

А.Б. Шишляникова, И.В. Змитрович, Д.А. Данилов, И.В. Бачериков

ЛЕСНАЯ И ЛУГОВАЯ ГРУППЫ ЭКОТИПОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО И ИХ ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Введение. Изучение генетического полиморфизма дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в его российской части ареала демонстрирует пеструю картину [Кулаков и др., 2021]. Более закономерна картина экоморфологической дифференциации дуба черешчатого, связанная с модификационной и онтогенетической изменчивостью этого растения.

О широком полиморфизме побеговой системы дуба черешчатого говорит монограф дуба В.П. Малеев [1936] и называет эту особенность характеристической чертой данного вида. После работы И.Г. Серебрякова [1962] оформилось четкое представление о ширококронной и узкокронной формах дуба черешчатого, причем сам автор в качестве причин воспроизводства этих форм указывал как на онтогенетический статус растения, так и на экологические условия местообитания.

Е.Н. Синская [1948] для оценки экологически обусловленного полиморфизма растений углубляет понятие «экотип». Экотип по Е.Н. Синской – это экологически обусловленное отклонение габитуса по комплексу признаков, своего рода конституция.

Классический пример образования экотипа дуба черешчатого в связи с базипетальным усилением ствола описан И.Г. Серебряковым [1962]. Под пологом леса побеговая система дуба черешчатого проявляет неустойчиво моноподиальное ветвление и главная ось в таких условиях выражена очень слабо. Однако, когда одна из осей (чаще всего не главная) затененного растения оказывается по случайным причинам в лучших условиях освещения, она резко усиливает интенсивность роста. Сильный верхушечный прирост побега вызывает столь же резкую интенсификацию камбиальной деятельности ниже побега на всем протяжении стебля, соединяющего ось с главным корнем растения. Наблюдается быстрое утолщение этого стебля, причем оно начинается наверху и затем перемещается вниз. Усиление роста лидерного побега вызывает коррелятивное ослабление роста других побегов. Ведущий побег замещает оформившуюся в онтогенезе главную ось, стремясь к вертикальному росту, при этом усиливается соответствующая ось корневой системы, компенсирующая нагрузку, связанную с наметившейся асимметрией кроны. Так образуется один из «сильных» лесных экотипов дуба черешчатого.

Экотипы отражают экологическую ситуацию, в которой развивается растение, а также онтогенетические корреляции побеговой системы – как общие, так и экологически обусловленные (развитие ходульных корней на склонах и берегах водоемов, компенсаторные кроновые асимметрии, кущение, вынос кроны над пологом леса). Генетически экотипы гетерогенны, хотя экотипическую дифференциацию многие исследователи считают первичным материалом для экологического видообразования.

Дальнейшая разработка проблематики экотипической дифференциации дуба черешчатого связана с классификацией архитектурных типов кроны [Антонова, Азова, 1999; Дятлов, 2006; Стаменов, 2020, 2021, 2022], закладывающихся в виргинильном состоянии, но трансформирующихся в ходе генеративного периода. Основными типами преобразований архитектуры кроны являются: 1) акропетальное отмирание ветвей вдоль ствола, 2) базипетальное отмирание побеговых систем, 3) образование вторичной кроны, 4) отклонение ствола от ортотропного роста, 5) усиление полиархического плана организации ствола, 6) тенденция к пониканию ветвей, 7) нарушение зонирования кроны, 8) усиление полиархического плана организации ветвей и 9) проявление процессов немедленной реитерации, причем наиболее распространенным путем является акропетальное отмирание ветвей вдоль ствола. В этих работах показано, что основным экологическим фактором, влияющим на архитектуру кроны в генеративном периоде онтогенеза, выступает уровень освещенности. В условиях сомкнутого роста старение особи дуба черешчатого, помимо количественных, сопровождается и качественными изменениями, заключающимися прежде всего в охвате крупных осей кроны симподиальными побеговыми комплексами [Астапова, 1954; Ильющенко, Романовский, 2000; Бобровская, 2001; Иванова, Мазуренко, 2013; Антонова, Фатьянова, 2016; Стаменов, 2022].

Классификация экотипов определяется целями исследования; основными классификационными подходами будут структурный (особенности побеговой архитектуры), макроморфологический (общий контур кроны), экологический (приуроченность к определенному местообитанию).

По экологической приуроченности выделяются две главные группы экотипов дуба черешчатого – луговая (деревья на большей части онтогенеза не испытывают бокового затенения) и лесная (деревья изначально и на протяжении всего онтогенеза испытывают в большей или меньшей степени боковое, а часто и верхушечное затенение) [Стаменов, 2021].

Цель работы – анализ макроморфологических параметров кроны, собственных лесной и луговой группам экотипов дуба черешчатого, и сравнительно-фитопатологическая характеристика этих двух групп экотипов.

Материалы и методы. Нами было отобрано 14 особей дуба черешчатого субсенильного возраста ($VI <$ класс возраста), приуроченных в настоящее время к открытым пространствам (дубы-солитеры). В качестве характеристической особенности этой группы экотипов была рассмотрена ширина кроны, количественной оценкой которой является отношение высоты дерева к максимальной ширине кроны:

$$q = h / (w : 2), \quad (1)$$

где q – кроновый коэффициент, h – высота дерева, w – ширина кроны. Данные о модельных деревьях луговой (Лг) группы экотипов дуба черешчатого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Модельные деревья луговой группы экотипов дуба черешчатого

Model trees of the meadow group of ecotypes of *Quercus robur*

Условное обозначение	Местонахождение*
Лг1	Смоленская область, Вяземский район, г. Вязьма
Лг2	Ленинградская область, Кингисеппский район, Вистинское сельское поселение, дер. Пахомовка
Лг3	Ленинградская область, Кингисеппский район, Фалилеевское сельское поселение, дер. Домашово
Лг4	Ленинградская область, Всеволожский район, Рахьинское городское поселение, дер. Ириновка («Ириновский дуб»)
Лг5	г. Санкт-Петербург, наб. Свердловская, д. 4, лит. Б, Свердловский сад
Лг6	Псковская область, Порховский район, Дубровенская волость, дер. Опоки
Лг7	Ленинградская область, Волосовский район, Бегуницкое сельское поселение, дер. Синковицы
Лг8	Тульская область, Щекинский район, Природный парк «Малиновая засека»
Лг9	Ленинградская область, Кингисеппский район, Вистинское сельское поселение дер. Мишино
Лг10	Псковская область, Пушкиногорский район, музей-заповедник А.С. Пушкина «Михайловское»
Лг11	г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Баболовский парк
Лг12	Смоленская область, Вяземский район, Хмелитское сельское поселение, с. Хмелита
Лг13	г. Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5, Ботанический сад СПбГЛТУ
Лг14	г. Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5, Ботанический сад СПбГЛТУ

Примечание: *упорядочены по увеличению значения кронового коэффициента

Для сравнения нами случайным образом были отобраны из лесных экотипов дуба также 14 деревьев субсенильного возраста ($VI <$ класс возраста), их крона была охарактеризована тем же параметром. Данные о модельных деревьях лесной (Лс) группы экотипов дуба черешчатого приведены в табл. 2.

