоев в 1955 г. (после рубки), 1985 и 2012–2015 гг.

ППП	Способ рубки	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>Q</i>
45 лет							
15	Контроль	17,8	16,5	908	19,4	175	46
9	Низовые	18,3	18,6	542	14,7	138	83
8	Комбинированные	18,2	18,2	644	16,8	166	55
14		18,3	18,7	636	17,5	160	69
10		17,8	16,5	718	15,4	138	56
11		18,0	17,5	618	14,4	133	40
13		18,1	17,6	540	13,1	120	94
12		18,4	18,9	380	10,7	100	77
75 лет							
15	Контроль	25,6	25,3	548	27,7	345	46
9	Низовые	26,3	29,6	198	13,6	166	69
8	Комбинированные	26,1	28,1	370	23,3	285	47
14		26,2	28,7	288	18,7	228	54
10		25,8	26,6	392	21,8	270	56
11		26,0	27,5	380	22,6	278	35
13		26,1	28,1	176	10,9	134	81
12		26,6	32,4	236	19,5	233	75
102-105 лет							
15	Контроль	29,4	33,5	332	29,2	431	40
9	Низовые	30,0	38,0	180	20,4	289	67
8	Комбинированные	29,9	37,7	294	33,1	473	46
14		29,8	36,7	252	26,7	393	52
10		29,7	35,7	292	29,2	422	47
11		29,8	36,7	310	32,7	475	32
13		29,9	37,3	160	17,5	255	74
12		30,4	42,2	176	24,6	370	65

Примечание: *H* – средняя высота, м; *D* – среднеквадратический диаметр, см; *N* – число стволов, шт. га⁻¹; *G* – сумма площадей сечений, м²га⁻¹; *M* – запас, м³га⁻¹; *Q* – доля дуба по запасу, %.

