

УДК 581.4, 581.5, 581.8

*Изучение морфометрических показателей ассимиляционного аппарата у *Quercus robur* L. и *Quercus rubra* L. в условиях урбанизированной среды (на примере г. Калининграда)*

DOI: 10.18522/2308-9709-2020-33-3

Петрова Наталия Григорьевна<sup>1</sup>, Мандрик Владлена Алексеевна<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Института живых систем ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Россия; petrova\_sov@mail.ru*

*Аннотация:*

В последнее время усилилось крайне отрицательное влияние человека на зелёные насаждения в городской среде.

Воздействие антропогенного загрязнения среды приводит к изменениям у растений внешнего облика, морфометрических параметров. Самым чувствительным и информативным органом, отражающим негативное влияние окружающей среды у растений, является лист.

В статье рассматривается влияние городской среды (участки с высокой транспортной нагрузкой) на изменение морфологических параметров ассимиляционного аппарата у двух видов растений рода *Quercus* L., часто используемых в озеленении г. Калининграда.

Цель данного исследования – изучение некоторых морфометрических показателей ассимиляционного аппарата у двух видов растений рода *Quercus*: *robur* L. и *rubra* L. в условиях урбанизированной среды (на примере г. Калининграда). *Quercus robur* L. местный вид, а *Q. rubra* L. интродуцент, введённый в культуру (Восточная Пруссия) в конце 19 века.

В работе использовались общенаучные (наблюдение, описание, измерение, анализ, обобщение) и специальные методы биоэкологических исследований (анатомо-морфологические, статистические).

Изучено жизненное состояние растений, флуктуирующая асимметрия листьев, морфометрические показатели ассимиляционного аппарата (величина годового прироста, величина листовой пластинки, количество устьиц на единицу площади и параметры устьичного аппарата).

Одни изученные морфометрические показатели ассимиляционного аппарата у *Q. robur* L. и *Q. rubra* L. в условиях городской среды, указывают на повышение ксероморфности, другие же на её ослабление. И повышение, и ослабление показателей ксероморфности у данных видов надо рассматривать, как адаптивные реакции растений к негативным факторам загрязнения среды.

**Ключевые слова:** урбанизированная среда, древесные растения, жизненное состояние, прирост побегов, лист, ксероморфность, ассимиляционный аппарат, адаптация.

*Styding morphometrical indicators of palisad aparatus Quercus robur L. u Quercus rubra L. in an urbanized environment (on the example of Kaliningrad city).*

Petrova Natalia G<sup>1</sup>, Mandrik Vladlena A<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Immanuel Kant Baltic Federal University, Institute of Living Systems, Universitetskaya St., 2, Kaliningrad, 236040, Russian Federation. E-mail: [petrova\\_sov@mail.ru](mailto:petrova_sov@mail.ru)*

*Abstract:*

In recent time had increased the extremely negative human influence on green spaces in the urban environment.

Impact of anthropogenic pollution leads to changes in the appearance of plants and morphometric parameters. The most sensitive and informative organ of plants is a leaf, it reflects the negative impact of the environment.

The article considers the influence of the urban environment (areas with high traffic load) on the change in the morphological parameters of the assimilation apparatus in two types of plants of the genus *Quercus* L., they are often used in landscaping of Kaliningrad city.

The purpose of the research is – studying some morphometric parameters of the assimilation apparatus in two types of plants as the genus *Quercus: robur* L. and *rubra* L. in conditions of urbanized environment (on the example of Kaliningrad city). *Quercus robur* L. local species, *Q. rubra* L. Invasive plant, introduced to culture (East Prussia) in the late 19<sup>th</sup> century.

In the research were used different methods such as: general scientific methods (observation, description, measurement, analysis, generalization) and special methods of bioecological research (anatomical and morphological, statistical).

The vital state of plants has been studied, fluctuating asymmetry of leaves, morphometric parametres of the assimilation apparatus (the value of annual growth, the size of the leaf blade, the number of stomatous per unit area and parameters of the stomatous apparatus ).

Some of morphometric parameters of the assimilation apparatus *Q. robur* L. и *Q. rubra* L. in the conditions of urban environment, indicate an increase in xeromorphism, others point to its weaking. Both the increase and decrease in xeromorphism indicators in these species should be considered as adaptive responses of plants to negative factors of environmental pollution.