Поскольку кроновый коэффициент характеризует отношение, поддающееся масштабированию, в нашей модели все изображения деревьев были приведены к единой высоте, а высота и ширина изображений выражены в условных единицах (рис. 1, 2). Онтогенетическое состояние всех модельных объектов оценивалось как субсенильное (позднегенеративное).

Таблица 2

Модельные деревья лесной группы экотипов дуба черешчатого

Model trees of the forest group of ecotypes of *Quercus robur*

Условное обозначение	Местонахождение*
Лс1	Псковская обл., Гдовский район, Добручинская волость, дер. Доможирка
Лс2	г. Санкт-Петербург, парк культуры и отдыха «Екатерингоф»
Лс3	г. Санкт-Петербург, ГПЗ «Северное побережье Невской губы»
Лс4	Ленинградская обл., г. Всеволожск, Приютино
Лс5	г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Баболовский парк
Лс6	г. Санкт-Петербург, г. Сестрорецк, Парк Дальние Дубки
Лс7	г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Баболовский парк
Лс8	Ленинградская обл., Кингисеппский район, ГПКЗ «Дубравы у деревни Велькота»
Лс9	Тульская область, Щекинский район, Селивановская лесная дача Крюковского участкового лесничества
Лс10	г. Санкт-Петербург, ГПЗ «Северное побережье Невской губы», Ближние Дубки
Лс11	г. Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5, Ботанический сад СПбГЛТУ
Лс12	Ленинградская обл., Кингисеппский район, ГПКЗ «Дубравы у деревни Велькота»
Лс13	Тульская область, Щекинский район, Селивановская лесная дача Крюковского участкового лесничества
Лс14	г. Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5, Ботанический сад СПбГЛТУ

Примечание: *упорядочены по увеличению значения кронового коэффициента

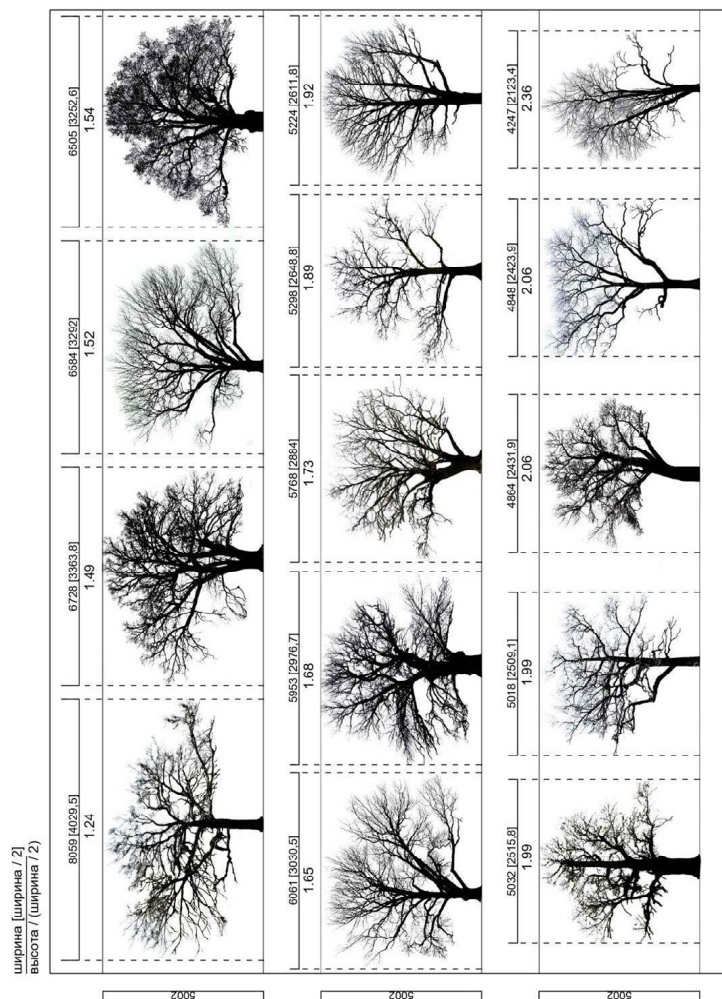


Рис. 1. Луговая (Лг 1–14, нумерация слева направо в верхнем, далее – среднем и нижнем рядах) группа экотипов дуба черешчатого: кроновые соотношения (высота и ширина – в условных единицах, соответствующих ячейкам сгенерированной компьютерной координатной сетки)
Fig. 1. Meadow group of ecotypes of *Quercus robur*: crown ratios (Лг 1–14, numbered from left to right in the top, then middle and bottom rows, height and width – in conventional units corresponding to the cells of a computer-generated coordinate grid)

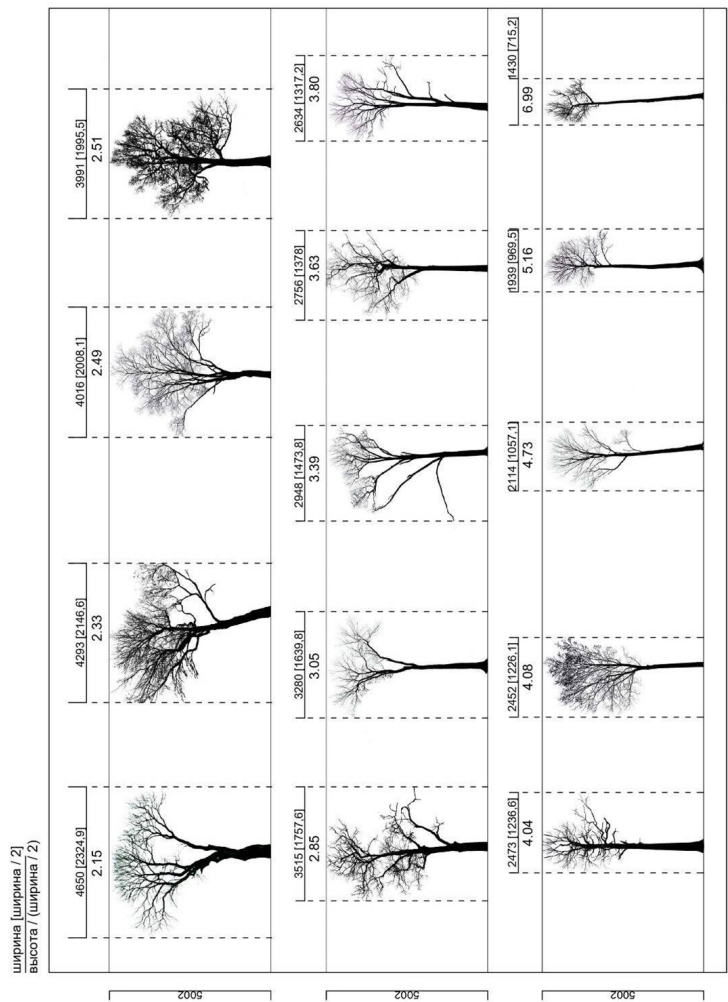


Рис. 2. Лесная (1с 1–14, нумерация слева направо в верхнем, далее – среднем и нижнем рядах) группа экотипов дуба черешчатого: кроновые соотношения (высота и ширина – в условных единицах, соответствующих ячейкам стегерированной компьютером координатной сетки)
Fig. 2. Forest group of ecotypes of *Quercus robur*: crown ratios (1с 1–14, numbered from left to right in the top, then middle and bottom rows, height and width – in conventional units corresponding to the cells of a computer-generated coordinate grid)