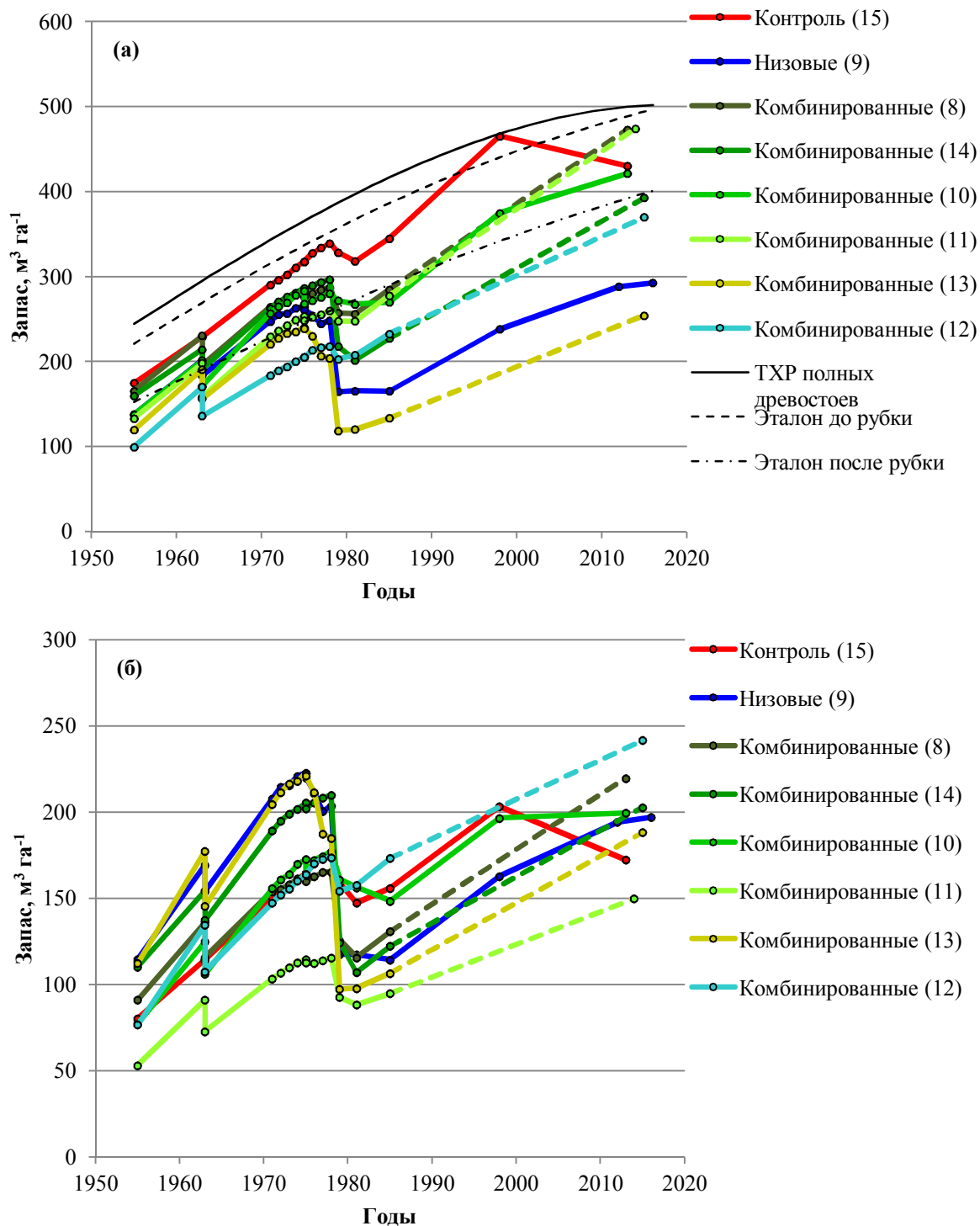


Рис. 1. Динамика запаса первого яруса (а), в том числе элемента леса дуба (б) (номера ППП указаны в легенде, годы обмеров диаметров обозначены условными значками)

В первый приём рубок максимальный запас вырубленной древесины был в 3–4 раза выше 10-летнего отпада по ТХР [14] и в 2–2,5 раза – по модели формирования эталонных дубрав [15]. С интенсивностью

рубок тесно коррелировали как абсолютные величины среднепериодических прироста и изменения запаса ($r = 0,90$ и $0,89$, соответственно), так и относительные к оставленному запасу ($r = 0,98$ и $0,99$).

Очевидно, благодаря этому возможно возвращение древостоев к прежней траектории роста [5]. Во второй приём рубок максимальный запас вырубленной древесины превышал 10-летний отпад по ТХР только в 1,2–1,4 раза и был ниже 10-летнего отпада по модели эталонных дубрав – в 1,3–1,6 раза. С интенсивностью рубок тесно коррелировали лишь относительные прирост и изменение запаса ($r = 0,93$ и $0,90$). Менее тесные корреляции, по сравнению с первым приёмом, могут объясняться как меньшей интенсивностью рубок, так и фактором ослабления дуба листогрызущими насекомыми.

В среднем для изученных древостоев (рис. 2, а) среднепериодические приросты после первого и второго приёмов рубок были практически одинаковы, после второго приёма несколько снизилось изменение запаса и повысился отпад, однако различие значимо только для отпада (двухфакторный дисперсионный анализ, $\alpha=0,05$). В большей степени прирост и изменение запаса снизились, а отпад повы-

сился у элемента леса дуба, где различия значимы при $\alpha=0,05$ (рис. 2, б). Зависимости относительных прироста и изменения запаса от интенсивности рубок за оба 10-летних периода сходны с аналогичными зависимостями в искусственных чистых дубравах квартала 6 в том же возрасте [16].

