

УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЕ ДУБРАВ НА ПЛАКОРАХ И СКЛОНАХ ПРИВОЛЖСКОЙ И ЕРГЕНИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТЕЙ И РАВНИНАХ САЛО-МАНЫЧСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

А.С. Манаенков

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН

Зав. лабораторией защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель,
гл. науч. сотр., д-р с.-х. наук; e-mail: manaenkov1@yandex.ru

Искусственные дубравы на юге Европейской России имеют большое природоохранное и хозяйственное значение. Широкая практика их создания в сухой степи и полупустыне относится к 1950–1970-м гг. и позволяет формировать насаждения дуба (*Quercus robur* L.) долговечностью до 40–60 лет. Цель исследования – изучить особенности роста дубрав в разных почвенно-климатических, биоценологических условиях и разработать приемы повышения их долговечности.

Исследования проводились в 2011–2016 гг. на юге Приволжской, в северной части Ергенинской возвышенностях и низменных равнинах Сало-Манычского междуречья на 28 временных пробных площадях с использованием общепринятых методов лесной таксации и регрессионного анализа данных.

Установлено, что ограничивают жизнеспособность дуба невыгодное положение насаждений в рельефе, повышенная сухость климата (КУ 0,4–0,6), высокое содержание почвенных карбонатов и близкое залегание горизонта их скопления, а также наличие кустарникового яруса, других конкурентов за влагу. В этих условиях преимущество должно получить облесение понижений на плакорах и теневых склонах чистыми культурами дуба и других пород без кустарника. Приемы их создания должны иметь свои модификации в зависимости от положения лесокультурной площади в рельефе местности и сухости климата.

Так, в понижениях основную обработку почвы можно проводить 1–2 года по системе черного пара с плантажной вспашкой. Целесообразны 3,5–4,0-метровые междурядья, частые агротехнические уходы, интенсивные прочистки в молодняках. Сформировавшиеся насаждения нуждаются в бережных санитарно-селективных рубках преимущественно низового типа с сохранением высокой сомкнутости лесного полога. Ухудшение влагообеспеченности и состояния насаждений здесь следует предупреждать устройством запруд.

На плоских участках создают мелиоративные насаждения невысокой товарности по 2–3-летней и более глубокой основной обработке почвы. Обеспечивают рыхление карбонатного горизонта и формируют большой запас влаги. Целесообразны 2,5–3,0-метровые междурядья, ускоряющие смыкания культур. Площадь питания деревьев расширяют низко интенсивными равномерно-селективными рубками, формируя неплотно-сомкнутые насаждения.

Долговечность дуба в ранее созданных насаждениях повышают устранением его конкурентов: живого напочвенного покрова, кустарника, сопутствующих пород.

Ключевые слова: засушливый климат, типы каштановых почв, развитие культур дуба, приемы повышения долговечности

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.3.5

ВВЕДЕНИЕ

В защитном лесоразведении на зональных почвах засушливых областей Европейской России наиболее ценной породой издавна считается дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) [Высоцкий, 1960а, 1960б; Степанов, 1949]. За продолжительный период лесокультурной практики и научных исследований изучены базовые лесозокологические [Краевой, 1968; Качинский, 1971], агротехнические, лесокультурные [Высоцкий, 1960в; Кирюков, 1961; Титова, 1982; Трещевский, 1963; Краевой, 1968; Качинский, 1971], биоценологические и лесоводственные [Никитин, 1963; Боровинская, Григорьев, 1971;

Годнев и др., 1969; Годнев, 1978; Годнев, 1983] императивы создания и выращивания как полосных, так и массивных дубрав. Недостаточно широкое использование этой породы в защитном лесоразведении в последнее время в основном объясняется трудоемкостью и относительной затратностью выращивания насаждений. Вместе с тем нерешенной остается проблема повышения долговечности как вновь создаваемых, так и утрачивающих жизнеспособность древостоев дуба разных периодов создания на типах каштановых почв сухой степи и полупустыни [Ерусалимский, Власенко, 2011; Ерусалимский, Власенко, 2012; Манаенков и др., 2012;

Манаенков и др., 2013; Манаенков, 2016], которая в большинстве случаев не превышает 40–60 лет. Очевидно, что она является результирующей сложного воздействия на устойчивость ростовых процессов и состояние деревьев различных совокупностей биоэкологических факторов [Каплина, Селочник, 2009; Каплина, Жиренко, 2012; Каплина, 2020; Манаенков, 2017] и нуждается в дополнительном изучении. Однако, несмотря на большую экологическую, ландшафтообразующую и рекреационно-хозяйственную ценность степных дубрав, в последней четверти XX в. в нашей стране произошло резкое сокращение работ по лесной мелиорации плакоров и склонов засушливой зоны. А вместе с этим – и научных исследований в искусственных дубравах.

Исследования за рубежом в основном посвящены изучению реакции роста дуба на изменение климата и оценке перспективы разведения дубрав в новых условиях [Gillner et al., 2013; Prolic, Goldblum, 2016; Perkins et al., 2018], а также решению частных агротехнических задач при их искусственном восстановлении [Castro et al., 2015; Woods et al., 2022].

Цель исследования – изучить особенности роста дубрав в разных почвенно-климатических и биоценологических условиях, разработать приемы повышения их долговечности.

ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований служили 30–60-летние чистые и смешанные насаждения дуба черешчатого «промышленных дубрав» и государственной лесной полосы Воронеж – Ростов-на-Дону на незасоленных и слабозасоленных, преимущественно тяжелосуглинистых почвах плакоров и склонов, расположенных на юге Приволжской возвышенности (Дубовский район Волгоградской области), западных отрогах Ергеней (Октябрьский, Котельниковский районы Волгоградской области и Сарпинский район республики Калмыкия) и низменных равнинах Сало-Манычского междуречья (Зимовниковский и Орловский районы Ростовской области). Климат территории континентальный засушливый. Норма осадков 300–400 мм/год, испаряемость 700–750 мм/год. Коэффициент увлажнения (КУ) 0,4–0,6. Почвы светло-каштановые, каштановые и темно-каштановые комплексные. Содержание физической глины в слое 0–150 см колеблется в пределах 41–61%, водорастворимых солей 0,05–0,15%, в том числе хлора 0,011–0,034%. Содержание карбонатов увеличивается вниз по профилю и составляет 5–50%. Глубина залегания горизонта их скопления изменяется от 45 до 115 см, а верхнего горизонта грунтовой воды 10–15 м и более. Продолжительность активного роста насаждений 35–60 лет.