Диаметр дерева замеряли рулеткой для измерения диаметра Richter (на высоте 1,3 м). Высоту дерева замеряли лазерным дальномером Nikon Forestry Pro. Возраст дерева, наличие скрытой гнили в древесине в полевых условиях определяли при помощи приростного (возрастного) бурава 1000/39” мм Haglof. При исследовании кроны отбирали побеги, несущие признаки усыхания и ослабления, с использованием высотореза (сучкореза) для деревьев Fiskars UP84 на удлинительной штанге. На полевых работах использовали фотокамеру Nikon D3200 (сменные объективы AF-S Nikkor 55 – 300 мм и 18–15 мм).

Собранный материал депонировали в гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН РАН) (дубликаты хранятся в Санкт-Петербургском лесотехническом университете им. С.М. Кирова). Определение грибов осуществляли с использованием ряда определительных пособий [Dennis, 1978; Jülich, Stalpers, 1980; Sutton, 1980; Ellis, Ellis, 1997; Braun, Cook, 2012].

Идентификацию грибов проводили с использованием светового микроскопа AxioImager A1 на базе лаборатории систематики и географии грибов БИН РАН. Микропрепараты готовили с использованием 5%-го раствора КОН. Измерения микроструктур производили в дистиллированной воде.

При оценке состояния отдельных деревьев и древостоев дуба применяли подход, основанный на глазомерной оценке признаков и определении категорий (баллов) состояния [Мозолева и др., 1984; Кузьмичев и др., 2004]. При обследовании дубовых насаждений парков и ООПТ была принята специализированная шкала категорий состояния дуба [Звягинцев и др., 2019] с дополнениями [Селочник, Каплина, 2011; Фурменкова, Кочергина, 2021].

Пораженность кроны ключевыми грибными агентами усыхания учитывалась по следующим шкалам, разработанным авторами статьи.

- пораженность кроны *Colpoma quercinum* (Pers.) Wallr.: 1 балл – нижняя часть кроны, поражено 5–10% кроны; 2 балла – нижняя и частично средняя часть кроны, поражено 10–25% кроны; 3 балла – средняя и частично верхняя часть кроны, поражено 25–40% кроны; 4 балла – преимущественно верхняя часть кроны, поражено 40–60% кроны; 5 баллов – поражено 60–80% кроны; 6 баллов – поражено более 80% кроны;
- пораженность кроны *Vuilleminia comedens* (Nees) Maire: 1 балл – нижняя часть кроны, поражено 5–10% кроны; 2 балла – нижняя

и частично средняя часть кроны, поражено 10–15% кроны; 3 балла – средняя и частично верхняя часть кроны, поражено 15–20% кроны; 4 балла – преимущественно верхняя часть кроны, поражено 20–40% кроны; 5 балла – поражено 40–60% кроны; 6 баллов – поражено 60–80% кроны.

Полученные результаты обрабатывали при помощи табличного процессора MS Excel, пакета прикладных программ STATISTICA 11.0 [Боровиков, 2001]. В качестве статистических методов применяли непараметрические тесты, т.к. выборки из переменных принадлежат к интервальной шкале (ранги) и не подчиняются нормальному распределению [Chang, 2003; Мастицкий, Шитиков, 2014; Баврина, 2020, 2021].

Для корректного применения непараметрических тестов значения диаметров (шкала четная, через 2 см) были приведены к рангам. Ранг (по диаметру ствола на высоте 1,3 м): 1 – до 10 см; 2 – 12–20 см; 3 – 22–30 см; 4 – 32–40 см; 5 – 42–50 см; 6 – 52–60 см; 7 – 62–70 см; 8 – 72–80 см; 9 – 82–90 см; 10 – 92–100 см; 11 – 102–110 см; 12 – 112–120 см; 13 – 122–130 см; 14 – 132–140 см; 15 – 142–150 см; 16 – 152–160 см; 17 – 162–170 см; 18 – 172–180 см; 19 – 182–190 см; 20 – 192–200 см; 21 – 202–210 см; 22 – 212–220 см; 23 – 222–230 см; 24 – 232–240 см; 25 – 242–250 см.

Сравнение групп выполняли при помощи непараметрического дисперсионного анализа или критерия Краскела–Уоллиса (англ. Kruskal–Wallis ANOVA by ranks или Kruskal–Wallis rank sum test). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$ [Любищев, 1986; Унгуряну, Гржибовский, 2014]. Исследование взаимосвязи между двумя переменными выполняли при помощи корреляционного анализа с использованием непараметрического коэффициента корреляции Спирмена. Уровень значимости коэффициента корреляции принимается $p \leq 0,05$ [Баврина, 2021].

Результаты исследования. Практика показывает, что лесная группа экотипов дуба черешчатого распространена намного шире луговой, поскольку даже в парках, где дуб черешчатый был высажен искусственно на открытых пространствах, с течением времени ситуация менялась и изначально опушечные особи начинали испытывать слабое или сильное боковое затенение (рис. 1, 2).

Анализируя полученные выборки (14 деревьев луговой группы экотипов и 14 деревьев лесной группы), мы получили два ряда «кроновых коэффициентов», взаимоналагающихся на небольшом отрезке (выделено

полужирным), характеризующих экоморфологический континуум дуба черешчатого:

1) луговая группа экотипов:

Лг1	Лг2	Лг3	Лг4	Лг5	Лг6	Лг7	Лг8	Лг9	Лг10	Лг11	Лг12	Лг13	Лг14
1,24	1,49	1,52	1,54	1,65	1,68	1,73	1,89	1,92	1,99	1,99	2,06	2,06	2,36

2) лесная группа экотипов:

Лс1	Лс2	Лс3	Лс4	Лс5	Лс6	Лс7	Лс8	Лс9	Лс10	Лс11	Лс12	Лс13	Лс14
2,15	2,33	2,49	2,51	2,85	3,05	3,39	3,53	3,80	4,04	4,08	4,73	5,16	6,99

Крона представителей луговой группы экотипов дуба черешчатого широкая – в оптимальных условиях превышающая высоту дерева (Лг 1–11), вся телом-ризомная система дерева в этом случае практически вписывается в сферу. Крона представителей лесной группы вариабельна, но в среднем в 2, в крайнем случае – в 3,5 раза (Лс14) меньше высоты дерева.