*Keyword: urbanized environment, woody plants, existential condition, growth of shootss, leaf, xeromorphism, assimilation apparatus, adaptation.*

## **Введение**

Городская среда в данное время является одним из главных объектов исследования современной экологии, так как именно города становятся местом жизнедеятельности большей части человечества. Важнейшая экологическая проблема городов - это загрязнение атмосферного воздуха [10, 16, 17, 19]. Основными загрязнителями атмосферы в городской среде являются промышленность и автотранспорт [8, 11, 13, 17,19]. Количество примесей в атмосферном воздухе Калининграда является высоким. За последние два года в Калининграде зафиксированы высокие показатели среднего уровня загрязнения атмосферы пылью, оксидом углерода, диоксидом азота, сероводородом, ксилолом, формальдегидом, оксидами серы. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в городе является автотранспорт.

Город Калининград занимает одно из ведущих мест в Российской Федерации по обеспеченности населения легковым автотранспортом. Удельная масса выбросов вредоносных веществ в атмосферу составляет около 83,8%, что более чем в 5 раз превышает загрязнения от стационарных источников, таких как промышленные предприятия и теплоэлектростанции [6, 7].

Один из путей оздоровления городской среды - озеленение. Для эффективного использования деревьев в озеленении надо учитывать не только биологические особенности видов, но и изменения, происходящие в организме на физиолого-биохимических и анатомо-морфологических уровнях, его адаптивные возможности в урбанизированной среде [10, 18].

В условиях техногенного загрязнения у древесных растений изменяются показатели прироста (высота, диаметр), интенсивность побегообразования, фитопродуктивность, сокращается или увеличивается период вегетации. Исследование и анализ данных показателей могут служить критериями оценки адаптации древесных растений к урбанизированной среде [2, 3, 10, 14, 15].

Цель работы - определение морфометрических показателей ассимиляционного аппарата у двух видов растений рода *Quercus: robur L. и rubra L.* в условиях урбанизированной среды (на примере г. Калининграда).

Для достижения цели исследован сезонный ритм развития в 2018 – 2019 гг., морфометрические параметры вегетативных органов (прирост осевых побегов, площадь и флуктуирующая асимметрия листовой пластинки, параметры устьичного аппарата), произведена оценка жизненного состояния растений у

*Quercus robur* L. и *Quercus rubra* L., произрастающих на территориях города с различной транспортной нагрузкой.

#### **Объект и методы исследования**

Исследование проводили в 2018 - 2019 гг. Два участка расположены на территории с высокой транспортной нагрузкой. Первый зелёный массив – территория вблизи площади Маршала Василевского на пересечении двух магистральных улиц: ул. Чернышевского и ул. А. Невского, второй – зелёный массив на улице Рокоссовского вблизи Центрального рынка. По данным Государственного доклада «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2017, 2018 году» - это участки с повышенным вибрационным, тепловым, пылевым и световым загрязнением [6, 7].

В качестве чистой зоны выбрана территория ботанического сада БФУ им. И. Канта (ул. Лесная). Транспортная нагрузка на дорогах, окружающих Ботанический сад, невелика. Это территория спального района с преимущественно малоэтажной застройкой. На территории Ботанического сада в холодное время года (ноябрь-апрель) функционирует котельная, работающая на угольном топливе.

Объекты - два вида одновозрастных (примерный возраст 40 лет) древесных растения: *Quercus robur* L. (автохтонный вид) и *Quercus rubra* L. - интродуцент Северной Америки. Эти растения являются основными лесообразующими породами. *Quercus robur* L. - образователь широколиственных и хвойно-широколиственных лесов Западной Европы и европейской части России, *Quercus rubra* L. - широколиственных лесов Северной Америки. Оба вида в Калининградской области широко используются в озеленении и лесных культурах.

Выборка деревьев составляла по 5 штук каждого вида на исследованных площадках. При оценки жизненного состояния учитывались все растения, данных видов, произрастающие на площадках.

В работе использованы общенаучные (наблюдение, описание, измерение, анализ, обобщение) и специальные методы биоэкологических исследований (анатомо-морфологические, статистические).

