

УДК 630*443.3:582.632.2:582.287.237(234.81)
DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-22-32

ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДУБОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЮГО-ЗАПАДА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ, ПОРАЖЕННЫХ *Polyporaceae*

А.В. Дунаев, канд. с.-х. наук, науч. сотр.; *ResearcherID:* [AAB-5040-2020](https://orcid.org/0000-0002-9058-7778),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9058-7778>

С.В. Калугина, канд. биол. наук, доц.; *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0003-3144-4563>

Е.Н. Дунаева, канд. биол. наук, науч. сотр.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9568-6065>

А.С. Коротких, канд. биол. наук, науч. сотр.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2483-6334>

А.Ю. Курской, науч. сотр.; *ResearcherID:* [AAB-4876-2020](https://orcid.org/0000-0002-8400-0694),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8400-0694>

М.А. Польшина, канд. геогр. наук, доц.; *ResearcherID:* [AAH-7786-2019](https://orcid.org/0000-0003-0363-1556),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0363-1556>

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Победы, д. 85, г. Белгород, Россия, 308015; e-mail: Dunaev_A@bsu.edu.ru

Древостои дуба черешчатого *Quercus robur* L. в порослевых дубравах южной лесостепи европейской части России на современном этапе развития дубравных экосистем отличаются ослабленным состоянием. Одна из причин этого – ствольные и комлевые гнили, возбудителями которых выступают представители видов патогенных грибов из группы трутовых (*Polyporaceae* s. l.). Изучению состояния дуба в дубовых древостоях в связи с распространенностью патогенных трутовых грибов на нем посвящена настоящая работа. Исследования проводились в сезоны 2009–2017 гг. в юго-западной части Среднерусской возвышенности. Объектами исследований являлись порослевые дубовые древостои в составе нагорных и байрачных дубрав с участием дуба черешчатого *Q. robur* L., а также общности видов патогенных трутовых грибов, приуроченные к дубу, в составе: *Fistulina hepatica*, *Laetiporus sulphureus*, *Fomitiporia robusta*, *Inocutis dryophila*, *Pseudoinonotus dryadeus*, *Daedalea quercina*, *Hapalopilus croceus*, *Grifola frondosa*, *Fomes fomentarius*, *Polyporus squamosus*. Полевые обследования проводились по комплексной методике с использованием методов традиционной фитопатологии, методов современной микоценологии и адаптированных методов микопатогенологических обследований. Камеральные исследования в основе своей состояли из общенаучных методов систематизации первичных эмпирических данных с помощью способов описательной статистики, корреляционно-регрессионного анализа и оценки разности средних. В результате этого выявлена достоверная положительная корреляционная взаимосвязь между величинами средневзвешенной категории состояния жизнеспособности дубовых древостоев ($KЖ_{1-6}$) и распространенности видов из состава общностей патогенных трутовых грибов на дубе (R): $r = 0,388$ ($t_{факт} = 2,562$, $t_{ст} = 2,021$, $k = 37$, $P = 0,05$) (нагорные и байрачные дубравы). Разработанные на основе выявленной достоверной положительной корреляционной взаимосвязи статистические модели, отражающие взаимозависимости между указанными величинами ($KЖ_{1-6}(R)$): $Y = 0,0268X + 2,2290$; R ($KЖ_{1-6}$): $Y = 5,6262X - 5,7204$), позволяют оценивать изменения каждой из указанных величин по изменению другой.

Для цитирования: Дунаев А.В., Калугина С.В., Дунаева Е.Н., Коротких А.С., Курской А.Ю., Польшина М.А. Жизнеспособность дубовых древостоев юго-запада Среднерусской возвышенности, пораженных *Polyporaceae* // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 6. С. 22–32. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-22-32

Ключевые слова: дуб *Quercus robur* L., дубравы, патогенные трутовые грибы, Среднерусская возвышенность, категория состояния жизнеспособности, отпад деревьев, статистическая модель.

Введение

Серьезной причиной неудовлетворительного состояния дуба в дубовых лесах ряда лесостепных областей в составе Центрально-Черноземного экономического района Российской Федерации считаются стволые и комлевые гнили, возбудителями которых выступают представители видов трутовых грибов *Polyporaceae* s. l. [3–5]. Однако каких-либо статистических оценок, объективирующих данное положение, по крайней мере в отношении дубрав юго-западной части Среднерусской возвышенности, не существует.

Целью данной работы являлась оценка достоверности, формы и параметров статистической взаимосвязи между состоянием жизнеспособности дубовых древостоев и распространенностью видов из состава общностей патогенных трутовых грибов (ПТГ) на деревьях дуба.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в сезоны 2009–2017 гг. в юго-западной части Среднерусской возвышенности. Район исследований ограничен в широтном направлении параллелями 50°20' и 50°86' с.ш.; в долготном – меридианами 36°01' и 38°16' в.д. Объектами исследований являлись порослевые дубовые древостои в составе дубрав с участием дуба черешчатого *Q. robur*, а также виды ПТГ (*Polyporaceae*), приуроченные к дубу и представляющие экобиоморфологические общности [1].