Следует отметить конгруэнтность групп экотипов, выделенных на основе экологического (приуроченность к испытывающим, либо не испытывающим боковое затенение местообитаниям) и макроморфологического (кроновый коэффициент) принципов. Деревья луговой группы экотипов имеют полушаровидную, волчковидную, редко щитковидную крону большого диаметра. Деревья лесной группы экотипов имеют более узкую крону цилиндрической, яйцевидной и щитковидно-волчковидной формы, часто с элиминированными нижними венцами, но главное, как нам указывает кроновый коэффициент, проекция кроны деревьев лесной группы экотипов всегда меньше таковой у деревьев луговой группы. Соответственно, меньше ее «приведенная поверхность» [Алеев, 1986]. Деревья, как модульные организмы [Нухимовский, 1997; Антонова, Лагунова, 1999; Змитрович, 2006], могут разворачивать фотосинтезирующую поверхность, сформированную стереотипными модулями в виде терминальных побегов, на различных плоскостях, определяемых соотношением структурообразующих осей. Куполообразная крона большого диаметра будет иметь максимальную фотосинтезирующую/транспирирующую поверхность, определяющую уровень синтеза и притока метаболитов, интенсивность ксилемного и флоэмного трафика, скорость первичного и вторичного роста – с последним связаны параметры фитоиммунитета.

Табл. 4 содержит результаты сравнения деревьев лесной и луговой групп экотипов дуба черешчатого на предмет пораженности основными агентами усыхания кроны (*Colpoma quercinum*, *Vuilleminia comedens*),

ствола (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill) и корневой системы (*Armillaria lutea* Gillet) и выраженности внешних патологий (сухобокость, обдир, ошмыг, морозобоины, прорость, наклон ствола, наплывы, каповые наросты на стволе, изреженная крона, многочисленные водяные побеги, толстые скелетные ветви, усыхание скелетных ветвей, облом скелетных ветвей, усыхание вершины, облом вершины).

Таблица 4

**Сравнительная фитопатологическая характеристика луговой
и лесной групп экотипов дуба черешчатого**

**Comparative phytopathological characteristics of meadow and forest groups
of ecotypes of common oak**

№ п/п	Диаметр ствола, см	Ранг по диа- метру	Категория состояния, балл	<i>Colpoma quercinum</i> , балл	<i>Vuilleminia comedens</i> , балл	Гни- ли	Базидиомы / рак	Патологии
Луговая группа экотипов								
1	104	11	1	1	1	–	–	–
2	200	20	1,5	1	1	1	1	2, 6
3	144	15	1,5	1,5	1,5	–	–	3, 6, 8
4	204	21	1,5	1	1	1	1	5, 6, 13
5	140	14	1	1	1	–	–	1, 6, 13
6	204	21	1,5	1,5	1	1	–	6, 13
7	170	17	2,5	1,5	1	1, 2	–	5, 6, 12, 13
8	86	9	1	1	1	–	–	12
9	122	13	1	1,5	1	1	–	1, 6
10	140	14	1,5	1,5	1	–	–	12
11	88	9	1	1	1	–	–	1
12	142	15	1	1	1	–	–	1, 5, 6, 12
13	112	12	1	11	1	–	–	6
14	142	15	1	1	1	–	–	6
Лесная группа экотипов								
1	105	11	3,5	5,5	6	1, 3	1, 7	5, 6, 8, 10, 11
2	122	13	3,5	5	5,5	1, 3	–	5, 6, 11
3	92	10	3	4,5	5	–	–	1, 5, 11
4	114	12	3	4	5	2	–	11

Окончание табл. 4

№ п/п	Диаметр ствола, см	Ранг по диаметру	Категория состояния, балл	<i>Colpota quercinum</i> , балл	<i>Vuilleminia comedens</i> , балл	Гнили	Базидиомы / рак	Патологии
5	116	12	3,5	4,5	5	1	1	5, 6, 8, 11
6	84	9	3,5	6	6	2	–	1, 6, 8, 11
7	86	9	3,5	5,5	6	2	–	1, 6, 8, 11
8	80	8	3,5	5	5,5	1	1	2, 6, 8, 11
9	84	9	3,5	5	5,5	1	–	1, 6, 8, 11
10	124	13	3,5	5,5	6	1	7	1, 6, 8, 10
11	78	8	3,5	4,5	5	–	–	1, 11
12	76	8	3,5	5,5	6	2	1	1, 5, 6, 8, 11
13	78	8	3,5	5,5	6	2	–	2, 5, 6, 8, 11
14	68	7	3,5	5,5	6	2	–	1, 5, 6, 8, 11

Примечание: наличие дупел (пораженность гнилями) учитывалось как: 1 – дупла по всей длине ствола, в т. ч. сквозные; гниющие сучья – стволовые гнили; 2 – дупла в комлевой части ствола; до 2 м по высоте ствола – комлевые гнили; 3 – некроз коры ствола – гниль корней. Дополнительно учитывались следующие внешние патологии деревьев дуба: 1 – крупные морозные трещины; 2 – сухобокость; 3 – прорость; 4 – обдир, ошмыг; 5 – наклон (кривизна) ствола; 6 – толстые скелетные ветви; 7 – облом вершины; 8 – облом скелетных ветвей; 9 – усыхание вершины; 10 – усыхание скелетных ветвей; 11 – изреженная (очень маленькая) крона; 12 – многочисленные водяные побеги; 13 – наплывы, каповые наросты

Данные табл. 3 явно свидетельствуют в пользу лучшего фитопатологического состояния деревьев луговой группы экотипов дуба черешчатого.

Проведенный ранговый дисперсионный анализ по критерию Краскела – Уоллиса показал статистически значимое различие между двумя выборками: на уровне $p \leq 0,00001$ при $p < 0,05$, деревья луговой и лесной групп экотипов дуба черешчатого статистически значимо различаются по категории состояния.

Анализ поражения ветвей крон деревьев луговой и лесной групп экотипов по критерию Краскела – Уоллиса выявил статистически значимое различие между двумя выборками на уровне $p \leq 0,00001$ при $p < 0,05$ для *Colpota quercinum* и для *Vuilleminia comedens*, что указывает на разную устойчивость деревьев различных групп экотипов дуба к этим патогенам.

Для выявления корреляции диаметров стволов деревьев луговой и лесной групп экотипов дуба черешчатого с категорией состояния и пора-

жениями кроны *Colpota quercinum* и *Vuilleminia comedens* был проведен ранговый корреляционный анализ по критерию Спирмена, который показал следующее:

1. Для деревьев луговой группы экотипов выявлена статистически значимая связь между рангом диаметра дерева и категорией состояния $R_s = 0,73$ при $p < 0,05$; для деревьев лесной группы экотипов достоверной связи не выявлено (корреляция не прослеживается), $R_s = -0,28$;

2. Для деревьев луговой группы экотипов выявлена умеренная корреляция поражения кроны *Colpota quercinum* с рангом диаметра ствола, но статистически она не значима, $R_s = 0,24$;

3. Для деревьев лесной группы экотипов корреляция поражения кроны *Colpota quercinum* с рангом диаметра ствола слабая, статистически не значима, $R_s = -0,20$;

4. Для деревьев луговой группы экотипов выявлена слабая корреляция поражения кроны *Vuilleminia comedens* с рангом диаметра дерева, но она статистически не значима, $R_s = 0,10$;

5. Для деревьев лесной группы экотипов корреляция поражений кроны *Vuilleminia comedens* с рангом диаметра дерева не прослеживается, т.к. статистически не значима, $R_s = -0,26$.