К концу 20-летнего периода рубок максимальное значение запаса (близкое к эталонному до рубки) достигнуто в контрольном древостое (рис. 1, а). Минимальный запас зафиксирован на семенном участке – с максимальной интенсивностью рубок (ППП 12). Запас остальных древостоев находился от середины до нижней границы значений эталонных древостоев [15].

В период массового усыхания дуба (1976–1985 гг.) нарушилась ранжированность древостоев по показателям продуктивности (рис. 1). Минимум радиального прироста дуба пришёлся на 1972–1979 гг., усыхание дуба завершилось к 1982 году, восстановление крон за счёт водяных побегов – к 1987 году [17].

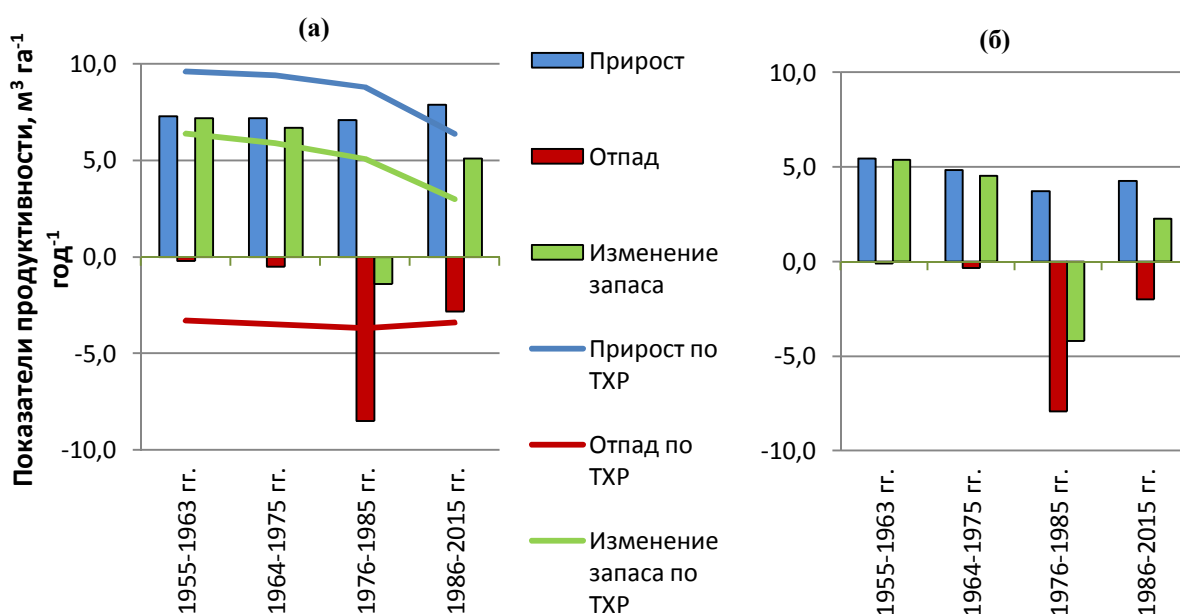


Рис. 2. Динамика прироста, отпада (приведён со знаком минус) и изменения запаса первого яруса (а), в том числе дуба (б)

Относительный прирост положительно коррелировал с интенсивностью рубок ухода в 1975 году и отрицательно – с интенсивностью отпада в 1976–1979 гг. ($r = 0,79$ и $-0,86$). Прирост дуба значительно снизился (на 46 % по сравнению с первым 10-летием и на 30 % – со вторым), а прирост первого яруса практически не уменьшился за счёт его увеличения у сопутствующих пород (рис. 2).