В составе общностей ПТГ в древостоях дуба исследованных дубрав юго-запада Среднерусской возвышенности встречаются следующие виды [1]: *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, *Fomitiporia robusta* (P. Karst.) Fiasson & Niemelä, *Inocutis dryophila* (Berk.) Fiasson & Niemelä, *Pseudoinonotus dryadeus* (Pers.) T. Wagner & M. Fisch., *Daedalea quercina* (L.) Pers., *Hapalopilus croceus* (Pers.) Donk., *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr.

Некоторые из них (*F. robusta*, *I. dryophila*, *P. dryadeus*, *H. croceus*, *G. frondosa*) выступают биотрофными патогенами, развивающимися в основном как консументы. Распространенность *F. robusta* на живых деревьях дуба в дубравах составляет 0,5...6,1 %, *I. dryophila* – 0,0...4,0 %, *P. dryadeus* – 0,0...2,8 %, *H. croceus* – 0,0...0,5 %, *G. frondosa* – 0,0...0,1 %. *F. hepatica*, *L. sulphureus*, *F. fomentarius*, *P. squamosus* являются сапротрофными патогенами, первоначально поселяющимися на живых деревьях в качестве консументов и продолжающими развитие после отмирания дерева как редуценты. *D. quercina* – патогенный сапротроф, развивающийся в основном как редуцент. Распространенность *F. hepatica* на живых деревьях дуба в дубравах составляет 0,5...12,5 %, на мертвом субстрате – до 13,6 % и выше; *L. sulphureus* – на живых деревьях 0,5...6,1 %, на мертвом субстрате – до 11,1 % и выше; *F. fomentarius* – на живых деревьях 0,0...0,5 %, на мертвом дубовом субстрате не отмечен; *P. squamosus* – на живых деревьях 0,0...0,2 %, на мертвом дубовом субстрате не отмечен; *D. quercina* – на живых деревьях 0,0...0,6 %, на мертвом субстрате – 0,5...9,5 % [1].

Обследовались главным образом порослевые дубовые древостои с преобладанием или полным главенством дуба черешчатого приспевающего и спелого возраста средней полноты среднего бонитета (табл. 1, 2). Полевые исследования проводились в 20 дубовых древостоях в составе 8 нагорных дубрав (лесорастительные условия Д₂) и 19 дубовых древостоях в составе 7 байрачных дубрав (лесорастительные условия Е₂).

Таблица 1

**Таксационные характеристики обследованных древостоев
в составе нагорных дубрав**

Древостой (дубрава*-год**)	Состав древостоя	Возраст, лет; полнота; бонитет
КД-13	4Д6Яс ед. Лп, Кл	80–90; 0,6–0,7; II–III
ГЛ-13	10Д ед. Кл, Лп	70–80; 0,6; III
КД-11	5Д5Яс ед. Кл, Лп	80–90; 0,6–0,7; II–III
КчД-15	10Д ед. Яс, Кл, Лп	90–100; 0,7; II
ШД-11	8Д1Лп1Кл ед. Яс	80–90; 0,6–0,7; II–III
ГЛ-12	9Д1Лп ед. Кл	70–80; 0,6–0,7; III
ШД-12	8Д2Яс ед. Лп, Кл	80–90; 0,6; II–III
КД-10	5Д5Яс ед. Кл, Лп	80–100; 0,5–0,6; II–III
О-15	10Д ед. Лп, Кл	80–90; 0,6; II–III
ШД-10	8Д2Лп ед. Кл, Яс	80–90; 0,6–0,7; II–III
М-13	9Д1Кл ед. Лп	70–90; 0,6–0,7; II–III
Д-11	10Д ед. Кл, Лп	70–80; 0,6–0,7; II–III
Д-13	8Д1Кл1Лп	70–80; 0,6; II–III
М-10	9Д1Кл ед. Лп	70–80; 0,6–0,7; II–III
КД-12	5Д5Яс ед. Лп, Кл	80–90; 0,6–0,7; II–III
КД-14	7Д3Яс ед. Кл	80–90; 0,6–0,7; II–III
Д-12	8Д1Лп1Кл	70–80; 0,6; II–III
Д-14	8Д1Лп1Кл	70–80; 0,6–0,7; II–III
ШД-13	8Д2Яс ед. Ос	80–90; 0,6–0,7; II–III
МЛ-15	10Д ед. Яс	70–80; 0,6; III

*КД – Коровинская дача; ГЛ – Графовский лес; КчД – Корочанская дача; ШД – Шебекинская дача; О – Огурцово; М – массив; Д – Дубовое; МЛ – мелкий лес. **Год обследования: 11 – 2011; 12 – 2012; 13 – 2013; 14 – 2014; 15 – 2015.