Таким образом, на фитопатологическое состояние деревьев двух сравниваемых групп экотипов дуба черешчатого значимо влияет величина проекции кроны, выражаемая через кроновый коэффициент.

Обсуждение. Причину большей резистентности деревьев луговой группы экотипов мы усматриваем в большей фотосинтетической поверхности, позволяющей поддерживать разброс осей, обеспечивающих максимальную величину приведенной поверхности и перепроизводство ресурсов для вторичного роста (камбий, кора, заболонь), обеспечивающего высокий иммунный статус растения. Деревья луговой группы экотипов характеризуются активной наработкой в первое столетие жизни запаса ксилемы (формируют толстый штаб и мощные скелетные ветви), так что ко времени ослабления иммунитета и сопутствующему поражению ядровой гнилью *Laetiporus sulphureus* у дерева формируется запас механической устойчивости, и воздействие стволового патогена долгие годы мало отражается на происходящих в кроне процессах. Теневые экотипы дуба черешчатого за первые 50 лет жизни не успевают наработать подобный запас, их иммунитет снижается раньше, и они чаще поражаются возбудителями периферических гнилей, ведущих к быстрой деградации скелетных ветвей и активизации в кроне *Vuilleminia comedens*, что ведет к возникновению

«петли положительной обратной связи», ведущей к снижению жизненного состояния дерева.

В природе растения луговой группы экотипов воспроизводятся на вершинах аллювиальных наносов неморальных пойм, где они не испытывают бокового затенения. Субсенильные особи пойменных дубов характеризуются полым штамбом, образовавшимся в результате ядровой бурой гнили с последующей ее выгрузкой через комлевые морозобоины, мощной корой и заболонью и безвредными для системы терминальных побегов процессами самоочищения кроны (*Colpoma quercinum*, *Vuilleminia comedens*, *Diatrypella quercina*, *Peniophora quercina*). Без резких колебаний гидрологического режима и антропогенных воздействий такие дубы могут стареть столетиями.

Основным негативным фактором, влияющим на деревья дуба черешчатого в сомкнутых древостоях, является затенение нижних ветвей. Особенно характерны примеры вторичного затенения дуба черешчатого, высаженного на расчищенные от леса пространства, но в дальнейшем угнетаемого сменяющимися друг друга зональными древесными мозаиками. Один из таких примеров можно наблюдать в заброшенном парке «Ближние Дубки». К настоящему времени в нем сохранилось несколько десятков этих дубов. Они являются почти ровесниками Санкт-Петербурга и достигли возраста 300 лет, а некоторые превышают этот возраст [Фирсов и др., 2020]. Впоследствии оставшиеся дубы окружил восстанавливающийся березово-осиново-черноольховый лес, а старые деревья дуба черешчатого стали усыхать.

Вторым после затенения важным фактором, влияющим на жизненность деревьев дуба черешчатого, особенно на северной границе его распространения, является застойное увлажнение почвы, с которым деревья лесной группы экотипов сталкиваются чаще, нежели деревья луговой группы. Достаточно вспомнить, что в поймах деревья дуба (луговая группа экотипов) приурочены к дренированной части аллювия (само всхолмление, занимаемое пойменным дубом, представляет собой результат эрозии не скрепленных корневыми системами участков аллювиального валика), корневые системы обеспечены кислородом, а обогащающие почву в ходе паводков иловатые частицы богаты кальцием, калием и алюминием, не закисляют почву и не ведут к процессу оглеения, развивающемуся в условиях застойного увлажнения. Неаэрируемые корневые системы дуба черешчатого, особенно сталкивающиеся с окислами железа и сообществами окисляющих железо и восстанавливающих серу бактерий, склонны к отмиранию, выпревающая древесина подвержена морозобоинам и последующей атаке агрессивного корневого патогена *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. [Фирсов и др., 2021].

Выводы:

1. Анализ макроморфологических параметров кроны, свойственных лесной и луговой группам экотипов дуба черешчатого выявил различия между ними в значении кронового коэффициента: ширина кроны луговых экотипов дуба черешчатого превышает их высоту или примерно равна ей, а площадь фотосинтезирующей поверхности больше, чем у деревьев лесной группы экотипов;

2. Деревья луговой и лесной группы экотипов различаются по резистентности к грибным агентам усыхания кроны (*Colpoma quercinum*, *Vuillemnina comedens*) и ствола (*Laetiporus sulphureus*, *Fomitiporia robusta*), поскольку деревья лесных экотипов быстрее теряют затененные скелетные ветви и поражаются заболонным трутовиком *Fomitiporia robusta*, в то время как луговые экотипы успевают наработать к субсенильному возрасту мощный слой коры и заболони, а их поражение ядровым трутовиком *Laetiporus sulphureus* ведет преимущественно к ксилолизу ядра и не связано с системными поражениями.

Сведения о финансировании исследования. Исследования поддержаны Российским Научным Фондом, проект № 24-16-00092 «Взаимосвязи насекомых-вредителей и патогенных организмов и ответные реакции древесных растений северо-запада европейской части России: мониторинг и методы контроля плотности популяций вредителей и патогенов».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Алеев Ю.Г. Экоморфология. Киев: Наукова думка, 1986. 424 с.
- Антонова И.С., Азова О.В. Архитектурные модели кроны древесных растений // Бот. журн. 1999. Т. 84, № 3. С. 10–28.
- Антонова И.С., Лагунова Н.Г. О модульной организации некоторых групп высших растений // Журн. общей биол. 1999. № 1. С. 49–59.
- Антонова И.С., Фатьянова Е.В. О системе уровней строения кроны деревьев умеренной зоны // Бот. журн. 2016. Т. 101, № 6. С. 628–649.
- Астапова Т.Н. Рост и формирование побегов дуба в лесах Подмосковья // Уч. зап. Московского городского пед. ин-та им. В.П. Потемкина. 1954. Т. 37. С. 135–155.
- Баврина А.П. Основные понятия статистики // Медицинский альманах. 2020. № 3(64). С. 101–111.
- Баврина А.П. Современные правила применения корреляционного анализа // Медицинский альманах. 2021. № 3 (68). С. 70–79.
- Баврина А.П. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных // Медицинский альманах. 2021. № 1 (66). С. 64–73.

Бобровская Н.Е. Формирование структуры крон лиственных и хвойных деревьев в онтогенезе: дис. ... канд. биол. наук. М., 2001. 295 с.

Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер, 2001. 650 с.

Дятлов В.В. Поливариантность структуры особей *Quercus robur* в условиях фитоценозов речных пойм некоторых районов Костромской области // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. 2006. № 4. С. 11–15.