Путем изучения материалов лесоустроительных отчетов 2004–2005 гг. и консультаций со специалистами лесничеств были получены предварительные сведения об истории создания, параметрах и местоположении островных и полосных дубрав на территории выбранного региона. Из них следует, что при создании насаждений дуба наибольшее распространение получили однолетнее парование почвы, квадратно-гнездовой и строчно-луночный способы посева желудей через 5–6 м между рядами, длительный период (12–15 лет) агротехнических уходов, а при введении кустарника между рядами дуба – периодическая (через 2–3 года) омолаживающая рубка кустов. Большим недостатком практики выращивания насаждений оказалась неполная обеспеченность несомкнувшихся культур уходами за почвой, а молодняков дуба – рубками ухода.

В процессе рекогносцировочного обследования подбирали различные по возрасту, состоянию и местоположению в рельефе насаждения с большим участием дуба (50–100%) в составе и шириной междурядий 2,5–6 м. Детальное описание насаждений, таксацию древостоя, отбор модельных деревьев проводили в 2011–2016 гг. с использованием общепринятых методов лесной таксации на 28 временных пробных площадях размером от 0,25 до 0,50 га, на которых имелось не менее 100 живых деревьев. Пробные площади закладывали в наиболее характерной части насаждений. На каждой пробной площади методом перечислительной таксации определяли таксационные показатели древостоя и параметры среднего дерева. Отбирали и срубали по три модельных (средних) дерева с последующим инструментальным измерением линейного и радиального прироста древесины, осреднением данных. Строение почвенного профиля с отбором образцов на анализы изучали до глубины промачивания атмосферными осадками (1,5–2,0 м) методом бурового зондирования [Анучин, 2004; Родин, Мерзленко, 1984; Методика..., 1985].

Статистический анализ данных полевых наблюдений и материалов лабораторных исследований проводили на ЭВМ с использованием типовой программы STATGRAPHICS plus 5. Оценку уровня связи таксационных показателей и состояния древостоя с изучаемыми факторами – по Б.А. Доспехову [Доспехов, 1965]. Анализы образцов почвы на гранулометрический состав, наличие водорастворимых солей, содержание карбонатов выполнены почвенной лабораторией ФНЦ агроэкологии РАН (б. ВНИАЛМИ) по соответствующим методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Таксационные характеристики, ход роста древостоев, физико-химические свойства почвы приве-

дены в ряде ранее опубликованных работ [Манаенков и др., 2012; Манаенков и др., 2013; Манаенков, 2016]. В результате анализ этих данных установлено, что на рост дуба в условиях дефицита атмосферного увлажнения большое влияние оказывают экологические, так и лесокультурные, а в сформировавшихся насаждениях — биоценотические

факторы (табл.). Это влияние трансформируется с возрастом древостоя. Наиболее очевидные различия в развитии насаждений в схожих почвенно-климатических условиях накладывают их положение в рельефе местности и породный состав, особенно отсутствие или наличие значительной доли кустарника (30–50%), состояние напочвенного покрова.

Таблица

Регрессионный анализ хода роста дуба черешчатого в культурах на плакорах и склонах в сухостепной и полупустынной зонах ЕТР

Фактор	Средняя высота, м		Средний диаметр, см	
	r	r^2	r	r^2
Насаждения без кустарника в понижениях: в 10 лет				
Норма осадков, мм/год	0,04	0,2	–0,35	12,1
Густота древостоя, шт./га	–0,71	50,8	–0,46	21,1
Ширина междурядий, м	–0,58	33,7	0,46	21,2
Содержание физической глины, %	–0,24	5,9	0,46	21,5
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,95	90,3	0,14	1,9
Содержание карбонатов, %	–0,57	32,0	–0,21	4,4
Содержание хлоридов, %	–0,11	1,2	–0,39	14,9
В 20–30 лет				
Норма осадков, мм/год	0,23...0,37	5,3...13,9	–0,71...–0,68	50,8...46,1
Густота древостоя, шт./га	–0,85...–0,77	72,5...58,5	–0,15...–0,19	2,2...3,4
Ширина междурядий, м	–0,49...–0,73	24,4...53,8	0,01...0,08	0,1...0,6
Содержание физической глины, %	–0,38...–0,59	14,2...34,3	0,63...0,57	39,2...32,2
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,93...0,99	85,9...97,0	0,36...0,44	13,0...19,1
Содержание карбонатов, %	–0,37...0,35	13,5...12,1	–0,77...–0,80	59,1...63,9
Содержание хлоридов, %	0,08	0,7	–0,79	62,7
В 40–50 лет				
Норма осадков, мм/год	0,61...85	36,9...71,4	–0,69...–0,57	47,7...32,1
Густота древостоя, шт./га	–0,93...–0,93	85,6...86,1	–0,17...–0,27	3,1...7,2
Ширина междурядий, м	–0,53...–0,20	26,5...4,1	0,19...0,41	3,4...16,7
Содержание физической глины, %	–0,72...–0,81	51,2...66,4	0,67...0,64	44,8...40,7
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,86...0,55	74,6...30,7	0,24...0,17	5,9...1,2
Содержание карбонатов, %	–0,02...0,42	0,1...17,7	–0,64...–0,40	41,0...16,1
Содержание хлоридов, %	0,48...0,77	23,0...59,4	–0,75...–0,60	56,5...36,5
Насаждения с кустарником в понижениях: в 10 лет				
Норма осадков, мм/год	0,80	64,1	0,42	17,6
Густота древостоя, шт./га	–0,09	0,9	–0,56	30,9
Ширина междурядий, м	0,22	5,0	–0,27	7,2
Содержание физической глины, %	0,50	25,4	0,86	73,1
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,67	43,1	0,22	4,7
Содержание карбонатов, %	–0,25	6,3	–0,68	46,6
Содержание хлоридов, %	0,79	62,3	0,40	16,1