Фенологические наблюдения проведены по методике Булыгина Н. Е. 1998 г. [4].

Наблюдения проводились над вегетативными и генеративными побегами.

Оценка жизненного состояния древесных растений проводилась визуально в августе, когда завершился рост, вызревание листовых пластинок и опробковение побегов по всей длине. Для оценки состояния древесных растений определены

показатели жизненности деревьев: состояние кроны и листьев. Среди этих критериев, которые позволяли определить жизненное состояние кроны и дерева в целом, выбраны самые информативные: хлорозы и некрозы листьев, уменьшение облиствленности кроны, наличие усыхающих или мертвых ветвей в верхней части кроны. При проведении наблюдения и анализа составлена шкала категорий жизненного состояния древесных растений. Выбрано четыре основных показателя. Каждому показателю даётся определённое количество баллов: P1 - процент живых ветвей в кронах деревьев (10% = 1 балл); P2 - степень облиственности крон (10% = 1 балл); P3 - процент живых (без некрозов) листьев в кронах (10% = 1 балл); P4 - средний процент живой площади листа (10% = 1 балл). Св – суммарная оценка жизненного состояния:  $S_v = P1 + P2 + P3 + P4$ . Наибольшая величина ЖС оценивается 39 – 40 % (4 балла - хорошее) [5].

За начало роста побега брали дату, когда на прошлогодних побегах можно прощупать верхушку начавшего рост нового побега. Линейкой (раз в 5 дней) проводили измерения от побегов прошлого года. Если по результатам трех измерений рост побега не увеличивался, то данный побег считали, как закончивший рост. На модельных деревьях с 4 сторон брали по 5 побегов для расчёта среднего значения.

Площадь листа определяли с помощью мобильного приложения Petiole. Для определения площади листовой пластинки брали по 20 листьев (на высоте около 2м) с каждого дерева (10 деревьев по 5 шт. каждого вида на площадке), растущих в разных экологических условиях городской среды. В лабораторных условиях листья под прессом в проветриваемом помещении высушивали. Затем смартфон устанавливали на специальную подставку так, чтоб камера смотрела вниз. Перед камерой помещали калибровочную пластину и настраивали камеру. Положив лист на подставку, перед камерой в режиме реального времени, нажав на экран смартфона, измеряли площадь листа. Количество и линейные размеры устьичного аппарата определяется с помощью микроскопа Axioscope A1 при увеличении 40x/0,75 (длинная и поперечная оси). С нижней стороны листа снимали часть эпидермы и рассматривали под микроскопом. С помощью программы определяли линейные размеры устьичного аппарата (длина и ширина устьичной щели) и количество устьиц.

Величина флуктуирующей асимметрии вычислялась с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак (средняя арифметическая разница к сумме промеров листа слева и права, отнесенная к числу признаков). Полученные данные оценивались с помощью балльной системы качества среды предложенной Стрельцовым А.Б. [14].

Листья, по возможности не имеющие повреждения, собраны с нижней части кроны с доступных максимально на уровень поднятой руки веток случайным образом. Использованы для этого ветки разных направлений: условно с севера, юга, запада и востока. Листья подобраны примерно одного размера по 20 – 25 штук.

Все данные, полученные в результате проведенных исследований обработаны статистически и представлены в графиках и таблицах в виде средних арифметических значений и их стандартных ошибок. Статистическая значимость различий между вариантами определена с помощью t-критерия Стьюдента ( $p \leq 0,05$ ). Корреляционный анализ проведён с помощью критерия Пирсона.

### **Результаты**

Потеря декоративности у древесных растений и снижение их санитарных функций (такие как пыле уловление) практически всегда зависит от антропогенных факторов. В условиях урбанизированной среды под действием антропогенных загрязнителей, транспортных и рекреационных нагрузок спектр жизненного состояния растений в рамках одной территории существенно изменяется [2].

При оценке состояния деревьев учитывались состояния ствола и кроны деревьев, наличие болезней и вредителей, хлорозы и некрозы листьев, снижение облиственности кроны, наличие мертвых или усыхающих ветвей в верхней половине кроны.