Звягинцев В.Б., Блинов А.И., Козел А.В., Кухта В.Н., Сазонов А.А., Середич М.О., Хвасько А.В. Защита леса. Минск: БГТУ, 2019. 164 с.

Змитрович И.В. Растительные эпифеномены и их экоморфологическая сущность // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2006. Вып. 7. С. 3–29.

Иванова А.В., Мазуренко М.Т. Варианты реализации онтогенетической траектории *Quercus robur* (Fagaceae) Самарской области // Бот. журн. 2013. Т. 98, № 8. С. 1014–1030.

Ильющенко А.Ф., Романовский М.Г. Формирование вторичной кроны дуба и ее роль в динамике состояния древостоев // Лесоведение. 2000. № 3. С. 65–72.

Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевская Е.Г. Болезни древесных растений. Справочник. Т. 1. М.: ВНИИЛМ, 2004. 120 с.

Кулаков Е.Е., Воробьева Е.А., Сиволапов В.А., Карпеченко Н.А. Оценка полиморфизма дуба черешчатого (*Quercus robur*) с помощью SSR-анализа // Лесной вестник. 2021. Т. 25, № 4. С. 44–51.

Любичев А.А. Дисперсионный анализ в биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 200 с.

Малеев В.П. *Quercus* L. (дуб) // Флора СССР. Л., 1936. Т. 5: Ивовые, березовые, гречишные и др. С. 339–341.

Мастыцкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. 2014. URL: <http://r-analytics.blogspot.com> (дата обращения: 22.04.2024)

Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Семенкова И.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесная промышленность, 1984. 152 с.

Нухимовский Е.Л. Основы биоморфологии семенных растений. Т. 1. Теория организации биоморф. М.: Недра, 1997. 630 с.

Селочник Н.Н., Каплина Н.Ф. Оценка состояния дубрав с учетом развития крон деревьев в неблагоприятных условиях: антропогенных (Московский регион) и климатических (лесостепь) // Вестник Моск. гос. ун-та леса. Лесн. вестник. 2011. № 4 (80). С. 103–108.

Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высш. шк., 1962. 378 с.

Синская Е.Н. Динамика вида. М.; Л.: Сельхозгиз, 1948. 526 с.

Стаменов М.Н. Поливариантность габитуса виргинильных и молодых генеративных особей *Quercus robur* L. (Fagaceae) в фитоценозах бассейна Верхней и Средней Оки // Фиторазнообразия Восточной Европы. 2020. Т. 19, № 1. С. 66–90.

Стаменов М.Н. Архитектура кроны дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в генеративном периоде онтогенеза в фитоценозах северной лесостепи Тульской области // Разнообразие растительного мира. 2021. № 2 (9). С. 5–39.

Стаменов М.Н. Архитектура кроны генеративных особей дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в фитоценозах Тульских засек // Разнообразие растительного мира. 2022. № 1 (12). С. 5–27.

Унгурияну Т.Н., Гржибовский А.М. Сравнение трех и более независимых групп с использованием непараметрического критерия Краскела-Уоллиса в программе STATA // Экология человека. 2014. № 6. С. 55–58.

Фирсов Г.А., Бялт В.В., Хмарик А.Г. Деревья и кустарники парка «Дубки» (Санкт-Петербург, Россия). М.: Роса, 2020. 96 с.

Фирсов Г.А., Ярмишко В.Т., Змитрович И.В., Бондарцева М.А., Волобуев С.В., Дудка В.А. Морозобоины и патогенные ксилотрофные грибы в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого. СПб.: Ладога, 2021. 304 с.

Фурменкова Е.С., Кочергина М.В. Методы диагностики состояния древесных растений по внешним патологическим признакам // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2021. № 4 (65). С. 164–171.

Braun U., Cook R.T.A. Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews) // CBS Biodiversity series. 2012. Vol. 11. 707 p.

Chang Y.H. Biostatistics 101: Data presentation // Singapore Medical Journal. 2003. No. 6. P. 280–285.

Dennis R.W.G. British Ascomycetes. Vaduz: J. Cramer, 1978. 585 p.

Ellis M.B., Ellis J.P. Microfungi on land plants: an identification handbook. New enlarged edition. Slough: Richmond P.C., 1997. 868 p.

Jülich W., Stalpers J.A. The resupinate non-poroid Aphyllophorales of the temperate Northern hemisphere. Amsterdam etc.: North-Holland Publ. Co., 1980. 335 p.

Sutton B.C. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata. Kew: CMI, 1980. 696 p.

References

- Aleev Yu.G. Ecomorphology. Kiev: Naukova Dumka, 1986. 424 p. (In Russ.)
- Antonova I.S., Azova O.V. Architectural models of the crown of woody plants. *Botanicheskij zhurnal*, 1999, vol. 84, no. 3, pp. 10–28. (In Russ.)
- Antonova I.S., Fatyanova E.V. On the system of tree crown structure levels in the temperate zone. *Botanicheskij zhurnal*, 2016, vol. 101, no. 6, pp. 628–649. (In Russ.)
- Antonova I.S., Lagunova N.G. On the modular organization of some groups of higher plants. *Zhurnal obshchey biologii*, 1999, no. 1, pp. 49–59. (In Russ.)
- Astapova T.N. Growth and formation of oak shoots in the forests of the Moscow region. *Uchenyye zapiski Moskovskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta imeni V.P. Potemkina*, 1954, vol. 37, pp. 135–155. (In Russ.)
- Bavrina A.P. Basic concepts of statistics. *Medical almanac*, 2020, no. 3(64), pp. 101–111. (In Russ.)

Bavrina A.P. Modern rules of application of correlation analysis. *Medical almanac*, 2021, no. 3 (68), pp. 70–79. (In Russ.)

Bavrina A.P. Modern rules for the application of parametric and nonparametric criteria in the statistical analysis of biomedical data. *Meditinskiy almanakh*, 2021, no. 1 (66), pp. 64–73. (In Russ.)

Bobrovskaya N.E. Formation of the crown structure of deciduous and coniferous trees in ontogenesis: Diss. ... Cand. Biol. Sci. Moscow, 2001. 295 p. (In Russ.)

Borovikov V.P. STATISTICA: the art of data analysis on a computer. St. Petersburg: Piter, 2001. 650 p. (In Russ.)

Braun U., Cook R.T.A. Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews). *CBS Biodiversity series*, 2012, vol. 11, 707 p.

Chang Y.H. Biostatistics 101: Data presentation. *Singapore Medical Journal*, 2003, no. 6. pp. 280–285.

Dennis R.W.G. British Ascomycetes. Vaduz: J. Cramer, 1978. 585 p.

Dyatlov V.V. Polyvariance of the structure of *Quercus robur* individuals in the conditions of phytocenoses of river floodplains of some areas of the Kostroma region. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta imeni N.A. Nekrasova*, 2006, no. 4, pp. 11–15. (In Russ.)

Ellis M.B., Ellis J.P. Microfungi on land plants: an identification handbook. New enlarged edition. Slough: Richmond P.C., 1997. 868 p.