Фактор	Средняя высота, м		Средний диаметр, см	
	r	r^2	r	r^2
В 20–30 лет				
Норма осадков, мм/год	0,31...0,47	9,6...22,3	0,40...0,05	16,1...0,2
Густота древостоя, шт./га	–0,65...0,51	42,2...25,7	–0,57...–0,83	32,9...68,4
Ширина междурядий, м	–0,38...–0,21	14,5...4,5	–0,29...–0,061	8,4...37,2
Содержание физической глины, %	0,91...0,96	82,8...91,8	0,87...0,90	75,0...79,9
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,10...–0,58	1,1...33,4	0,20...0,14	3,8...1,9
Содержание карбонатов, %	–0,76...–1,00	58,4...100,0	–0,70...–0,74	48,8...54,6
Содержание хлоридов, %	0,29...0,33	8,4...10,7	0,38...0,33	14,5...10,7
В 40–50 лет				
Норма осадков, мм/год	0,69...0,88	47,1...77,0	0,44...0,89	19,1...73,8
Густота древостоя, шт./га	–0,26...0,05	6,9...0,2	–0,54...0,01	29,1...0,1
Ширина междурядий, м	0,05...–0,70	0,3...48,9	–0,25...–0,06	6,2...0,4
Содержание физической глины, %	0,65...–0,96	41,8...91,1	0,85...–0,92	71,3...84,0
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,52...0,94	26,6...87,5	0,24...0,61	5,6...37,2
Содержание карбонатов, %	–0,42...–0,72	17,3...51,4	–0,67...–1,00	44,7...99,2
Содержание хлоридов, %	0,67...1,0	45,1...99,2	0,42...0,97	17,9...94,95
Насаждения без кустарника на пологих склонах и плоских участках: в 10 лет				
Норма осадков, мм/год	0,36	13,2	0,87	75,4
Густота древостоя, шт./га	–0,01	0,1	0,32	9,9
Ширина междурядий, м	–0,70	48,9	–0,06	0,4
Содержание физической глины, %	–0,96	91,1	–0,92	84,0
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,94	87,5	0,61	37,2
Содержание карбонатов, %	–0,72	51,4	–1,00	99,2
Содержание хлоридов, %	1,00	99,2	0,97	94,9
В 20–30 лет				
Норма осадков, мм/год	0,40...0,60	15,7...35,7	0,92...0,85	84,0...72,2
Густота древостоя, шт./га	0,04...0,12	0,2...1,4	–0,03...0,21	0,1...4,2
Ширина междурядий, м	–0,67...–0,48	44,6...23,0	0,55...0,80	30,2...64,0
Содержание физической глины, %	–0,97...–1,00	93,4...99,9	–0,34...–0,11	11,7...1,8
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,92...0,87	84,7...74,8	0,12...–0,22	1,5...4,7
Содержание карбонатов, %	–0,75...–0,88	55,8...76,9	–0,63...–0,51	39,1...25,5
Содержание хлоридов, %	1,00...0,99	98,5...98,5	0,36...–0,73	12,7...53,4
В 40–50 лет				
Норма осадков, мм/год	0,70...0,67	48,4...44,7	0,95...0,91	89,2...83,5
Густота древостоя, шт./га	–0,36...–0,37	12,7...13,7	0,13...–0,15	1,8...2,4
Ширина междурядий, м	–0,27...–0,31	7,2...9,5	0,62...0,32	38,3...10,1
Содержание физической глины, %	–0,73...–0,81	53,6...65,2	–0,09...–0,52	0,7...27,1
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,82...0,85	67,2...71,7	0,18...0,37	3,3...13,7
Содержание карбонатов, %	–0,63...–0,71	39,4...50,1	–0,21...0,70	4,4...49,3
Содержание хлоридов, %	0,86...0,87	74,2...75,2	0,44...0,65	19,3...41,7

Фактор	Средняя высота, м		Средний диаметр, см	
	r	r^2	r	r^2
Насаждения с кустарником на пологих склонах и плоских участках: в 10 лет				
Норма осадков, мм/год	–0,17	2,8	–0,88	76,8
Густота древостоя, шт./га	–0,65	41,8	0,17	2,8
Ширина междурядий, м	0,27	7,3	0,26	6,5
Содержание физической глины, %	–0,19	3,5	0,08	0,7
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,12	1,3	–0,91	81,2
Содержание карбонатов, %	–0,47	21,3	–0,22	5,0
Содержание хлоридов, %	0,31	9,3	–0,38	14,3
В 20–30 лет				
Норма осадков, мм/год	0,66...0,97	43,5...93,7	–0,82...–0,70	65,1...49,2
Густота древостоя, шт./га	–0,37...0,16	13,4...2,5	–0,29...–0,27	8,4...7,4
Ширина междурядий, м	–0,19...–0,45	3,7...19,8	0,44...0,42	19,6...17,5
Содержание физической глины, %	–0,23...–0,13	5,4...1,7	–0,05...–0,06	0,2...0,3
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,81...0,90	66,1...80,9	–0,65...–0,55	41,8...30,4
Содержание карбонатов, %	–0,04...0,43	0,1...18,1	–0,44...–0,37	19,0...13,9
Содержание хлоридов, %	0,50...0,58	25,2...33,3	0,27...0,40	7,4...15,9
В 40–50 лет				
Норма осадков, мм/год	0,98...0,90	95,6...80,4	–0,35...–0,02	12,3...0,1
Густота древостоя, шт./га	0,25...0,36	6,4...12,6	–0,09...0,21	0,8...4,2
Ширина междурядий, м	–0,63...–0,82	39,6...66,9	0,15...–0,19	2,4...3,7
Содержание физической глины, %	–0,27...–0,45	7,3...20,1	–0,21...–0,37	4,2...13,4
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	0,93...0,88	86,0...77,6	–0,23...0,04	5,3...0,2
Содержание карбонатов, %	0,39...0,28	14,5...8,0	–0,19...0,03	3,4...0,1
Содержание хлоридов, %	0,52...0,42	27,4...17,9	0,70...0,90	49,6...81,6

Примечание: r – коэффициент корреляции, r^2 – коэффициент детерминации.

Так, в насаждениях без кустарникового подлеска, расположенных в понижениях местности, где обеспечивается дополнительное увлажнение почвы перераспределенной влагой осадков (снеговой, поверхностным стоком жидких осадков), норма атмосферных осадков, содержание физической глины и водорастворимых солей в суглинистой почве на рост дубков в высоту в первое десятилетие жизни практически не сказываются. Это обусловлено высокой влагообеспеченностью молодняка в этот период при проведении агротехнических уходов и наличия буферного запаса влаги в почве. Но повышенная густота гнезд и рядов, широкие междурядья и большое содержание карбонатов в почве заметно угнетают его ($r = -0,71$, $-0,58$ и $-0,57$). Очевидно, что широкие междурядья и большое содержание почвенных карбонатов приводят к повышению освещенности дубков и сокращению полезной влагоёмкости их ризосферы. Прирост по диаметру в этом

возрасте, напротив, со средней силой ингибируют увеличение нормы осадков ($r = -0,35$) и высокая густота культур, наличие хлора в составе водорастворимых солей. Это вызвано тем, что с повышением увлажненности местообитания ускоряется и развитие дубков, раньше возникает эффект чрезмерной густоты культур. Угнетающее влияние хлоридов на рост дуба в толщину, по-видимому, проявляется во второй половине вегетации, при сильном иссушении верхнего слоя ризосферы густым молодняком и концентрации в ней солей.