Отпад древостоя за 10 лет доходил до $150 \text{ м}^3 \text{га}^{-1}$, а снижение запаса – до $105 \text{ м}^3 \text{га}^{-1}$. Доля дуба в отпаде первого яруса составила 90 % (рис. 2) при среднем его участии в запасе – 66 %. Интенсивность отпада дуба за 10 лет наиболее тесно коррелировала с его запасом в 1973 году ($r = 0,92$) и при этом не зависела от запаса древостоя. Это согласуется с основной причиной массового усыхания дуба – дефолиацией насекомыми, а не конкурентными отношениями. По интенсивности отпада изученные ППП представлены двумя группами: с запасом дуба в 1973 году менее $165 \text{ м}^3 \text{га}^{-1}$ ($G < 15 \text{ м}^2 \text{га}^{-1}$) и интенсивностью его отпада в 1976–1985 гг. – 19–37 % (по возрастанию – ППП 12, 15, 10, 11, 8) и с запасом дуба более $200 \text{ м}^3 \text{га}^{-1}$ ($G > 17 \text{ м}^2 \text{га}^{-1}$) и интенсивностью 55–64 % (ППП 14, 9, 13). В 1973 году доля дуба по запасу на контроле составляла 52 %, в то время как в трёх наиболее пострадавших древостоях – 72–93 %. Таким образом, определённую роль в повышении плотности ценопопуляции дуба сыграли рубки ухода. В конце этого периода запасы всех древостоев, кроме контроля, опустились ниже эталонной границы [15]. Однако для менее пострадавших древостоев на ППП 8, 10 и 11 это было кратковременным явлением.

30-летний восстановительный период динамики древостоев был относительно благоприятным. В этот период снова поддерживалась ранжированность древостоев по таксационным показателям, установившаяся после массового усыхания. Обнаружены положительные корреляции от-

носительных прироста и изменения запаса с интенсивностью отпада в предыдущие 1975–1985 гг. ($r = 0,68$ и $0,61$). В среднем для ППП прирост древостоев немного увеличился по сравнению с предыдущими периодами за счёт сопутствующих пород, в то время как прирост дуба немного вырос лишь по сравнению с периодом массового усыхания (рис. 2), однако эти различия не значимы при $\alpha=0,05$.

Величины запасов в 1998 году (известные для трёх ППП) позволяют говорить о более быстром увеличении запасов в начале периода восстановления и последующей депрессии роста. В конце этого периода зафиксировано снижение запаса дуба и первого яруса на контроле (ППП 15) и запаса дуба на ППП 10. Сходное снижение запаса на контроле в те же календарные годы выявлено и в опыте с рубками ухода в квартале 6 (в чистой дубраве искусственного происхождения, практически не пострадавшей в предыдущий период) [18]. Это снижение объясняется засухами конца 1990-х – начала 2000-х гг. и 2009–2011 гг. Поскольку в древостоях, пройденных рубками, такого снижения запаса в обоих опытах не наблюдалось, можно говорить о повышении стабильности роста древостоев рубками ухода.

К настоящему времени наибольших запасов (близких к максимальным эталонным [15]) достигли древостои на ППП 8 и 11, соответственно слабо и среднеизреженные рубками ухода и слабо пострадавшие от массового усыхания дуба. Среднее положение в полосе эталонных значений запасов занимают контрольный древостой на ППП 15 и умеренно изреженный рубками, умеренно пострадавший от усыхания – на ППП 10. Немного ниже минимальных эталонных величин запасы древостоя на ППП 14, слабо изреженного рубками, но сильно пострадавшего от усыхания и на ППП 12, сильно изреженного рубками, но слабо пострадавшего от усыхания. Наименьшие запасы – в сильно пострадавших от усыхания древостоях на

ППП 9 (умеренно изреженном рубками) и на ППП (сильно изреженном рубками).

Одним из важных лесохозяйственных результатов рубок ухода является увеличение среднего диаметра и запаса крупномерных стволов. Также это свидетельствует о повышении устойчивости древостоев, поскольку связано с лучшим развитием крон деревьев [19, 20]. Средний диаметр древостоев за 20 лет с начала опыта увеличился в контроле и при рубках до средней интенсивности на 37–46 %, а при сильной интенсивности на 49–54 % (по ТХР – на 53 %, по модели – на 45 %). Средний диаметр на семенном участке (ППП 12) был выше, чем на контроле на 25 %, а в остальных древостоях – на 2–12 %. За следующие 40 лет средний диаметр увеличился на 45–54 %, не обнаружив зависимости от интенсивности рубок ухода и массового усыхания (по ТХР – на 60 %, по модели – на 59 %). Наибольшим остался средний диаметр на семенном участке, превышая значение на контроле на 26 %, в то время как остальные древостои – на 7–14 %.