Firsov G.A., Byalt V.V., Khmarik A.G. Trees and shrubs of the Dubki Park (St. Petersburg, Russia). Moscow: Rosa, 2020. 96 p. (In Russ.)

Firsov G.A., Yarmishko V.T., Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Volobuev S.V., Dudka V.A. Frost cracks and pathogenic xylophilic fungi in the arboretum park of the Peter the Great Botanical Garden. St. Petersburg: Ladoga, 2021. 304 p. (In Russ.)

Furmenkova E.S., Kochergina M.V. Methods for diagnosing the condition of woody plants by external pathological signs. *Trudy Buryatskoy selskokhozyaystvennoy akademii imeni V.R. Filippova*, 2021, no. 4 (65), pp. 164–171. (In Russ.)

Ilyushenko A.F., Romanovsky M.G. Formation of the secondary crown of oak and its role in the dynamics of the state of tree stands. *Lesovedenie*, 2000, no. 3, pp. 65–72. (In Russ.)

Ivanova A.V., Mazurenko M.T. Variants of the implementation of the ontogenetic trajectory of *Quercus robur* (Fagaceae) in the Samara region. *Botanicheskiy zhurnal*, 2013, vol. 98, no. 8, pp. 1014–1030. (In Russ.)

Jülich W., Stalpers J.A. The resupinate non-poroid Aphyllophorales of the temperate Northern hemisphere. Amsterdam etc.: North-Holland Publ. Co., 1980. 335 p.

Kulakov E.E., Vorobyeva E.A., Sivolapov V.A., Karpechenko N.A. Evaluation of English oak (*Quercus robur*) polymorphism using SSR analysis. *Lesnoy Vestnik*, 2021, vol. 25, no. 4, pp. 44–51. (In Russ.)

Kuzmichev E.P., Sokolova E.S., Mozolevskaya E.G. Diseases of woody plants. Handbook. Vol. 1. Moscow, 2004. 120 p. (In Russ.)

Lyubishchev A.A. Analysis of variance in biology. Moscow: Moscow University Press, 1986. 200 p. (In Russ.)

Maleev V.P. *Quercus* L. *Flora of the USSR*. Leningrad, 1936, vol. 5: Salicaceae, Betulaceae, Polygonaceae, etc., pp. 339–341. (In Russ.)

Mastiisky S.E., Shitikov V.K. Statistical analysis and data visualization using R. 2014. URL: <http://r-analytics.blogspot.com> (accessed April 22, 2024). (In Russ.)

Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Semenkova I.G. Methods of forest pathology survey of foci of stem pests and forest diseases. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1984. 152 p. (In Russ.)

Nukhimovsky E.L. Fundamentals of biomorphology of seed plants. T. 1. Theory of biomorph organization. Moscow: Nedra, 1997. 630 p. (In Russ.)

Selochnik N.N., Kaplina N.F. Assessment of the state of oak groves taking into account the development of tree crowns in unfavorable conditions: anthropogenic (Moscow region) and climatic (forest-steppe). *Lesnoy vestnik*, 2011, no. 4 (80), pp. 103–108. (In Russ.)

Serebryakov I.G. Ecological morphology of plants. Life forms of angiosperms and conifers. Moscow: Higher school, 1962. 378 p. (In Russ.)

Sinskaya E.N. Dynamics of the species. Moscow; Leningrad: Selkhozgiz, 1948. 526 p. (In Russ.)

Stamenov M.N. Polyvariance of the habitus of virginal and young generative individuals of *Quercus robur* L. (Fagaceae) in phytocenoses of the Upper and Middle Oka basin. *Phytodiversity of Eastern Europe*, 2020, vol. 19, no. 1, pp. 66–90. (In Russ.)

Stamenov M.N. Crown architecture of English oak (*Quercus robur* L.) in the generative period of ontogenesis in phytocenoses of the northern forest-steppe of the Tula region. *Diversity of the plant world*, 2021, no. 2 (9), pp. 5–39. (In Russ.)

Stamenov M.N. Crown architecture of generative individuals of English oak (*Quercus robur* L.) in phytocenoses of the Tula Zaseki. *Diversity of the plant world*, 2022, no. 1 (12), pp. 5–27. (In Russ.)

Sutton B.C. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata. Kew: CMI, 1980. 696 p.

Unguryanu T.N., Grzhibovsky A.M. Comparison of three or more independent groups using the nonparametric Kruskal-Wallis test in the STATA program. *Ekologiya cheloveka*, 2014, no. 6, pp. 55–58. (In Russ.)

Zmitrovich I.V. Plant epiphenomena and their ecomorphological essence. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*, 2006, iss. 7, pp. 3–29. (In Russ.)

Zvyagintsev V.B., Blintsov A.I., Kozel A.V., Kukhta V.N., Sazonov A.A., Seredich M.O., Khvasko A.V. Forest protection. Minsk: BSTU, 2019. 164 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 16.01.2025

Шишлянникова А.Б., Змитрович И.В., Данилов Д.А., Бачериков И.В. Лесная и луговая группы экотипов дуба черешчатого и их фитопатологическая характеристика // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 254. С. 279–300. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.279-300

Цель работы – анализ макроморфологических параметров кроны, свойственных лесной и луговой группам экотипов дуба черешчатого, и сравнительно-фитопатологическая характеристика этих двух групп экотипов. Проведены комплексные исследования параметров кроны 28 экотипов дуба черешчатого и фитопатологического состояния соответствующих деревьев. Отобрано 14 особей дуба черешчатого субсенильного возраста (VI< класс возраста), приуроченных в настоящее время к открытым пространствам (т.н. дубы-солитеры). В качестве характеристической особенности этой группы экотипов была рассмотрена ширина кроны, количественная оценка которой представляет отношение высоты дерева к максимальной ширине кроны. Для сравнения нами случайным образом было отобрано из исследованного массива лесных экотипов дуба 14 деревьев субсенильного возраста (VI< класс возраста); их крона была охарактеризована тем же параметром. Проведенный ранговый дисперсионный анализ по критерию Краскела–Уоллиса показал статистически значимое различие между двумя выборками: на уровне $p \leq 0,00001$ при $p < 0,05$ деревья луговой и лесной групп экотипов дуба черешчатого статистически значимо различаются по категории состояния. Для выявления корреляции диаметра ствола деревьев луговой и лесной групп экотипов дуба черешчатого с категорией состояния и поражениями кроны *Colpoma quercinum* и *Vuilleminia comedens* проведен ранговый корреляционный анализ по критерию Спирмена, который показал следующее: 1) для деревьев луговой группы экотипов дуба черешчатого выявлена статистически значимая связь между рангом диаметра дерева и категорией состояния $R_s = 0,73$ при $p < 0,05$; для деревьев лесной группы экотипов дуба черешчатого достоверной связи не выявлено (корреляция не прослеживается), $R_s = -0,28$; 2) для деревьев луговой группы экотипов дуба черешчатого была выявлена умеренная корреляция поражения кроны *Colpoma quercinum* с рангом диаметра ствола, но статистически она не значима, $R_s = 0,24$; 3) для деревьев лесной группы экотипов дуба черешчатого корреляция поражения кроны *Colpoma quercinum* с рангом диаметра ствола слабая, но статистически не значима, $R_s = -0,20$; 4) для деревьев луговой группы экотипов дуба черешчатого была выявлена слабая корреляция поражения кроны *Vuilleminia comedens* с рангом диаметра дерева, но статистически она не значима, $R_s = 0,10$; 5) для деревьев лесной группы экотипов дуба черешчатого корреляция поражений кроны *Vuilleminia comedens* с рангом диаметра дерева не прослеживается, т. к. статистически не значима, $R_s = -0,26$. Таким образом, было показано, что на фитопатологическое состояние деревьев двух сравниваемых групп экотипов значимо влияют не локальные гидрологические условия местообитания, выражающиеся в толщине ствола, а величина проекции кроны, выражаемая через кроновый коэффициент.