С возрастом культур благотворное влияние повышенной суммы атмосферных осадков на их рост в высоту постепенно усиливается, достигая максимума в 40–50 лет ($r = 0,61$ – $0,85$). Это свидетельствует о росте дефицита влагообеспеченности насаждений в связи с постепенным снижением сомкнутости лесного полога и задернением почвы степными травами. Относительно глубокое в понижениях залега-

ние карбонатного горизонта стимулирует развитие дуба в высоту на протяжении всей жизни ($r = 0,95-0,55$), а высокое содержание почвенных карбонатов по мере увеличения объема его ризосферы снижает свое негативное влияние. К 40 годам оно становится незаметным, а позднее положительным.

Повышенная густота древостоя дуба, напротив, сильно угнетает его рост в высоту до 50 лет ($r = -0,77...-0,93$), возможно, и дольше. А утяжеление состава почвы и увеличение ширины междурядий – после смыкания культур (в 20–30 лет $r = -0,73$), т. е. после значительного снижения проницаемости для осадков лесного полога и их увлажняющей эффективности, особенно в теплый период.

В понижениях на рост дуба в толщину со второго десятилетия жизни несколько усиливается негативное влияние повышенной нормы осадков ($r = -0,71...-0,57$), что можно объяснить высокой сохранностью и чрезмерной густотой молодняка в лучших условиях увлажнения, недостатком лесоводственных уходов. До 40 лет сдерживает этот рост и повышенное содержание в почве хлоридов ($r = -0,79...-0,75$), а также карбонатов ($r = -0,77...-0,64$), а ширина междурядий и глубина залегания карбонатного горизонта для роста дуба по диаметру в жердняках и средневозрастных насаждениях теряет свое значение ($r = 0,01-0,19$ и $0,36-0,24$). Напротив, с повышением содержания глины в верхнем 1,5-метровом слое средняя толщина его стволов в таких насаждениях увеличивается и свидетельствует о возрастающей роли перераспределенной влаги в их питании.

В насаждениях без кустарникового подлеска на пологих склонах и плоских участках местности, где выпадающая влага слабо перемещается по поверхности, повышение нормы атмосферных осадков, глубины залегания карбонатного горизонта и содержания хлоридов в почве (в нетоксичной концентрации) ускоряют рост культур дуба в высоту уже с первого десятилетия ($r = 0,36, 0,94$ и $1,00$). Роль последнего фактора мало понятна и нуждается в дополнительном изучении (возможно, что она связана с высокой потребностью молодых растений в элементах минерального питания и относительно высокой влажностью почвы в период проведения агротехнических уходов). Напротив, широкие междурядья, тяжелый состав почвы и повышенное содержание в ней карбонатов снижают среднюю высоту молодняка ($r = -0,70, -0,96$ и $-0,72$), а густота гнезд и рядов культур влияния на нее практически не оказывают.

Положительная связь нормы осадков и средней высоты насаждений с возрастом усиливается ($r = 0,40-0,70$), а с глубиной залегания карбонатного горизонта, которая на этих участках мало варьи-

рует, остается тесной на протяжении всего периода жизни ($r = 0,94-0,82$). Тяжелый состав почвы вследствие снижения эффективности теплых осадков, напротив, сильно сдерживает рост культур в высоту с первых лет до последних ($r = -0,96...-0,81$), а повышенное содержание в ней карбонатов – до 30 лет ($r = -0,72...-0,88$), и затем несколько снижает свое влияние (в 40 лет $r = -0,63$).

Средний диаметр стволов дуба в этих условиях в 10-летнем молодняке также имеет сильную положительную связь с нормой атмосферных осадков ($r = 0,87$), несколько меньшую – с глубиной залегания карбонатного горизонта ($r = 0,61$), а ширина междурядий на него не влияет. Заметно снижают толщину деревьев в молодняках тяжелый гранулометрический состав почвы и высокое содержание почвенных карбонатов ($r = -0,92$ и $-1,00$). Эти факторы в совокупности отрицательно влияют на увлажняющую эффективность осадков теплого периода, полезную влагоемкость ризосферы молодых культур и корнепроницаемость почвогрунта в слабо увлажненном состоянии. В этих условиях после 10 лет густота посевных гнезд и рядов на росте дуба в толщину сказывается слабо, что может быть следствием их сильного угнетения в засушливые годы и замедленного развития. Положительное влияние на него большей нормы осадков и ширины междурядий значительно усиливается (r до $0,95$ и $0,80$), а влияние гранулометрического состава суглинистой почвы и небольшой глубины залегания карбонатного горизонта становится почти незаметным. Однако большое содержание почвенных карбонатов продолжает угнетать рост дуба в толщину (r до $-0,70$).

В насаждениях с кустарником и в понижениях местности рост дубков в высоту уже в первом десятилетии сильно зависит от нормы осадков ($r = 0,80$). А в следующем – по-видимому, вследствие смыкания крон дуба и угнетения роста кустарника под его пологом – ее влияние становится слабее ($r = 0,31$). Однако в среднем и старшем возрасте оно снова становится значительным и достигает максимума в 40–50 лет ($r = 0,88$), когда сильно разреживается древостой дуба и лесной полог, снова усиливается развитие подлеска и напочвенного покрова – их конкуренция за влагу. До 30 лет хорошо прослеживается и позитивное влияние на древостой утяжеления гранулометрического состава ризосферы (в 10 лет $r = 0,50$, в 30 лет $r = 0,96$), поскольку оно повышает влагоемкость и запас почвенной влаги за счет большей аккумуляции перераспределенных осадков. А угнетают в 10–20 лет рост дуба в высоту повышенная густота молодняка, широкие междурядья и большое содержание карбонатов в почве ($r = -0,65, -0,38$ и $-0,76$).