Таблица 2

**Таксационные характеристики обследованных древостоев
в составе байрачных дубрав**

Древостой (дубрава*-год**)	Состав древостоя	Возраст, лет; полнота; бонитет
АР-10	8Д1Лп1Кл ед. Ил, Ос	80–100; 0,6–0,7; II–III
АР-11	8Д1Лп1Кл ед. Ил, Ос	80–90; 0,6–0,7; II–III
АР-12	8Д1Лп1Кл ед. Ил, Ос	80–90; 0,6–0,7; II–III
АР-13	8Д1Лп1Кл ед. Ил, Ос	80–90; 0,6–0,7; II–III
АЛ-12	9Д1Лп ед. Кл, Ос	60–80; 0,6; III
ПЗ-15	10Д ед. Лп, Яс, Кл	80–100; 0,6–0,7; II–III
МШ-12	7Д2Кл1Лп	90–120; 0,6–0,7; II–III
Р-10	10Д ед. Кл, Лп	80–90; 0,6–0,7; II–III
Р-11	10Д ед. Кл, Лп	80; 0,6–0,7; III
АЛ-10	9Д1Лп ед. Кл, Ос	90; 0,6–0,7; II–III
Р-12	10Д ед. Кл, Лп	70–80; 0,6–0,7; III
Р-14	10Д ед. Лп	70–80; 0,6–0,7; III
АР-14	10Д ед. Лп, Кл	80–90; 0,6–0,7; II–III
К-13	10Д ед. Лп, Кл	80–100; 0,6; II–III
Р-13	10Д ед. Кл, Лп	70–80; 0,6–0,7; II–III
АЛ-14	9Д1Лп ед. Ос	80–90; 0,6–0,7; III
ГдЛ-14	10Д ед. Лп, Кл	80–90; 0,5–0,6; III
ДБ-13	6Д3Кл1Лп1 ед. Ос	80–90; 0,6; III
К-14	10Д ед. Лп, Кл	80–100; 0,6; II–III

*АР – Архирейская роща; АЛ – Армячий лог; ПЗ – Попова защита; МШ – Муханово-Шеленково; Р – Рог; К – Кондауровка; ГдЛ – Городской лес; ДБ – Должик-Бессоновский. **Год обследования: 10 – 2010; 11 – 2011; 12 – 2012; 13 – 2013; 14 – 2014; 15 – 2015.

Исследования проводились по комплексной методике с использованием методов традиционной фитопатологии [6, 10, 14, 16–19], современной микоченологии [7, 8, 11, 12, 15, 20] и адаптированных методов микопаточенологических обследований [1, 13]. Значение средневзвешенной категории (индекса) состояния жизнеспособности (КЖ) дубовых древостоев $KЖ_{1-6}$ определялось по следующей формуле:

$$KЖ_{1-6} = (P_1K_1 + P_2K_2 + P_3K_3 + P_4K_4 + P_5K_5 + P_6K_6) / 100,$$

где P_i – доля деревьев каждой категории состояния жизнеспособности, %; K_i – индекс категории состояния дерева (1 – здоровое, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее, 5 – свежий сухостой, ветровал, бурелом; 6 – старый сухостой, ветровал, бурелом).

Методика камеральных исследований в основе своей состояла из общенаучных методов систематизации первичных эмпирических данных [9] с помощью способов описательной статистики, корреляционно-регрессионного анализа и оценки разности средних [2]. Для проверки статистических гипотез применялись преимущественно параметрические показатели связи и критерии достоверности оценок [2], поскольку ряды основных варьирующих, сопоставляемых и сравниваемых величин, используемых в аналитических процедурах, имели достаточно близкое к нормальному закону распределение, что было выявлено с помощью критерия Колмогорова–Смирнова.

Результаты исследования и их обсуждение

Значение средневзвешенной категории (индекса) состояния жизнеспособности ($KЖ_{1-6}$) дубовых древостоев из состава нагорных дубрав с учетом вегетирующих деревьев, свежего и старого сухостоя, свежего и старого бурелома колеблется в диапазоне 2,10–2,98 балла (табл. 3). Значение средневзвешенной категории (индекса) состояния жизнеспособности дубовых древостоев из состава байрачных дубрав с учетом вегетирующих деревьев, свежего и старого сухостоя, свежего и старого бурелома ($KЖ_{1-6}$) колеблется в диапазоне 2,02–3,24 балла (табл. 4), т. е. все обследованные древостои как нагорных, так и байрачных дубрав находятся в ослабленном ($1,5 < KЖ_{1-6} \leq 2,5$) или очень ослабленном ($2,5 < KЖ_{1-6} \leq 3,5$) состоянии.

Для удобства дальнейшего анализа состояния дубовые древостои были поделены на условные группы худшего и лучшего состояния в зависимости от значения основного интегрального показателя $KЖ_{1-6}$. Для этого числовые значения величин $KЖ_{1-6}$ обследованных древостоев нагорных (см. табл. 3, графу 2) и байрачных (см. табл. 4, графу 2) дубрав расположили в порядке возрастания в один общий вертикальный ряд.

Таким образом сформировались две группы нагорных и байрачных древостоев с неперекрывающимися значениями величины $KЖ_{1-6}$ (см. табл. 3, 4, графу 2): лучшего ($KЖ_{1-6} \leq 2,3$ балла, $\overline{KЖ}_{1-6} = 2,24 \pm 0,026$) и худшего ($KЖ_{1-6} \geq 2,4$ балла, $\overline{KЖ}_{1-6} = 2,56 \pm 0,062$) санитарного состояния для нагорных дубрав и лучшего ($KЖ_{1-6} \leq 2,3$ балла, $\overline{KЖ}_{1-6} = 2,18 \pm 0,046$) и худшего ($KЖ_{1-6} \geq 2,4$ балла, $\overline{KЖ}_{1-6} = 2,67 \pm 0,066$) санитарного состояния для байрачных дубрав.