При визуальном обследовании растений *Q. robur* L. во всех трёх точках отмечено неудовлетворительное их состояние. На листьях хлороз, краевой некроз, что приводит к преждевременному усыханиям листовой пластинки, мучнистая роса, кладки лесного клопа, личинки которого впоследствии высасывают сок, что приводит к преждевременному их усыханию. На побегах и листьях растений *Q. robur* L., в ботаническом саду БФУ им. И. Канта обнаружены галлы, образуемые галловыми клещами (ореховые галлы, дубовые галлы), что также приводит к ослаблению растений (Рис. 1,2).



*Рис. 1 - Q. robur L.  
пораженный клопом лесным, ул. Рокоссовского,  
2019г. (фото Мандрик В.А.)*



*Рис. 2 - Q. robur L.  
пораженный дубовыми галлами,  
ул. Лесная, Ботанический сад им. И. Канта 2019 г. (фото Мандрик В.А.)*

*Таблица 1 – Жизненное состояние Q. robur L. и Q. rubra L. в 2018, 2019 гг  
(средние данные)*

<b>Q. robur L.</b>					
Место произрастания	Процент живых ветвей в кронах деревьев (%)	Степень облиственности крон (%)	Процент живых (без некрозов) листьев в кронах (%)	Средний процент живой площади листа (%)	Жизненное состояние (%)
Ботанический сад БФУ (ул.	10,0±0,0	10,0±0,0	8,3±0,81	8,1±0,32	36,4±0,04

Лесная)					
ул. Рокоссовского	10,0±0,0	8,6±0,47	8,2±0,71	8,5±0,8	35,3±0,32
ул. А. Невского	10,0±0,0	8,2±0,49	9,5±0,0	9,5±0,7	35,7±0,27
<b><i>Q. rubra</i> L.</b>					
Ботанический сад БФУ (ул. Лесная)	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	40,0±0,0
ул. Рокоссовского	9,1±0,8	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	39,1±0,08
ул. А. Невского	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	40,0±0,0

Жизненное состояние растений *Q. rubra* L. в отличие от *Q. robur* L. на всех трёх площадках оценивается 4 баллами (39 – 40% = 4 балла). Только у двух деревьев (ул. Рокоссовского) отмечены незначительные повреждения (искривленный ствол, сухие побеги до 10–15%). Повреждения мучнистой росой и вредителями у *Q. rubra* L. не наблюдаются.

Городские условия влияют на развитие растений, что приводит к изменению сезонного ритма жизнедеятельности. Фенологические наблюдения в 2018 и 2019 гг. показали, что у *Q. robur* L. продолжительность вегетационного периода (от начала - набухание почек до окончания - листопад) больше, чем у *Q. rubra* L. (Табл. 2). Данное увеличение продолжительности периода вегетации происходит за счет достаточно позднего листопада *Q. robur* L. с разницей около 15-ти дней.

У деревьев *Q. rubra* L., произрастающих в загрязненных зонах города, примерно на 10 дней раньше происходит раскрытие почек, чем у *Q. robur* L. В чистой зоне раскрытие почек у *Q. robur* L. задерживается на 16 дней в отличие от *Q. rubra* L.

Раскрытие почек у растений *Q. rubra* L. на всех площадках более раннее по сравнению с *Q. robur* L. Это, по-видимому, зависит от биологической особенности видов. Но на площадках, расположенных в центре города (ул. Рокоссовского и ул. Александра Невского) фазы раскрытия почек, облиствления побегов начинаются на 8 -10 дней раньше.

Фаза завершения роста и вызревания листьев у всех изучаемых видов зафиксирована в первой половине июля. Массовый опад листьев у *Q. rubra* L. в наиболее загрязненных зонах отмечен в начале октября, в условно чистой зоне - середине месяца. У *Q. robur* L. во всех зонах листопад во второй половине октября.