В древесно-кустарниковых насаждениях в понижениях местности радиальный прирост дуба до 20–30 лет также заметно стимулируют повышенная сумма осадков ($r = 0,40–0,42$) и тяжелый состав почвы ($r = 0,86–0,90$). А угнетают его – большая густота ($r = -0,56...-0,83$), высокое содержание почвенных карбонатов (r до $-0,70$) и широкие междурядья, в которых и развивается кустарниковый ярус (r до $-0,61$). В последующие десятилетия значение суммы атмосферных осадков увеличивается ($r = 0,44–0,86$), а состава почвы заметно уменьшается. Присутствие кустарника как сильного конкурента за почвенную влагу быстро снижает до незначительной величины влияние на радиальный прирост дуба и лесокультурных факторов (густоты древостоя, ширины междурядий).

В несомкнутых культурах с кустарником на пологих склонах и плоских участках местности рост дуба в высоту слабо детерминирован как экологическими, так и лесокультурными факторами, что является следствием нивелирующего влияния основной обработки почвы и агротехнических уходов. Тормозят его только повышенное содержание почвенных карбонатов ($r = -0,47$) и большая густота рядов ($r = -0,65$). Но уже после 10 лет резко увеличивается значение нормы осадков (с 10 до 20 лет $r = 0,66$, а в 30–40 лет $r = 0,98$) и глубины залегания карбонатного горизонта ($r = 0,81–0,93$), что свидетельствует о быстром увеличении дефицита влагообеспеченности дуба. После 30 лет заметно сдерживают рост в высоту тяжелый состав почвы ($r = -0,27...-0,45$) и, особенно, широкие междурядья ($-0,63...-0,82$), способствующие развитию кустарникового яруса.

Влияние тех же факторов на рост дуба в толщину носит здесь неочевидный характер. Заметное уменьшение среднего диаметра молодняка с повышением увлажненности территории и нивелирование этого различия с возрастом культур и ростом их сомкнутости может свидетельствовать об опережающем развитии кустарника (терна, жимолости татарской) в первые годы жизни насаждений как потребителя почвенной влаги. Об этом свидетельствует и ослабление после 30 лет стимулирующего влияния на толщину деревьев широких междурядий, ускоряющих снижение густоты древостоя и плотности лесного полога в среднем и старшем возрасте.

Небольшая глубина залегания карбонатного горизонта и высокое содержание почвенных карбонатов (небольшая влагоемкость почвы) в таких условиях в присутствии кустарника сильнее тормозят радиальный прирост дуба в первом десятилетии ($r = -0,91$), и только с 30 до 50 лет их значение постепенно нивелируется.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ роста дуба, изучение насаждений на пробных площадях, а также опубликованные материалы ранее проведенных исследований позволяют сделать ряд выводов и предложений по совершенствованию приемов создания и повышения долговечности насаждений.

Так, очевидно, что в условиях сухой степи и полупустыни преимущество должны получить чистые бескустарниковые культуры дуба, способные формировать и длительное время сохранять умеренно ажурный лесной полог.

Наиболее технологичным и дешевым способом создания дубрав можно считать строчный и строчно-луночный посев желудей под зиму или ранней весной с последующими агротехническими уходами до возраста полного смыкания крон в междурядьях. Режимы агротехнических, лесокультурных и лесоводственных работ должны иметь свои модификации в зависимости от положения площади в рельефе и сухости климата.

В понижениях плакорного типа местности, где концентрируется перераспределенная влага атмосферных осадков, значение продолжительности и глубины основной обработки почвы снижается и может быть ограничено 1–2 годами (в зависимости от годовой нормы и обеспеченности осадками этих лет) содержания ее в черном пару после плантажной вспашки. При этом возрастает потребность в более частых агротехнических уходах. Интенсивный рост, дифференциация и ожидаемый габитус древостоя позволяют создавать здесь культуры с относительно широкими междурядьями (3,5–4,0 м) и проводить более ранние, частые и интенсивные прочистки в молодняках. Средневозрастные и старшего возраста (в 20–40...50 лет) древостои нуждаются в относительно частых и бережных санитарно-селективных рубках преимущественно низового типа, направленных на расширение площади питания деревьев при условии сохранения или быстрого восстановления высокой сомкнутости лесного полога, обеспечивающего эффективное отенение почвы и стволов дуба. Длительное сохранение сомкнутого полога является непременным условием его высокой долговечности. При возникновении опасности значительного естественного размыкания крон, жизнеспособность дубрав следует повышать своевременным формированием неплотного отеняющего подлеска из неконкурентной почвоулучшающей породы деревьев. В проточных понижениях значительное снижение влагообеспеченности культур с возрастом может быть демпфировано устройством простейших гидротехнических сооружений (запруд).

Облесение пологих склонов и плоских участков плакоров культурами дуба должно иметь главной

целью создание природоохранного и рекреационного каркаса территории, то есть насаждений невысокой товарной кондиции. При этом требуется 2–3-летняя и более глубокая безотвальная основная обработка почвы, направленная на разрыхление карбонатного горизонта и формирование большого страхового (буферного) запаса влаги (глубокое стартовое увлажнение зоны аэрации почвогрунта). В отличие от распространенного мнения, в этих условиях целесообразны менее широкие (2,5–3,0 м) междурядья, обеспечивающие ускорение смыкания культур, сокращение периода агротехнических уходов. Потребность насаждений в лесоводственных уходах возникает на несколько лет позже. Площадь питания деревьев расширяют путем периодического проведения менее интенсивных, чем в понижениях, равномерно-селективных рубок прочистки и прореживания. Актуальность этих мероприятий повышается с утяжелением состава почвы. Имеются основания полагать, что на слабо наклоненных и плоских участках более долговечными будут свое-

временно (до исчерпания буферного запаса влаги) изреженные неплотно сомкнутые насаждения. Они должны состоять из относительно невысоких деревьев с раскидистой кроной, обеспечивающей большую площадь питания и подавление развития конкурентного напочвенного покрова.

Перечисленные лесокультурные и лесоводственные приемы следует использовать и при создании насаждений других засухо- и солеустойчивых, потенциально долговечных и ценных в защитном лесоразведении пород, таких как ясень обыкновенный и ланцетный, груша лесная, клен полевой и др.