Запас крупномерных стволов в 1975 году на ППП 8 и 12 был наибольшим, превышая контроль на 46 и 47 %, благодаря высокому среднему диаметру дуба на ППП 8 и первого яруса на ППП 12. В период массового усыхания шёл отпад и крупномерных деревьев. К 2015 году запас крупномерных стволов тесно коррелирует с запасом древостоя ($r = 0,93$), составляя 83–96 % его величины во всех древостоях кроме контроля (73 %). Последнее объясняется более низким средним диаметром, из-за более высокой густоты и усыхания двувёршинных и заражённых ложным дубовым трутовиком крупномерных деревьев, на других ППП удалённых при рубках.

Наибольшая общая производительность (включая вырубленную древесину и отпад) к 2015 году зафиксирована во всех древостоях, пройденных рубками ухода от слабой до средней интенсивности, в том числе на ППП 14, сильно пострадавшей от массового усыхания (ППП 8, 10, 11, 14) –

783–797 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Максимальное её значение сходно с величиной по ТХР полных древостоев [14] и на 45 % ниже, чем по модели эталонных дубрав [15]. Показатели на контроле и семенном участке (ППП 15 и 12) на 6 и 7 % ниже максимального значения, а на наиболее пострадавших от усыхания ППП 13 и 9 – ниже на 12 и 19 %. Можно не опасаться снижения к возрасту спелости запаса и общей производительности при интенсивности прореживаний в 40-летнем возрасте до 30 %.

G элемента леса дуба за 30 лет после усыхания не увеличилась выше критических 17 $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$. Таким образом, массовое усыхание дуба можно рассматривать как регулирующее плотность его ценопопуляции и тем самым повышающее устойчивость насаждения.

Выводы

1. Рубки ухода оказали положительное влияние на прирост по запасу и стабильность роста первого яруса. Относительный среднепериодический прирост был положительно связан с интенсивностью рубок ухода всех трёх приёмов. В период массового усыхания дуба он взаимосвязан с интенсивностью массового отпада 1976–1979 гг. отрицательно, а в восстановительный период – положительно.

2. В период массового усыхания прирост дуба снизился на 46 % по сравнению с первым десятилетием и на 30 % – со вторым, а прирост первого яруса практически не уменьшился за счёт его увеличения у сопутствующих пород.

3. Интенсивность отпада дуба в период массового усыхания тесно коррелировала с его запасом и при этом не зависела от запаса древостоя. Доля дуба в отпаде первого яруса составила 90 % при его участии в запасе – 66 %. Отпад древостоя за десять лет доходил на ППП до 150 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а снижение запаса – до 105 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

4. К 105-летнему возрасту наибольшего запаса (в т. ч. крупномерных стволов) и общей производительности достигли древостои, пройденные рубками ухода

до средней интенсивности включительно и слабо пострадавшие от массового усыхания дуба.

5. С целью повышения устойчивости дубрав к повреждениям листогрызущими

насекомыми (при высоком их риске) необходимо поддерживать участие дуба по сумме площадей сечений не более $16 \text{ м}^2 \text{га}^{-1}$, что в полных древостоях соответствует 50 % по запасу.