В группе древостоев лучшего состояния из состава нагорных дубрав значение доли жизнеспособных деревьев 1–2-й КЖ (доля берется от числа деревьев 1–6-й КЖ) (см. табл. 3, графу 3) колеблется в пределах 46,0...67,8 % при среднем значении ($59,4 \pm 2,18$) %, а в группе древостоев худшего состояния та

же доля находится в пределах 40,1...54,5 % при заметно более низком среднем значении (44,5±1,95) %. В группе древостоев лучшего состояния из состава байрачных дубрав значение доли жизнеспособных деревьев (см. табл. 4, графу 3) колеблется в пределах 46,2...66,3 % при среднем значении (61,2±2,60) %, а в группе древостоев худшего состояния та же доля находится в пределах 20,4...48,4 % также при более низком среднем значении (37,5±2,78) %.

Таблица 3

**Анализ фитопатологического состояния обследованных дубовых древостоев
в составе нагорных дубрав**

Древостой (дубрава*- год**)	Показатели санитарного состояния дубового древостоя				Распространенность ППТ на дубе, %	
	КЖ ₁₋₆ , балл	Доля деревьев, %		Отпад, %	На живых деревьях (R)	На сухостое и буреломе
		жизне- способных	ограниченно- жизнеспособных			
1	2	3	4	5	6	7
КД-13	2,10	66,7	24,4	9,0	6,9	30,8
ГЛ-13	2,16	59,3	32,7	7,9	4,0	14,3
КД-11	2,17	66,0	21,9	12,1	6,0	13,3
КчД-15	2,20	63,3	24,6	12,1	8,8	33,3
ШД-11	2,25	67,8	17,9	14,3	8,9	22,7
ГЛ-12	2,27	53,6	34,1	12,3	3,1	12,5
ШД-12	2,28	46,0	42,7	11,3	14,1	37,5
КД-10	2,30	58,6	28,2	13,0	4,6	***
О-15	2,32	59,4	25,9	14,7	11,1	16,7
ШД-10	2,32	53,8	32,3	13,9	6,1	–
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	2,24±0,026	59,4±2,18	28,5±2,26	12,1±0,70	7,4±1,08	22,6±3,52
М-13	2,36	40,6	47,3	12,1	2,5	28,6
Д-11	2,38	54,5	29,1	16,4	10,4	22,2
Д-13	2,39	46,1	41,9	12,0	7,0	29,4
М-10	2,41	42,4	39,8	17,8	7,9	***
КД-12	2,48	47,3	35,4	17,2	6,4	9,1
КД-14	2,54	46,1	38,8	15,1	7,5	28,1
Д-12	2,65	39,4	37,6	22,9	17,5	38,9
Д-14	2,67	40,1	39,6	20,3	10,0	42,9
ШД-13	2,71	53,1	24,5	22,4	7,6	12,2
МЛ-15	2,98	35,0	38,8	26,2	9,3	24,4
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	2,56±0,062	44,5±1,95	37,3±2,03	18,2±1,48	8,6±1,21	26,2±3,66

*КД – Коровинская дача; ГЛ – Графовский лес; КчД – Корочанская дача; ШД – Шебекинская дача; О – Огурцово; М – массив; Д – Дубовое; МЛ – мелкий лес. **Год обследования: 11 – 2011; 12 – 2012; 13 – 2013; 14 – 2014; 15 – 2015. ***Данные отсутствуют.

Существенность различий между значениями доли жизнеспособных деревьев в древостоях лучшего и худшего состояния можно оценить, используя параметрический *t*-критерий Стьюдента для несвязанных совокупностей. Расчет *t*-критерия для древостоев из состава нагорных дубрав ($t_{\text{факт}} = 5,090 > t_{\text{ст}} = 2,101$, $k = 18$, $P = 0,05$) показывает, что значения доли жизнеспособных деревьев в древостоях лучшего состояния существенно выше, чем в древостоях худшего состояния. Аналогичный результат дает расчет *t*-критерия для древостоев из состава байрачных дубрав ($t_{\text{факт}} = 6,230 > t_{\text{ст}} = 2,110$, $k = 17$, $P = 0,05$).

Таблица 4

**Анализ фитопатологического состояния обследованных дубовых древостоев
в составе байрачных дубрав**

Древо- стой (дубрава* - год**)	Показатели санитарного состояния дубового древостоя				Распространенность ПТГ на дубе, %	
	КЖ ₁₋₆ , балл	Доля деревьев, %		Отпад, %	На живых деревьях (R)	На сухостое и буреломе
		жизне- способных	ограниченно- жизнеспособных			
1	2	3	4	5	6	7
АР-10	2,02	65,6	24,9	9,5	2,6	12,8
АР-11	2,05	66,3	23,6	10,1	6,6	30,8
АР-13	2,12	62,7	28,1	9,2	5,9	26,7
АР-12	2,23	60,5	24,3	15,2	5,5	15,4
АЛ-12	2,26	63,8	25,7	10,5	6,5	11,1
ПЗ-15	2,28	63,2	24,2	12,6	3,6	15,4
МШ-12	2,34	46,2	36,6	17,1	13,5	30,0
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	2,18±0,046	61,2±2,60	26,8±1,73	12,0±1,16	6,3±1,32	20,3±3,22
Р-11	2,43	47,6	34,0	18,4	13,3	25,9
Р-10	2,45	48,4	35,2	16,4	7,2	***
АЛ-10	2,48	45,3	37,6	17,1	10,5	***
Р-14	2,54	38,7	41,3	20,0	5,5	16,0
Р-12	2,58	44,7	34,3	21,0	4,5	10,7
АР-14	2,60	46,0	27,2	26,7	8,8	22,9
К-13	2,63	38,3	38,7	23,0	18,0	59,5
Р-13	2,70	31,4	45,8	22,9	6,0	10,8
АЛ-14	2,70	30,5	46,5	23,0	5,0	19,2
ГдЛ-14	2,84	37,1	36,6	26,2	8,1	15,2
ДБ-13	2,89	22,1	52,1	25,8	6,4	15,0
К-14	3,24	20,4	40,0	39,5	16,0	31,0
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	2,67±0,066	37,5±2,78	39,1±1,92	23,4±1,77	9,1±1,29	22,6±4,59