Для повышения долговечности ранее созданных и сохраняющих жизнеспособность насаждений дуба наиболее актуальными являются мероприятия, направленные на устранение его конкурентов за влагу: живого напочвенного покрова и подлеска в чистых насаждениях с широкими междурядьями, сопутствующих пород и подлеска в древесно-кустарниковых насаждениях, а также на формирование и сохранение сомкнутого лесного полога.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100309-0 «Теоретические основы, базовые принципы и технологии повышения эффективности защитного лесоразведения и комплексной фитомелиорации на деградированных, нарушенных и низкопродуктивных землях засушливой зоны России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: ВНИИЛМ, 2004. 552 с.
- Боровинская Л.Б., Григорьев В.Я. Развитие древесных пород и корневых систем растений при совместном произрастании дуба обыкновенного с вязом перистоветвистым и дуба обыкновенного с ясенем пенсильванским // Полезащитное лесоразведение на каштановых почвах. М.: Изд-во МГУ, 1971. С. 158–179.
- Высоцкий Г.Н. Степное лесоразведение // Избр. труды. М.: Сельхозгиз, 1960а. С. 295–340.
- Высоцкий Г.Н. Об условиях лесопроизрастания и лесоразведения в степях Европейской России // Избр. труды. М.: Сельхозгиз, 1960б. С. 341–364.
- Высоцкий Г.Н. Как сажать лес в наших степях и как за ним ухаживать // Избр. труды. М.: Сельхозгиз, 1960в. С. 410–429.
- Годнев Е.Д., Грачев А.Г., Никитин С.Н., Прокофьев В.Ф. Из опыта создания дубрав в сухой степи Волгоградской области // Лесное хозяйство. 1969. № 4. С. 34–32.
- Годнев Е.Д. Рубки ухода в дубовых насаждениях сухостепной зоны // Лесное хозяйство. 1978. № 8. С. 28–34.
- Годнев Е.Д. О возможности создания дубравных массивов в сухих степях // Лесное хозяйство. 1983. № 8. С. 38–39.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1965. 423 с.
- Ерусалимский В.И., Власенко А.А. Опыт выращивания массивных дубрав в сухой степи // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 309–311.
- Ерусалимский В.И., Власенко А.А. Долговечность семенного (материнского) поколения степных дубрав // Лесное хозяйство. 2012. № 4. С. 32–33.
- Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. 2009. № 3. С. 32–42.
- Каплина Н.Ф., Жиренко Н.Г. Динамика фитомассы листьев, состояния и развития крон деревьев нагорной дубравы юго-восточной лесостепи в неблагоприятных условиях последнего десятилетия // Вестник Поволжского гос. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2012. Вып. 2(16). С. 3–11.
- Каплина Н.Ф. Составляющие динамики прироста ранней и поздней древесины ствола дуба черешчатого в нагорной дубраве южной лесостепи // Лесной журнал. 2020. № 5(337). С. 51–63.
- Кирюков Ю.Л. Рост ложбинно-потяжинных насаждений, созданных П.А. Лукьяновым в Сальском лесничестве // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 1961. № 3. С. 8–11.
- Краевой С.Я. Защитное лесоразведение в полупустыне. М.: Лесная промышленность, 1968. 120 с.
- Качинский Н.А. Основные выводы из работ комплексной экспедиции МГУ 1967–1968 гг. о причинах усыхания вяза мелколистного и некоторых других пород в каштановой зоне, приемы агротехники, обеспечивающие успешное выращивание полос в этой зоне // Полеза-

- щитное лесоразведение на каштановых почвах. М.: Изд-во МГУ, 1971. С. 218–225.
- Манаенков А.С., Костин М.В., Шкуринский В.А. Современное состояние и возможность выращивания дубрав промышленного значения на комплексных почвах сухой степи и полупустыне // Вестник Поволжского государственного университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2012. Вып. 2(16). С. 12–19.
- Манаенков А.С., Шкуринский В.А., Костин М.В. Особенности роста и долговечности насаждений «дубрав промышленного значения» на зональных почвах сухостепного Придонья // Вестник Поволжского гос. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2013. Вып. 2(18). С. 5–17.
- Манаенков А.С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях // Вестник Поволжского гос. технологического ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2(30). С. 5–23.
- Манаенков А.С. Закономерности водного режима, роста и долговечности искусственных древостоев в засушливых условиях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 221. С. 91–106.
- Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов / под ред. Е.С. Павловского и М.О. Долгилевича. М.: ВАСХНИЛ, 1985. 112 с.
- Никитин П.Д. Лесомелиоративные меры борьбы с засухами, суховеями и пыльными бурями // Вопросы полезащитного лесоразведения: материалы расширенного заседания ученого совета, посвященного тридцатилетию ВНИАЛМИ. Вып. 43. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1963. С. 20–35.
- Родин А.Р., Мерзленко М.Д. Методические рекомендации по изучению лесных культур старших возрастов. М., 1984. 38 с.
- Степанов Н.Н. Степное лесоразведение. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 159 с.
- Титова В.Г. Зависимость роста дуба черешчатого в лесных полосах от площади питания // Лесное хозяйство. 1982. № 9. С. 42–46.
- Трещевский И.В. Использование сельскохозяйственных культур при выращивании дуба гнездовым способом (по наблюдениям в Воронежской области) // Вопросы полезащитного лесоразведения: материалы расширенного заседания ученого совета, посвященного тридцатилетию ВНИАЛМИ. Вып. 43. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1963. С. 102–110.
- Castro J., Leverkus A.B., Fuster F. A new device to foster oak forest restoration via seed sowing, *New Forests*, 2015, vol. 46, p. 919–929, DOI: 10.1007/s11056-015-9478-4.
- Gillner S., Vogt J., Roloff A. Climatic response and impacts of drought on oaks at urban and forest sites, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2013, vol. 12, iss. 4, p. 597–605, DOI: 10.1016/j.ufug.2013.05.003.
- Prolic C., Goldblum D. Spatial and Temporal Patterns of Post Oak's Radial Growth-Climate Relationship, *Southeastern Geographer*, 2016, vol. 56, iss. 2, p. 171–186, DOI: 10.1353/sge.2016.0027.
- Perkins D., Uhl E., Biber P. et al. Impact of Climate Trends and Drought Events on the Growth of Oaks (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) within and beyond Their Natural Range, *Forest*, 2018, vol. 9, iss. 3, 108, DOI: 10.3390/f9030108.
- Woods M., Franken-berg S., Juodvalkis J. et al. Oak seedling performance and soil development across a forest restoration chronosequence following agriculture in the American Midwest – a greenhouse experiment, *Restoration Ecology*, 2022, vol. 30, iss. 5, DOI: 10.1111/rec.13587.