Список литературы

1. Сеннов С. Н. Рубки ухода за лесом. М.: Лесная промышленность, 1977. 160 с.
2. Zeide B. Thinning and growth: a full turn-around // *Journal of Forestry*. 2001. Vol. 99. No 1. Pp. 20-25.
3. D'Amato A.W., Bradford J.B., Fraver S., Paalik B.J. Forest management for mitigation and adaptation to climate change: Insights from long-term silviculture experiments // *Forest Ecology and Management*. Vol. 262. No 5. Pp. 803-816.
4. Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. 416 с.
5. Кузьмичев В.В. Изреживание и рост лесных культур: монография. М.: РГАУ-МСХА, 2015. 150 с.
6. Skovsgaard J.P., Vanclay J.K. Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands // *Forestry*. 2008. Vol. 81. No 1. Pp. 13-31.
7. Молчанов А.А. Воздействие антропогенных факторов на лес: монография. М.: Наука, 1978. 138 с.
8. Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? / Т. Hlásny, C. Mátyás, R. Seidl et al. // *Lesnícky časopis – Forestry Journal*. 2014. Vol. 60. No 1. Pp. 5-18.
9. Forecasting tree growth in coppiced and high forests in the Czech Republic. The legacy of management drives the coming *Quercus petraea* climate responses / M. Stojanovića, R. Sánchez-Salguero, T. Levaniče et al. // *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 405. Pp. 56–68.
10. The Condition of Forests in Europe: executive report. Hamburg, ICP Forests, 2011. Access: <https://www.icp-forests.org/pdf/ER2011.pdf/> (date of reference: 30.05.2018).
11. Соловьев А.А. Рубки ухода в Теллермановской дубраве // Биогеоэкологические исследования в дубравах лесостепной зоны. М.: АН СССР, 1963. С. 146-157.
12. Состояние дубрав лесостепи / Под ред. А.Я. Орлова и В.В. Осипова. М.: Наука, 1989. 230 с.
13. Соловьев А.А. Эффективность рубок ухода разной интенсивности в дубовых древостоях // Взаимоотношения компонентов биогеоценоза в лиственных молодняках. М.: Наука, 1970. С. 225-235.
14. Shvidenko A., Shchepashchenko D.G., Nilsson S. et al. Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of Northern Eurasia: standard and reference materials. M., 2008. 886 p. Access: http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/FOR/forest_cdr om/Articles/THR.pdf / (date of reference: 30.05.2018).
15. Мусиевский А.Л. Программа формирования эталонных семенных дубрав лесостепной и степной зон // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 6. С. 70-77.
16. Истомина Я.Г., Каплина Н.Ф. Многолетний опыт по влиянию рубок ухода на нагорные искусственные насаждения дуба черешчатого южной лесостепи // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 4. С. 72-81.
17. Ильюшенко А.Ф., Романовский М.Г. Формирование вторичной кроны дуба и ее роль в динамике состояния древостоев // Лесоведение. 2000. № 3. С. 65-72.
18. Каплина Н.Ф. Динамика прироста деревьев в нагорных антропогенных дубравах южной лесостепи // Лесоведение. 2006. № 4. С. 3 - 11.
19. Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. 2009. № 3. С. 32 - 42.
20. 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.

Статья поступила в редакцию 21.05.18.

Информация об авторах

ИСТОМИНА Яна Гумаровна – главный специалист ФГКУ «Рослесресурс». Область научных интересов – продуктивность и устойчивость дубрав, рубки ухода. Автор шести публикаций.

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

UDC 630*243::630*453::630*5
DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.41

60-YEAR DYNAMICS OF THE UPLAND STANDS OF QUERCUS ROBUR IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE IN CONNECTION WITH THINNING AND MASS DECLINE

Ya. G. Istomina¹, N. F. Kaplina²

¹ Federal State-Owned Enterprise "Roslesresurs",
39A, Varshavskoe shosse, Moscow, 117105, Russian Federation
E-mail: biktimirovayana@gmail.com

² Institute of Forest Science of RAS,
21, Sovetskaya St., Uspenskoe, Moscow region, 143030, Russian Federation
E-mail: kaplina@inbox.ru

Keywords: *Quercus robur*; southern forest-steppe; thinning; mass oak decline.