*АР – Архиерейская роща; АЛ – Армячий лог; ПЗ – Попова защита; МШ – Муханово-Шеленково; Р – Рог; К – Кондауровка; ГдЛ – Городской лес; ДБ – Должик-Бессоновский. **Год обследования: 10 – 2010; 11 – 2011; 12 – 2012; 13 – 2013; 14 – 2014; 15 – 2015. ***Данные отсутствуют.

Необходимо отметить наличие очень тесной отрицательной корреляционной связи между КЖ₁₋₆ дубового древостоя и значением доли жизнеспособных деревьев в древостое. В отношении нагорных дубрав: $r = -0,760$ ($t_{\text{факт}} = 4,966 > t_{\text{ст}} = 2,101$, $k = 18$, $P = 0,05$), коэффициент детерминации $r^2 = 0,578$ (т. е. величина доли жизнеспособных деревьев определяет 57,8 % варьирования величины КЖ₁₋₆). В отношении байрачных дубрав: $r = -0,940$ ($t_{\text{факт}} = 11,389 > t_{\text{ст}} = 2,110$, $k = 17$, $P = 0,05$). Коэффициент детерминации $r^2 = 0,884$ (т. е. величина доли жизнеспособных деревьев определяет 88,4 % варьирования величины КЖ₁₋₆).

Доля ограниченно жизнеспособных деревьев (3-я КЖ) в группе древостоев лучшего состояния из состава нагорных дубрав (см. табл. 3, графу 4) колеблется в пределах 17,9...42,7 % при среднем значении (28,5±2,26) %,

в группе древостоев худшего состояния – 24,5...47,3 % и (37,3±2,03) % соответственно. Расчет t-критерия ($t_{\text{факт}} = 2,900 > t_{\text{ст}} = 2,101$, $k = 18$, $P = 0,05$) показывает, что значения доли ограниченно жизнеспособных деревьев в древостоях лучшего состояния из состава нагорных дубрав заметно ниже, чем в древостоях худшего состояния.

Доля ограниченно жизнеспособных деревьев в группе древостоев лучшего состояния из состава байрачных дубрав (см. табл. 4, графу 4) колеблется в пределах 23,6...36,6 % при среднем значении (26,8±1,73) %, а в группе древостоев худшего состояния – 27,2...52,1 % и (39,1±1,92) % соответственно. Расчет t-критерия ($t_{\text{факт}} = 4,760 > t_{\text{ст}} = 2,110$, $k = 17$, $P = 0,05$) показывает, что значения доли ограниченно жизнеспособных деревьев в древостоях лучшего состояния из состава байрачных дубрав заметно ниже, чем в древостоях худшего состояния. Между величинами КЖ₁₋₆ и доли ограниченно жизнеспособных деревьев существует менее тесная положительная взаимосвязь. В отношении древостоев из состава нагорных дубрав: $r = 0,392$ ($t_{\text{факт}} = 1,809 < t_{\text{ст}} = 2,101$, $k = 18$, $P = 0,05$), коэффициент детерминации $r^2 = 0,154$ (т. е. величина доли ограниченно жизнеспособных деревьев определяет 15,4 % варьирования величины КЖ₁₋₆). В отношении древостоев из состава байрачных дубрав: $r = 0,745$ ($t_{\text{факт}} = 4,610 > t_{\text{ст}} = 2,110$, $k = 17$, $P = 0,05$), коэффициент детерминации $r^2 = 0,556$ (т. е. величина доли ограниченно жизнеспособных деревьев определяет 55,6 % варьирования величины КЖ₁₋₆).