Поступила в редакцию 25.07.2023

После доработки 10.12.2023

Принята к публикации 14.02.2024

CONDITIONS OF THE OAK FORESTS GROWTH AND CULTIVATION ON THE TOP SURFACES AND SLOPES OF THE NEAR-VOLGA AND ERGENI UPLANDS AND THE PLAINS OF THE SAL-MANYCH INTERFLUVE

A.S. Manaenkov

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of RAS

*Head of the Laboratory of Protective Afforestation and Phytomelioration of Low Productive Lands,
Chief Scientific Researcher; D.Sc. in Agriculture; e-mail: manaenkov1@yandex.ru*

Planted oak forests in the south of European Russia are of great conservation and economic importance. The widespread practice of their creation in dry steppes and semi-deserts dates back to the 1950–1970s and allows to form oak (*Quercus robur* L.) plantations with longevity up to 40–60 years. The aim of the study is to investigate the growth features of oak trees under different soil-climatic and biocenotic conditions and to suggest methods to increase their longevity.

The research was carried out in 2011–2016 in the south of the Near-Volga Upland, the northern part of the Ergeni Upland and lowland plains of the Sal-Manych interfluvium at 28 temporary sample plots using common methods of forest inventory and regression data analysis.

It has been established that the viability of oak is limited by unfavorable topographic position of plantations, increased climate dryness (HC 0.4–0.6), high content of soil carbonates and shallow-lying horizon of

their accumulation, as well as the presence of shrub layer and other competitors for moisture. Under these conditions, afforestation of depressions on the plains and shady slopes with pure plantations of oak and other species without shrubs should gain advantage. The methods of their creation should be modified depending on the topographic position of particular forest area and the climate dryness.

So, the main soil cultivation in depressions could last 1–2 years, applying the system of black fallow with plantation plowing. It is advisable to keep 3,5–4,0-meter row spacing, frequent tending, and intensive clearing of young tree stands. Maturer plantations need careful sanitary-selective cuttings, mainly the low-type ones, and preservation of high canopy density. Poor water availability and deterioration of plantations should be prevented by construction of dams.

Reclamation plantations of low marketability are created on flat areas after 2–3 years of deeper basic tillage. The carbonate horizon should be loosened and a large moisture reserve is needed. Row spacing of 2,5–3,0 meters is reasonable, accelerating the canopy closure. The area of tree nutrition is expanded by low-intensive uniformly selective cuttings, forming more open stands.

The longevity of oak in already existing plantations could be increased by eliminating its competitors, such as living ground cover, shrubs and associated species.

Keywords: arid climate, chestnut soil types, development of oak plantings, techniques for increasing the longevity

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state task of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences no. 122020100309-0 “Theoretical foundations, basic principles and technologies for increasing the efficiency of protective afforestation and integrated phytomelioration on degraded, disturbed and low-productive lands of the arid zone of Russia”.

REFERENCES

- Anuchin N.P. *Lesnaja taksacija* [Forest inventory], Moscow, VNIILM Publ., 2004, 552 p. (In Russian)
- Borovinskaja L.B., Grigor'ev V.Ja. [Development of tree species and root systems of plants in joint growth of common oak with pinnate elm and common oak with Pennsylvanian ash], *Polezashhitnoe lesorazvedenie na kashtanovyh pochvah* [Shelterbelt afforestation on chestnut soils], Moscow, Izd-vo MGU Publ., 1971, p. 158–179. (In Russian)
- Castro J., Leverkus A.B., Fuster F. A new device to foster oak forest restoration via seed sowing, *New Forests*, 2015, vol. 46, p. 919–929, DOI:10.1007/s11056-015-9478-4.
- Dospehov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience], Moscow, Kolos Publ., 1965, 423 p. (In Russian)
- Erusalimskij V.I., Vlasenko A.A. [Experience of growing massive oak trees in the dry steppe], *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 80-letiju Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta agrolesomeliacii* [Proc. of the international scientific and practical conference devoted to the 80 anniversaries of the All-Russian Research Institute of Agro-Forest-Amelioration], Volgograd, VNIALMI Publ., 2011, p. 309–311. (In Russian)
- Erusalimskij V.I., Vlasenko A.A. Dolgovechnost' semennogo (materinskogo) pokolenija stepnyh dubrav [Longevity of seed (maternal) generation of steppe oak forests], *Lesnoe hozjajstvo*, 2012, no. 4, p. 32–33. (In Russian)
- Gillner S., Vogt J., Roloff A. Climatic response and impacts of drought on oaks at urban and forest sites, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2013, vol. 12, iss. 4, p. 597–605, DOI: 10.1016/j.ufug.2013.05.003.
- Godnev E.D. O vozmozhnosti sozdaniya dubravnyh massivov v suhih stepjah [On the possibility of creating oak woodlands in dry steppes], *Lesnoe hozjajstvo*, 1983, no. 8, p. 38–39. (In Russian)
- Godnev E.D. Rubki uhoda v dubovyh nasazhdenijah suhostepnoj zony [Thinning in oak forests of the dry-steppe zone], *Lesnoe hozjajstvo*, 1978, no. 8, p. 28–34. (In Russian)
- Godnev E.D., Grachev A.G., Nikitin S.N., Prokof'ev V.F. Iz opyta sozdaniya dubraav v suhoj stepi Volgogradskoj oblasti [From the experience of creating oak forests in the dry steppe of Volgograd region], *Lesnoe hozjajstvo*, 1969, no. 4, p. 34–32. (In Russian)
- Kachinskij N.A. [The main conclusions from the works of the 1967–1968 complex expedition of the Moscow State University on the causes of drying out of fine elm and some other species in the chestnut zone, methods of agrotechnics ensuring successful cultivation of strips in this zone], *Polezashhitnoe lesorazvedenie na kashtanovyh pochvah* [Shelterbelt afforestation on chestnut soils], Moscow, Izd-vo MGU Publ., 1971, p. 218–225. (In Russian)
- Kaplina N.F. Sostavljajushhie dinamiki prirosta rannej i pozdnej drevesiny stvola duba chereschatogo v nagornoj dubrave juzhnoj lesostepi [Components of the dynamics of early and late growth of the trunk of English oak in the upland oak forest of the southern forest-steppe], *Lesnoj zhurnal*, 2020, no. 5(337), p. 51–63. (In Russian)
- Kaplina N.F., Selochnik N.N. Morfologija kron i sostojanie duba chereschatogo v srednevozrastnyh nasazhdenijah lesostepi [Crown morphology and the state of English oak in middle-aged forest-steppe plantations], *Lesovedenie*, 2009, no. 3, p. 32–42. (In Russian)
- Kaplina N.F., Zhirenko N.G. Dinamika fitomassy list'ev, sostojanija i razvitija kron derev'ev nagornoj dubravy jugovostochnoj lesostepi v neblagoprijatnyh uslovijah poslednego desjatiletija [Dynamics of phytomass of leaves, condition and development of crowns of trees of mountain oak forests of southeastern forest-steppe under unfavorable conditions of the last decade], *Vestn. Povolzhskogo gos. un-ta, Ser.: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie*, 2012, no. 2(16), p. 3–11. (In Russian)
- Kirjukov Ju.L. Rost lozhbinno-potjazhinnyh nasazhdenij, sozdannyh P.A. Luk'janovym v Sal'skom lesnichestve [The growth of ravine-gully plantings created by