ABSTRACT

Introduction. Current state of oak forests requires an assessment of risks of reduce of their productivity and mass decline and enhancing the sustainability in forestry practice. **The aim** of the paper is to analyze the influence of thinning and mass decline of oak on stability and productivity of the overstory stands. Three periods in dynamics of upland oak forests of natural origin were studied: thinning (20 years), mass oak decline (10 years), and restoration (30 years). **Results.** During the first period, three modes of thinning were performed. In the first mode, both absolute and relative values of average-period increments and stock changes were offered, in the second mode – only relative ones, in the third mode – only relative increment tightly correlated with thinning intensities ($r > 0.9$). In the period of mass oak decline (1976-1985), the ranging of stands by their productivity was violated. The relative increment negatively depended on intensity of the dying off in 1976-1979. The increment of forest stands did not practically decrease (in contrast to that of oak) for the expense of associate species. The share of oak in the dying off in the overstory was 90% at its 66% share in the stock. The dying off in the overstory for 10 years reached $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, and the stock decrease – up to $105 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. The dying off intensity of oak for 10 years correlated with its stock in 1973 ($r = 0.92$) and did not depend on the stock of forest stand. The oak value $G > 17 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ can be considered critical, with intensity of its dying off 55-64%. During the recovery period, the relative increment and stock change positively correlated with intensity of dying off in 1975-1985 ($r > 0.6$). The increment of forest stands increased in comparison with previous periods due to associated species and to a lesser extent due to oak. After 1998, a decrease of stock in control was fixed. Thus, thinning had positive influence on increment in stock and stability of growth of the overstory. By 105-year age, oak stands slightly and moderately thinned and weakly affected by mass decline reached largest stocks (including large-size trees). Mass oak decline can be considered as regulating in its populations density. Aiming to increase the sustainability of mixed forest stands to damages by leaf-eating insects (at high risk) one should support the value of oak basal area not exceeding $16 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

REFERENCES

1. Sennov S.N. *Rubki ukhoda za lesom* [Felling to Care for a Forest]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1977. 160 p. (In Russ.).
2. Zeide B. Thinning and Growth: a Full Turnaround. *Journal of Forestry*. 2001. Vol. 99. No 1. Pp. 20-25.
3. D'Amato A.W., Bradford J.B., Fraver S. et al. Forest Management for Mitigation and Adaptation to Climate Change: Insights from Long-Term Silviculture Experiments. *Forest Ecology and Management*. Vol. 262. No 5. Pp. 803-816.
4. Demakov Yu. P. *Diagnostika ustoychivosti lesnykh ekosistem: metodologicheskie i metodicheskie aspekty* [Diagnostics of Forest Ecosystems Sustainability: Methodological and Methodical Aspects]. Yoshkar-Ola: Periodika Mariy El, 2000. 416 p. (In Russ.).
5. Kuzmichev V.V. *Izrezhivanie i rost lesnykh kultur* [Thinning and Growth of Artificial Stands]. Moscow: RGAU-MSKHA, 2015. 236 p. (In Russ.).
6. Skovsgaard J.P., Vanclay J.K. Forest Site Productivity: a Review of the Evolution of Dendrometric Concepts for Even-Aged Stands. *Forestry*. 2008. Vol. 81. No 1. Pp. 13-31.
7. Molchanov A.A. Vozdeystvie antropogenykh faktorov na les [The Impact of Anthropogenic Factors on the Forest]. Moscow: Nauka, 1978. 138 p. (In Russ.).
8. Hlásny T., Mátyás C., Seidl R. et al. Climate Change Increases the Drought Risk in Central European Forests: What are the Options for Adaptation? *Lesnícky časopis - Forestry Journal*. 2014. Vol. 60. No 1. Pp. 5-18.