Таблица 2 – Фенологическое развитие растений *Q. robur L.* и *Q. rubra L.* в 2018/2019 г

Этапы сезонного развития побегов и их органов	Фенологические фазы	<i>Q. rubra L.</i> Лесная Ботанический сад БФУ им. И. Канга	<i>Q. robur L.</i> Лесная Ботанический сад БФУ им. И. Канга	<i>Q. rubra L.</i> ул. Рокосовского	<i>Q. robur L.</i> ул. Рокосовского	<i>Q. rubra L.</i> ул. А. Невского	<i>Q. robur L.</i> ул. А. Невского
Рост материнских почек	Набухание почек	25 IV/20 IV	3 V/27 IV	16 IV/14 IV	29 IV/20 IV	16 IV/14 IV	2 9IV/20 IV
	Раскрывание почек	2 V/5 V	9 V/3 V	21 IV/25 IV	6 V/30 IV	21 IV/25 IV	6 V/30 IV
Рост и вызревание побегов продолжения	Начало линейного роста побегов	9 V/12 V	18 V/13 V	25 IV /30 IV	13 V/7 V	25 IV /30 IV	13 V/7 V
	Окончание линейного роста побегов	13 VII/9 VII	15 VII/10 VII	6 VII/1 VII	9 VII/5 VII	10 VII/1 VII	9 VII/5 VII
	Опробковение оснований побегов	21 VII/20 VII	25 VII/29 VII	15 VII/10 VII	17 VII/22 VII	15 VII/10 VII	17 VII/22 VII
	Опробковение ростовых побегов по всей длине	7 VIII/10 VIII	19 VIII/13 VIII	1 VIII/5 VIII	12 VIII/7 VIII	1 VIII/5 VIII	12 VIII/7 VIII
Рост	Облиствление	19 V/15 V	15 V/10 V	27 IV/30 IV	17 V/10 V	27 IV/30 IV	17 V/10 V

Петрова Н. Г., Мандрик В. А., Изучение морфометрических показателей ассимиляционного аппарата у *Quercus robur L.* и *Quercus rubra L.* в условиях урбанизированной среды (на примере г. Калининграда) // «Живые и биокосные системы». – 2020. – № 33; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-33/article-3/>. DOI: 10.18522/2308-9709-2020-33-3

и вызревание листьев	побегов						
	Завершение роста и вызревание листьев	12 VII/10 VII	17 VII/15 VII	9 VII/2 VII	10 VII/12 VII	9 VII/2VII	10 VII/12VII
Отмирание и опадение листьев	Расцветивание отмирающих листьев	28 IX/25 IX	28 IX/25 IX	27 IX/20 IX	25X/20 IX	27 IX/20 IX	25X/20IX
	Опадение листьев	15 XI/12 XI	29 XI/21 XI	3XI/5XI	15XI/19XI	3 XI/5XI	15XI/19XI
Бутонизация и цветение	Бутонизация	6V/6V	4 V/8V	1V/30 IV	30 IV/2V	1V/30 IV	30 IV/2V
	Начало цветения	8V/10V	6 V/5V	3V/5V	4V/6V	3V/5V	4V/6V
	Окончание цветения	11V/14 V	9 V/11V	6V/9 V	8V/11V	7V/9V	9V/11V
Формирование и созревания плодов и семян	Заложение плодов	13V/15 V	10VI/12V	7V/10 V	6 VI/12V	8V/10 V	10V/12V
	Незрелые плоды достигли зрелых размеров	9 VIII/13 VIII	8 VIII/10 VIII	4 VIII/8 VIII	2 VIII/10 VIII	4 VIII/8VIII	2 VIII/10VIII
	Созревание плодов	12X/15 X	16X/12 X	8X/10 X	7X/10 X	8X/10X	7X/10X
Опадение зрелых плодов		19X/19X	20X/15X	15X/15X	13X/15X	12X/15X	10X/15X
Продолжительность вегетационного периода		199	213	199	215	198	214

Побеги *Q. robur* L. и *Q. rubra* L. имеют два периода роста. Длительность роста побегов у *Q. rubra* L. несколько больше, чем у *Q. robur* L. (*Q. robur* L. - 28 – 33 дня, *Q. rubra* L. - 64 – 72 дня). Вследствие этого у *Q. robur* L. остается больше времени на подготовку к зиме (одревеснение побегов), чем у *Q. rubra* L. У местного вида на одревеснение приходится 2 – 2,5 месяца, а у интродуцента 1,5 – 2 месяца.

Прирост осевых побегов у обоих видов снижается на площадках с интенсивным потоком автотранспорта (Табл. 3).