Долю усыхающих деревьев, свежего сухостоя и бурелома, старого сухостоя и бурелома (деревья 4–6 КЖ) [6] представляет такая величина, как отпад. Наиболее высоки его значения в группе древостоев худшего состояния (см. табл. 3, 4, графу 5): диапазон значений 12,0...26,2 %, среднее – (18,2±1,48) % (древостой нагорных дубрав); для древостоев байрачных дубрав – 17,1...39,5 % и (23,4±1,77) % соответственно. Существенность различия по значениям этой величины между выборкой, представленной древостоями худшего состояния, и выборкой, представленной древостоями лучшего состояния, подтверждается: $t_{\text{факт}} = 3,730 > t_{\text{ст}} = 2,101$, $k = 18$, $P = 0,05$ (древостой нагорных дубрав); $t_{\text{факт}} = 5,390 > t_{\text{ст}} = 2,110$, $k = 17$, $P = 0,05$ (древостой байрачных дубрав). Между величинами КЖ₁₋₆ и отпада деревьев дуба существует тесная положительная связь. В отношении древостоев из состава нагорных дубрав: $r = 0,931$ ($t_{\text{факт}} = 10,855 > t_{\text{ст}} = 2,101$, $k = 18$, $P = 0,05$), коэффициент детерминации $r^2 = 0,867$ (т. е. величина отпада определяет 86,7 % варьирования величины КЖ₁₋₆). В отношении древостоев из состава байрачных дубрав: $r = 0,962$ ($t_{\text{факт}} = 14,645 > t_{\text{ст}} = 2,110$, $k = 17$, $P = 0,05$), коэффициент детерминации $r^2 = 0,926$ (т. е. величина отпада определяет 92,6 % варьирования величины КЖ₁₋₆).

Наиболее массовыми и опасными видами фитопатогенов для дуба выступают представители *Polyporaceae* [13] из состава общностей ПТГ на дубе, вызывающих ядровые гнили. Распространенность грибов из состава общностей ПТГ на дубе по доле пораженных ими живых деревьев в большинстве обследованных древостоев не превышает 10 % (см. табл. 3, 4, графу 6). Распространенность более 10 % отмечена для отдельных древостоев относительно худшего состояния (см. табл. 3, 4, графу 6).

Исходя из полученных данных, касающихся распространенности в дубовых древостоях грибов – участников общностей ПТГ на дубе (см. табл. 3, 4,

графу 6), следует констатировать, что в древостоях лучшего состояния пораженность ПТГ вегетирующих деревьев дуба в среднем несколько ниже, чем в древостоях худшего состояния: $(7,4 \pm 1,08) \%$ и $(8,6 \pm 1,21) \%$ (нагорные дубравы) и $(6,3 \pm 1,32) \%$ и $(9,1 \pm 1,29) \%$ (байрачные дубравы). Подобная картина наблюдается и среди сухостойной и буреломной части древостоев (см. табл. 3, 4, графу 7). В древостоях лучшего состояния из состава нагорных дубрав (см. табл. 3, графу 7) в среднем поражено $(22,6 \pm 3,52) \%$ сухостойных и буреломных деревьев, в древостоях худшего состояния – $(26,2 \pm 3,66) \%$. В древостоях лучшего состояния из состава байрачных дубрав (см. табл. 4, графу 7) в среднем поражено $(20,3 \pm 3,22) \%$ сухостойных и буреломных деревьев, в древостоях худшего состояния – $(22,6 \pm 4,59) \%$.

В отношении нагорных дубрав (см. табл. 3, графы 6, 7) какие-либо существенные различия между выборками древостоев лучшего и худшего состояния по признакам распространенности ПТГ на живых деревьях ($t_{\text{факт}} = 0,740 < t_{\text{ст}} = 2,101$, $k = 18$, $P = 0,05$), на сухостое и буреломе ($t_{\text{факт}} = 0,710 < t_{\text{ст}} = 2,131$, $k = 15$, $P = 0,05$) фактически отсутствуют. В отношении байрачных дубрав (см. табл. 4, графы 6, 7) какие-либо существенные различия между выборками древостоев лучшего и худшего состояния по признакам распространенности трутовых грибов на живых деревьях ($t_{\text{факт}} = 1,100 < t_{\text{ст}} = 2,110$, $k = 17$, $P = 0,05$), на сухостое и буреломе ($t_{\text{факт}} = 0,410 < t_{\text{ст}} = 2,131$, $k = 15$, $P = 0,05$) также фактически отсутствуют.

Если сопоставить ряды значений средневзвешенной категории состояния жизнеспособности дубовых древостоев ($KЖ_{1-6}$) (см. табл. 3, 4, графу 2) и распространенности видов из состава сообществ ПТГ на живых деревьях дуба (R) в древостоях нагорных и байрачных дубрав (см. табл. 3, 4, графу 6), то обнаруживается достоверная положительная корреляционная взаимосвязь: $r = 0,388$ ($t_{\text{факт}} = 2,562 > t_{\text{ст}} = 2,021$, $k = 37$, $P = 0,05$). Так как условие достоверности корреляционной взаимосвязи выполняется, есть возможность получить регрессионные уравнения взаимозависимостей, представляющие статистические модели.

Статистическая модель, отражающая зависимость средневзвешенной категории состояния жизнеспособности дубовых древостоев в дубравах ($KЖ_{1-6}$) от распространенности видов из состава общностей ПТГ на дубе (R), выглядит следующим образом:

$$Y = 0,0268X + 2,2290.$$

Статистическая модель зависимости величины распространенности видов из состава общностей ПТГ на дубе (R) от величины средневзвешенной категории состояния жизнеспособности дубовых древостоев в дубравах ($KЖ_{1-6}$):

$$Y = 5,6262X - 5,7204.$$

Разработанные модели позволяют оценивать каждую из указанных величин по изменению другой.