9. Stojanovića M., Sánchez-Salguero R., Levaniče T. et al. Forecasting Tree Growth in Coppiced and High Forests in the Czech Republic. The Legacy of Management Drives the Coming Quercus Petraea Climate Responses. *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 405. Pp. 56–68.
10. The Condition of Forests in Europe [Electronic source]: executive report. Hamburg, ICP Forests, 2011. URL: <https://www.icp-forests.org/pdf/ER2011.pdf> / (Reference date: 30.05.2018).
11. Solovev A.A. Rubki ukhoda v Tellermanovskoy dubrave [Thinning in the Tellermanovskaya Oak Grove]. *Biogeotsenoticheskiye issledovaniya v dubravakh lesostepnoy zony* [Biogeocentical Researches in the Oak Groves of Forest-Steppe Zone]. Moscow: AN SSSR, 1963. Pp. 146-157. (In Russ.).
12. Sostoyanie dubrav lesostepi. Pod red. A.Ya Orlova i V.V. Osipova [The State of Oak Groves in Forest-Steppe. Edited by Orlov A.Ya. and Osipov V.V.]. Moscow: Nauka, 1989. 230 p. (In Russ.).
13. Solovev A.A. Effektivnost rubok ukhoda raznoy intensivnosti v dubovykh drevostoyakh [Efficiency of Thinning of Different Intensity in Oak Forest Stands]. *Vzaimootnosheniya komponentov biogeotsenoza v listvennykh molodnyakakh* [Relationships of Components of Biogeocenosis in Deciduous Saplings]. Moscow: Nauka, 1970. Pp. 225-235. (In Russ.).
14. Shvidenko A., Shchepashchenko D.G., Nilsson S. et al. Tables and Models of Growth and Productivity of Forests of Major Forest Forming Species of Northern Eurasia: Standard and Reference Materials. Moscow, 2008. 886 p. URL: http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/FOR/forest_cdr om/Articles/THR.pdf / (Reference date: 30.05.2018).
15. Musievskiy A.L. Programma formirovaniya etalonnnykh semennykh dubrav lesostepnoy i stepnoy zon [The Program of Standard Seed Oak Groves Formation for Forest-Steppe and Steppe Zones]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of Higher Educational Institutions. Forestry Journal]. 2010. No 6. Pp. 70-77. (In Russ.).
16. Istomina Ya.G., Kaplina N.F. Mnogoletniy opyt po vliyaniyu rubok ukhoda na nagornyye iskustvennyye 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. Ilushenko A.F., Romanovskiy M.G. Formirovaniye vtorichnoy krony duba i ee rol v dinamike sostoyaniya drevostoyev [Development of Secondary Oak Crown and Its Role in the Dynamics of Stand Condition]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 2000. No 3. Pp. 65-72. (In Russ.).
18. Kaplina N.F. Dinamika prirosta derev v nagornyykh 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.).
19. 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.).
20. Kaplina N.F., Selochnik N.N. Tekushchee i dolgovremennoe sostoyaniye duba chereshchatogo v trekh kontrastnykh tipakh lesa yuzhnoy lesostepi [Current and Long-Term State of English Oak in Three Contrasting Forest Types in Southern Forest-Steppe]. *Lesovedeniye* [Silviculture]. 2015. No 3. P. 191-201. (In Russ.).

The article was received 21.05.18.

For citation: Istomina Ya. G., Kaplina N. F. 60-year Dynamics of the Upland Stands of Quercus Robur in the Southern Forest-Steppe in Connection with Thinning and Mass Decline. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2018. No 2(38). Pp. 41–51. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.41

Information about the authors

ISTOMINA Yana Gumarovna – Senior Specialist of Federal State-Owned Enterprise “Roslesresurs”. Research interests – oak groves productivity and sustainability, thinning. The author of 6 publications.

KAPLINA Natalia Fedotovna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Forest Science of RAS. Research interests – forest ecology. The author of 90 publications.