Таблица 3 – Годичный прирост побегов у *Q. robur* L. и *Q. rubra* L. в 2018/2019 гг

Вид	Ботанический сад БФУ (ул. Лесная)		Ул. Рокоссовского		Ул. А. Невского	
	Первый прирост, см	Второй прирост, см	Первый прирост, см	Второй прирост, см	Первый прирост, см	Второй прирост, см
<i>Q. rubra</i> L.	18,6±1,24/16,3±1,03	5,3±0,31/4,9±0,27	14,8±1,08/13,5±1,01	4,4±0,22/3,5±0,38	12,3±1,21/11,7±1,12	3,0±0,5/3,2±0,38
<i>Q. robur</i> L.	12,0±0,82/13,1±0,73	6,3±1,04/5,9±0,92	9,6±0,43/8,9±0,53	2,7±0,32/3,3±0,27	11,2±0,67/8,7±0,72	4,6±0,61/3,9±0,51

Самым чувствительным и информативным органом, отражающим негативное влияние окружающей среды, является лист. Уровень изменений в анатомическом строении ассимиляционных органов зависит от концентрации и токсичности загрязняющих веществ, от продолжительности воздействия, а также от чувствительности видов. Общим и главным признаком, который возникает в процессе адаптационного приспособления к негативным условиям окружающей среды является изменение его параметров [5, 9, 10].

Проведённые исследования величины листовых пластинок показали, что у растений *Q. rubra* L., произрастающих на ул. А. Невского она несколько меньше, на ул. Рокоссовского – больше, чем в условно чистой площадке. У *Q. robur* L. на площадках с интенсивным транспортным потоком величина листовой пластинки уменьшается (рис. 3).

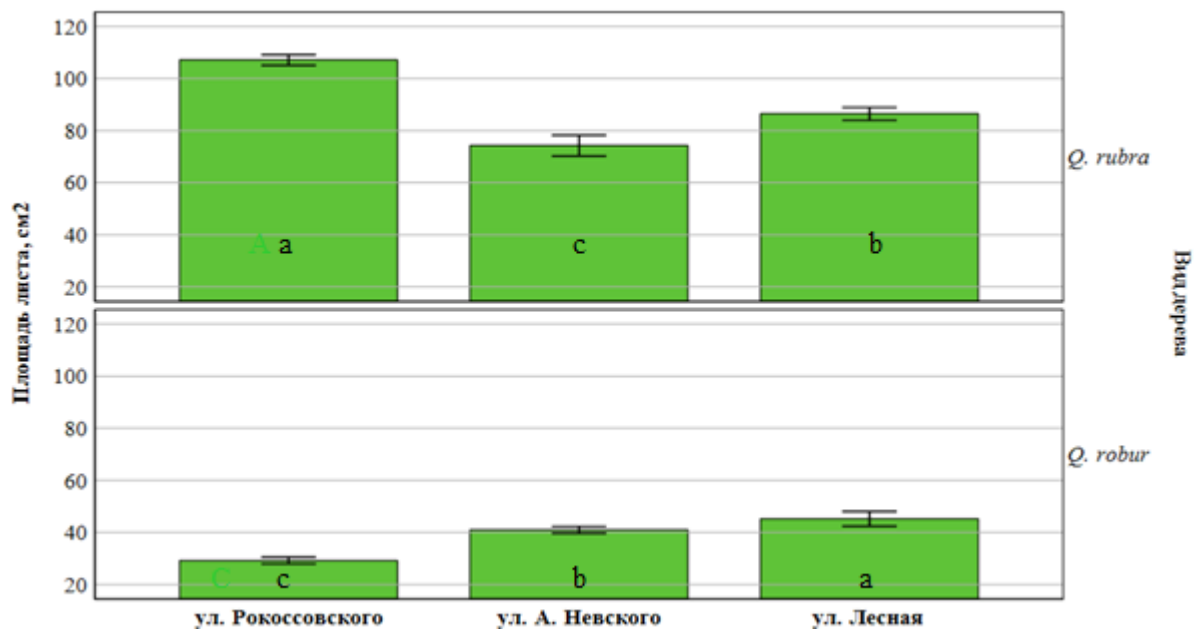


Рис. 3 – Площадь листовой пластинки *Q. rubra* L. и *Q. robur* L.