Распространенность трутовых грибов, обладающих сапрофитными свойствами, из состава общностей ПТГ на дубе (по доле пораженных ими деревьев) среди сухостоя и бурелома в среднем почти в 3 раза выше, чем среди живых деревьев (см. табл. 3, 4, графы 7, 6). Кроме того, чем выше пораженность вегетирующих деревьев трутовыми грибами, тем выше пораженность ими же сухостоя и бурелома, поскольку между этими

величинами выявляется определенная положительная зависимость. В отношении нагорных дубрав (см. табл. 3, графы 6, 7): $r = 0,550$ ($t_{\text{факт}} = 2,547 > t_{\text{ст}} = 2,131$, $k = 15$, $P = 0,05$), а в отношении байрачных дубрав (см. табл. 4, графы 6, 7): $r = 0,804$ ($t_{\text{факт}} = 5,241 > t_{\text{ст}} = 2,131$, $k = 15$, $P = 0,05$).

Выводы

1. Все обследованные дубовые древостои порослевых нагорных и байрачных дубрав юго-западной части Среднерусской возвышенности отличаются ослабленным состоянием. Выборочные совокупности, составленные из обследованных древостоев, представлены двумя группами: лучшего (средневзвешенная категория состояния жизнеспособности с учетом старого сухостоя $KЖ_{1-6} \leq 2,3$ балла) и худшего ($KЖ_{1-6} \geq 2,4$ балла) санитарного состояния.

2. Для нагорных и байрачных дубрав выявлена достоверная положительная корреляционная взаимосвязь между $KЖ_{1-6}$ и распространенностью видов из состава сообществ ПТГ на дубе (R): $r = 0,388$ ($t_{\text{факт}} = 2,562$, $t_{\text{ст}} = 2,021$, $k = 37$, $P = 0,05$).

3. Разработанные на основе выявленной достоверной положительной корреляционной взаимосвязи статистические модели, отражающие взаимозависимости между указанными величинами ($KЖ_{1-6}(R)$: $Y = 0,0268X + 2,2290$; $R(KЖ_{1-6})$: $Y = 5,6262X - 5,7204$) позволяют оценивать изменения каждой из них по изменению другой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Дунаев А.В. Структура сообществ патогенных трутовых грибов на дубе черешчатом в биоценозах нагорных дубрав юго-запада Среднерусской возвышенности. Белгород: БелГУ, 2017. 228 с. [Dunaev A.V. *Structure of Communities of Pathogenic Polypores on English Oak in the Biocenoses of Upland Oak Forests of the South-West of the Central Russian Upland*. Belgorod, BelSU Publ., 2017. 228 p.]

2. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с. [Lakin G.F. *Biometrics*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 352 p.]

3. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Белгородской области в 2012 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2013 год. Воронеж, 2013. 152 с. [Review on the Sanitary and Forest Pathology State of Forests of the Belgorod Region in 2012 and Prediction of the Forest Pathology Situation for 2013. Voronezh, 2013. 152 p.]

4. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Воронежской области в 2012 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2013 год. Воронеж, 2013. 201 с. [Review on the Sanitary and Forest Pathology State of Forests of the Voronezh Region in 2012 and Prediction of the Forest Pathology Situation for 2013. Voronezh, 2013. 201 p.]

5. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Курской области в 2012 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2013 год. Воронеж, 2013. 129 с. [Review on the Sanitary and Forest Pathology State of Forests of the Kursk Region in 2012 and Prediction of the Forest Pathology Situation for 2013. Voronezh, 2013. 129 p.]

6. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. Прил. 3 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523. Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru> (04.02.16). [Guidance for Planning, Organizing and Conducting Forest Pathology Research. Appendix 3 to the Order of the Federal Forestry Agency (Rosleskhoz) No. 523 Dated December 29, 2007].

7. Сафонов М.А. Ресурсное значение ксилотрофных грибов лесов Южного Приуралья: дис.... д-ра биол. наук. Оренбург, 2006. 468 с. [Safonov M.A. *Resource Value of Xylotrophic Fungi in the Forests of the Southern Urals*: Dr. Biol. Sci. Diss. Orenburg, 2006. 468 p.]

8. Стороженко В.Г. Микоценоз и микоценология. М.: Гриф и К°, 2013. 191 с. [Storozhenko V.G. *Mycocenosis and Mycocenology*. Moscow, Grif i Ko Publ., 2013. 191 p.]