Ключевые слова: *Quercus robur*, *Colpoma quercinum*, *Vuilleminia comedens*, луговая группа экотипов, лесная группа экотипов, резистентность, фитопатологическое состояние.

Shishlyannikova A.B., Zmitrovich I.V., Danilov D.A., Bacherikov I.V. Forest and meadow groups of common oak ecotypes and their phytopathological characterization. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2025, iss. 254, pp. 279–300 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.279-300

The purpose of the work – to analyze the macromorphological parameters of the crown characteristic of the forest and meadow groups of *Quercus robur* ecotypes and to provide a comparative phytopathological description of these two groups. A comprehensive study of the crown parameters of 28 *Q. robur* trees and the phytopathological state of the corresponding trees was carried out. We selected 14 specimens of subvenile age (VI< age class), currently confined to open spaces. The crown width was considered as a characteristic feature of this group of ecotypes, the quantitative assessment of which is the ratio of the tree height to the maximum crown width. For comparison, we also randomly selected 14 subvenile trees (VI< age class) from the studied array of forest oak ecotypes and their crown was characterized by the same parameter. The rank analysis of variance according to the Kruskal – Wallis criterion showed a statistically significant difference between the two samples: at the level of $p \leq 0.00001$ at $p < 0.05$ the trees of the meadow and forest groups of common oak ecotypes statistically significantly differ in the condition category. To identify the correlation between the trunk diameters of trees of the meadow and forest groups of *Q. robur* ecotypes with the condition category and crown lesions by *Colpoma quercinum* and *Vuilleminia comedens*, rank correlation analysis was performed according to the Spearman criterion, which showed the following: 1) for trees of the meadow group of *Quercus robur* ecotypes, a statistically significant relationship was found between the rank of tree diameter and the condition category $R_s = 0.73$ at $p < 0.05$; for trees of the forest group of common oak ecotypes, no reliable relationship was found (correlation is not traced), $R_s = -0.28$; 2) for trees of the meadow group of *Q. robur* ecotypes, a moderate correlation was found between the crown damage by *Colpoma quercinum* and the trunk diameter rank, but it was statistically insignificant, $R_s = 0.24$; 3) for trees of the forest group of pedunculate oak ecotypes, there was no correlation between the crown damage by *C. quercinum* and the trunk diameter rank, $R_s = -0.20$; 4) for trees of the meadow group of *Q. uercus robur* ecotypes, a weak correlation was found between the crown damage by *Vuilleminia comedens* and the tree diameter rank, but it was statistically insignificant, $R_s = 0.10$; 5) for trees of the forest group of *Quercus robur* ecotypes, there was no correlation between the crown damage by *Vuilleminia comedens* and the tree diameter rank, $R_s = -0.26$. Thus, it was shown that the phytopathological condition of trees of the two compared groups of ecotypes is significantly affected not by the local hydrological conditions of the habitat, expressed in the thickness of the trunk, but by the value of the crown projection, expressed through the crown coefficient.

Keywords: *Quercus robur*, *Colpoma quercinum*, *Vuilleminia comedens*, meadow group of ecotypes, forest group of ecotypes, resistance, phytopathological state.

ШИШЛЯННИКОВА Арина Борисовна – заведующий отделением Колледжа технологий лесного комплекса и садово-паркового хозяйства, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, кандидат биологических наук. SPIN-код: 2962-9507. Scopus AuthorID: 58679883300. ORCID: 0009-0000-0367-4105.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: ArBorShi@mail.ru

SHISHLYANNIKOVA Arina B. – PhD (Biology), Head of Department of College of Forestry and Gardening Technologies, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 2962-9507. Scopus AuthorID: 58679883300. ORCID: 0009-0000-0367-4105.

194021. Institute per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia.

E-mail: ArBorShi@mail.ru

ЗМИТРОВИЧ Иван Викторович – ведущий научный сотрудник лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук, доктор биологических наук. SPIN-код: 4155-3190. ResearcherID: I-1523-2013. Scopus AuthorID: 56521442400. ORCID: 0000-0002-3927-2527.

197022, ул. Профессора Попова, д. 2, лит. В, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: iv_zmitrovich@mail.ru

ZMITROVICH Ivan V. – DSc (Biology), Leading Researcher at the Department of Fungi Systematics and Geography, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences. SPIN-code: 4155-3190. ResearcherID: I-1523-2013. Scopus AuthorID: 56521442400. ORCID: 0000-0002-3927-2527.

197376. Professora Popova str. 2. Let. V. St. Petersburg. Russia.

E-mail: iv_zmitrovich@mail.ru

ДАНИЛОВ Дмитрий Александрович – заведующий кафедрой почвоведения Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент. SPIN-код: 5826-3852. ResearcherID: S-7007-2019. Scopus AuthorID: 57205402682. ORCID: 0000-0002-7504-5743.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: stown200@mail.ru

DANILOV Dmitry A. – DSc (Agricultural), Head of Soil Science department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 5826-3852. ResearcherID: S-7007-2019. Scopus AuthorID: 57205402682. ORCID: 0000-0002-7504-5743.

194021. Institute per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: stown200@mail.ru

БАЧЕРИКОВ Иван Викторович – математик-аналитик, ООО «Умные цифровые решения», кандидат технических наук. SPIN-код: 7210-3600. ResearcherID: K-6350-2017. Scopus AuthorID: 57217860297. ORCID: 0000-0002-0531-1604.

143001, ул. Западная, стр. 180, этаж 17, часть помещения 11, рабочий поселок Новоивановское, городской округ Одинцовский, Московская область, Россия. E-mail: ivashka512@gmail.com

BACHERIKOV Ivan V. – PhD (Technical), mathematician, «Smart Digital Solutions» LLC. SPIN-code: 7210-3600. ResearcherID: K-6350-2017. Scopus AuthorID: 57217860297. ORCID: 0000-0002-0531-1604.

143001. Zapadnaya str. 180. Floor 17. Part of room 11. Novoivanovskoye working settlement. Odintovsky urban district. Moscow region. Russia. E-mail: ivashka512@gmail.com