- P.A. Lukyanov in the Sal forestry area], *Izvestija VUZov, Lesnoj zhurnal*, 1961, no. 3, p. 8–11. (In Russian)
- Kraevoj S.Ja. *Zashhitnoe lesorazvedenie v polupustyne* [Protective afforestation in the semi-desert], Moscow, Lesnaja promyshlennost' Publ., 1968, 120 p. (In Russian)
- Manaenkov A.S. Razvitie osnov stepnogo i zashhitnogo lesorazvedenija: teoreticheskie, prikladnye aspekty i zadachi v sovremennyh usloviyah [Development of steppe and protective afforestation foundations: theoretical, applied aspects and tasks in modern conditions], *Vestn. Povolzhskogo gos. tehnologicheskogo un-ta, Ser.: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie*, 2016, no. 2(30), p. 5–23. (In Russian)
- Manaenkov A.S. Zakonomernosti vodnogo rezhima, rosta i dolgovechnosti iskusstvennyh drevostoev v zasushlivykh usloviyah [Regularities of water regime, growth and longevity of artificial stands under arid conditions], *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2017, no. 221, p. 91–106. (In Russian)
- Manaenkov A.S., Kostin M.V., Shkurinskij V.A. Sovremennoe sostojanie i vozmozhnost' vyrashhivaniya dubrav promyshlennogo znachenija na kompleksnyh pochvah suhoj stepi i polupustyne [Current status and possibility of growing oak trees of industrial importance on complex soils of dry steppe and semi-desert], *Vestn. Povolzhskogo gos. un-ta, Ser.: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie*, 2012, no. 2(16), p. 12–19. (In Russian)
- Manaenkov A.S., Shkurinskij V.A., Kostin M.V. Osobennosti rosta i dolgovechnosti nasazhdenij "dubrav promyshlennogo znachenija" na zonal'nyh pochvah suhostepnogo Pridon'ja [Features of growth and longevity of plantations of "industrial oak forests" on zonal soils of the dry-steppe Don Region], *Vestn. Povolzhskogo gos. un-ta, Ser.: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie*, 2013, no. 2(18), p. 5–17. (In Russian)
- Metodika sistemnyh issledovanij lesoagrarnyh landshaftov* [Methodology for systematic studies of forest-agrarian landscapes], E.S. Pavlovskogo, M.O. Dolgilevicha (eds.), Moscow, VASHNIL Publ., 1985, 112 p. (In Russian)
- Nikitin P.D. [Forest reclamation measures against droughts, dry winds and dust storms], *Voprosy polezashhitnogo lesorazvedenija* [Problems of shelterbelt afforestation], materialy rasshirennogo zasedaniya uchenogo soveta, posvjashhennogo tridcatiletiju VNIALMI, Volgograd, VNIALMI Publ., 1963, no. 43, p. 20–35. (In Russian)
- Perkins D., Uhl E., Biber P. et al. Impact of Climate Trends and Drought Events on the Growth of Oaks (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) within and beyond Their Natural Range, *Forest*, 2018, vol. 9, iss. 3, DOI.org/10.3390/f9030108.
- Prolic C., Goldblum D. Spatial and Temporal Patterns of Post Oak's Radial Growth-Climate Relationship, *Southeastern Geographer*, 2016, vol. 56, iss. 2, p. 171–186, DOI: 10.1353/sgo.2016.0027.
- Rodin A.R., Merzlenko M.D. *Metodicheskie rekomendacii po izucheniju lesnyh kul'tur starshih vozrastov* [Methodological recommendations for the study of older forest crops], Moscow, 1984, 38 p. (In Russian)
- Stepanov N.N. Stepnoe lesorazvedenie. Izdanie chetvertoe [Steppe Forestry. Fourth Edition], Moscow, Leningrad, Goslesbumizdat Publ., 1949, 159 p. (In Russian)
- Titova V.G. Zavisimost' rosta duba chereshchatogo v lesnyh polosah ot ploshhadi pitanija [Dependence of growth of English oak in forest strips on the feeding area], *Lesnoe hozjajstvo*, 1982, no. 9, p. 42–46. (In Russian)
- Treshhevskij I.V. Ispol'zovanie sel'skohozjajstvennyh kul'tur pri vyrashhivanii duba gnezdovym sposobom (po nabljudenijam v Voronezhskoj oblasti) [Crop use in oak cultivation by the pocket method (based on observations in Voronezh Oblast)], *Voprosy polezashhitnogo lesorazvedenija* [Problems of shelterbelt afforestation], Materialy rasshirennogo zasedaniya chennogo soveta, posvjashhennogo tridcatiletiju VNIALMI, Volgograd, VNIALMI Publ., 1963, no. 43, p. 102–110. (In Russian)
- Vysockij G.N. [How to plant a forest within our steppes and how to take care of it (1930)], *Izbr. Trudy* [Selected works], Moscow, Sel'hozgiz Publ., 1960, p. 410–429. (In Russian)
- Vysockij G.N. [On the conditions of forest growth and afforestation in the steppes of European Russia], *Izbr. Trudy* [Selected works], Moscow, Sel'hozgiz Publ., 1960, p. 341–364. (In Russian)
- Vysockij G.N. [Steppe Afforestation], *Izbr. Trudy* [Selected works], Moscow, Sel'hozgiz Publ., 1960, p. 295–340. (In Russian)
- Woods M., Franken-berg S., Juodvalkis J. et al. Oak seedling performance and soil development across a forest restoration chronosequence following agriculture in the American Midwest – a greenhouse experiment, *Restoration Ecology*, 2022, vol. 30, iss. 5, DOI.org/10.1111/rec.13587.

Received 25.07.2023

Revised 10.12.2023

Accepted 14.02.2024