9. Ушаков Е.В. Введение в философию и методологию науки. М.: Экзамен, 2005. 528 с. [Ushakov E.V. *Introduction to the Philosophy and Methodology of Science*. Moscow, Ekzamen Publ., 2005. 528 p.].
10. Шевченко С.В., Цилыурик А.В. Лесная фитопатология. Киев: Вища шк., 1986. 384 с. [Shevchenko S.V., Tsilyurik A.V. *Forest Phytopathology*. Kiev, Vysshaya shkola Publ., 1986. 384 p.].
11. Arnolds E.J.M. *Ecology and Coenology of Macrofungi in Grasslands and Moist Heathlands in Drenthe, the Netherlands. Part 2. Autecology. Part 3. Taxonomy*. Vaduz, Verlag J. Cramer, 1982. 501 p.
12. Dighton J., White J.F., Oudemans P. *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2005. 960 p. DOI: [10.1201/9781420027891](https://doi.org/10.1201/9781420027891)
13. Dunayev A.V., Tokhtar V.K., Dunayeva E.N., Kalugina S.V. Popularity of Species of Polypores which are Parasitic upon Oaks in Coppice Oakeries of the South-Western Central Russian Upland in Russian Federation. *Advances in Environmental Biology*, 2014, vol. 8(13), pp. 34–37.
14. Glaeser J.A., Smith K.T. Decay Fungi of Oaks and Associated Hardwoods for Western Arborists. *Western Arborist*, 2010, no. 1, pp. 32–46.
15. Hawksworth D.L., Mueller G.M. Fungal Communities: Their Diversity and Distribution: Its Organization and Role in the Ecosystem. *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2005, pp. 27–37.
16. Karadzic D. *Forest Phytopathology*. Belgrade, Planet Print, 2010. 774 p.
17. Lonsdale D., Pautasso M., Holdenrieder O. Wood-Decaying Fungi in the Forest: Conservation Needs and Management Options. *European Journal of Forest Research*, 2008, vol. 127, pp. 1–22. DOI: [10.1007/s10342-007-0182-6](https://doi.org/10.1007/s10342-007-0182-6)
18. Lynch S.C., Eskalen A. *Oak Woodlands Disease Management*. Riverside, University of California, 2014. 63 p.
19. Markovic M., Lucic A., Rakonjac L. Impact of *Laetiporus sulphureus* (Bull. ex Fr.) Murrill on Destruction of Oak Wood. *Proceedings of the IV International Symposium "Agrosym 2013"*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 3–6, 2013. Jahorina, University of East Sarajevo, 2013, pp. 161–166. DOI: [10.7251/AGSY1303161M](https://doi.org/10.7251/AGSY1303161M)
20. Mueller G.M., Bills G.F., Foster M.S. *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods*. Boston, Academic Press, 2004. 777 p.

OAK STANDS AFFECTED BY *Polyporaceae* AND THEIR VIABILITY IN THE SOUTH-WEST OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND

A.V. Dunaev, Candidate of Agriculture, Research Scientist; ResearcherID: [AAB-5040-2020](https://orcid.org/0000-0002-9058-7778),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9058-7778>

S.V. Kalugina, Candidate of Biology, Assoc. Prof.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3144-4563>

E.N. Dunaeva, Candidate of Biology, Research Scientist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9568-6065>

A.S. Korotkih, Candidate of Biology, Research Scientist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2483-6334>

A.Yu. Kurskoy, Research Scientist; ResearcherID: [AAB-4876-2020](https://orcid.org/0000-0002-8400-0694),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8400-0694>

M.A. Polshina, Candidate of Geography, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAH-7786-2019](https://orcid.org/0000-0003-0363-1556),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0363-1556>

Belgorod State University, ul. Pobedy, 85, Belgorod, 308015, Russian Federation;
e-mail: Dunaev_A@bsu.edu.ru

One of the reasons for the weakened state of English oak *Quercus robur* L. in coppice oak forests of the southern forest-steppe of European Russia is trunk and butt rots, the causative

agents of which are the representatives of pathogenic polypore fungi (PPF). This article is devoted to the study of the state of oak stands due to the prevalence of PPF on the oak. The research was carried out in the south-western part of the Central Russian Upland in the seasons of 2009–2017. The research objects were coppice oak stands in upland and ravine oak forests with English oak *Q. robur* L. and the PPF species associated with oak. The communities include the following species: *Fistulina hepatica*, *Laetiporus sulphureus*, *Fomitiporia robusta*, *Inocutis dryophila*, *Pseudoinonotus dryadeus*, *Daedalea quercina*, *Hapalopilus croceus*, *Grifola frondosa*, *Fomes fomentarius*, *Polyporus squamosus*. Field surveys were carried out according to a complex methodology using the methods of traditional phytopathology and modern mycocenology and the adapted methods of mycopathocenological surveys. The methodology of cameral research consisted of general scientific methods of systematization of primary empirical data using the methods of descriptive statistics, correlation and regression analysis and estimation of the difference of sample means. As a result of the studies, a significant positive correlation was revealed between the value of the weighted average category of the state of viability of oak stands (CV_{1-6}) and the value of the total prevalence of species from the PPF communities on the oak (R): $r = 0.388$ (Student's t-test $t_{\text{actual}} = 2.562$; the critical value of Student's t-test $t_{\text{st}} = 2.021$; the number of degrees of freedom $k = 37$; the probability of incorrect estimation $P = 0.05$). Statistical models reflecting the interdependencies between these values were obtained: $CV_{1-6}(R): Y = 0.0268X + 2.2290$; $R(CV_{1-6}): Y = 5.6262X - 5.7204$. These models allow estimating changes of each of the specified values by changing the other.

For citation: Dunaev A.V., Kalugina S.V., Dunaeva E.N., Korotkih A.S., Kurskoy A.Yu., Polshina M.A. Oak Stands Affected by *Polyporaceae* and Their Viability in the South-West of the Central Russian Upland. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 6, pp. 22–32. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-22-32

Keywords: oak *Quercus robur* L., oak forests, pathogenic polypore fungi (PPF), Central Russian Upland, category of viability state (CV), tree mortality, correlation, statistical model.

Поступила 22.10.19 / Received on October 22, 2019