Разными индексами *a*, *b* и *c* обозначены достоверно различающиеся данные  $p \leq 0,05$

Количества устьиц на  $1 \text{ мм}^2$  у растений, произрастающих на площадках с интенсивным транспортным потоком, увеличивается (на ул. Лесной у *Q. robur* L.  $320 \pm 2,26$  шт/ $\text{мм}^2$ , на ул. Рокоссовского -  $342 \pm 1,89$  шт/ $\text{мм}^2$ , на ул. А. Невского  $381 \pm 2,35$  шт/ $\text{мм}^2$ ; у *Q. rubra* L. на ул. Лесной -  $357 \pm 3,09$  шт/ $\text{мм}^2$ , на ул. Рокоссовского -  $383 \pm 2,27$  шт/ $\text{мм}^2$ , на ул. А. Невского -  $405 \pm 2,47$  шт/ $\text{мм}^2$ ).

Уменьшение размеров листовой пластинки негативно сказывается на ассимиляционную деятельность листьев. Для *Q. robur* L. это уменьшение компенсируется увеличением количества устьиц.

Изменяются и параметры устьичной щели. Наименьшие размеры отмечены для *Q. robur* L. и *Q. rubra* L., произрастающих в Ботаническом саду БФУ им. И. Канта (ул. Лесная), наибольшие для *Q. rubra* L. на ул. Рокоссовского. Со временем (август) линейные размеры устьичной щели уменьшаются на всех трёх площадках (рис.4, 5).

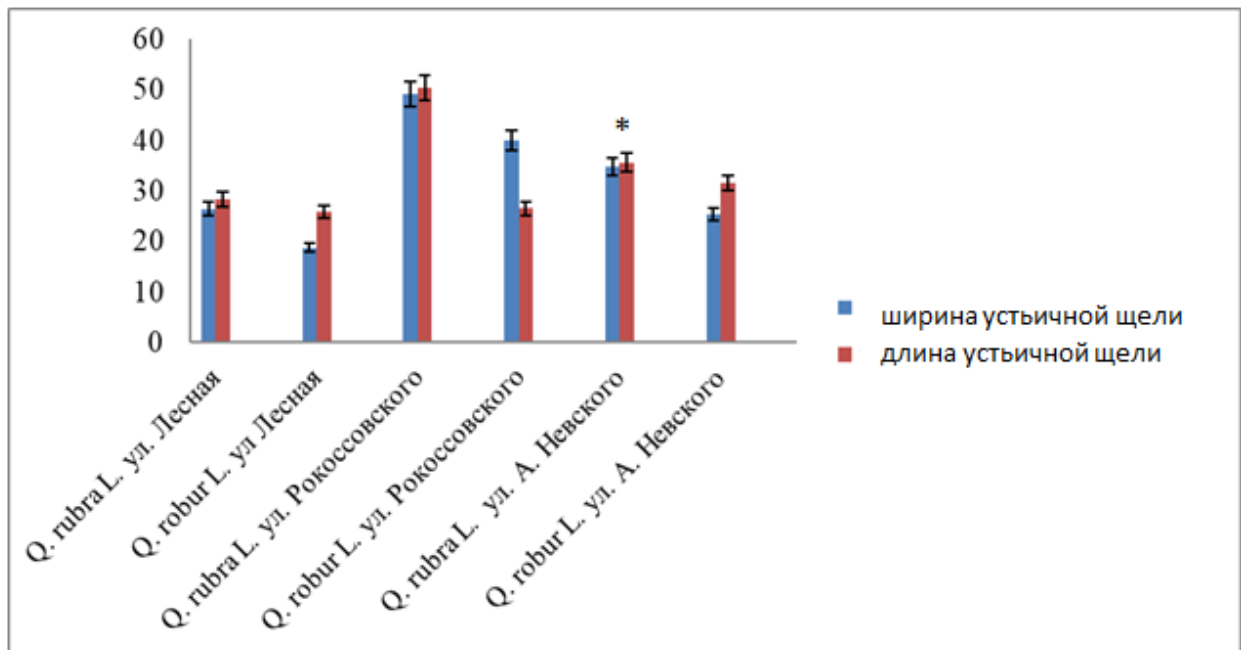


Рис. 4 – Длина и ширина устьичной щели у *Q. robur L.* и *Q. rubra L.*, мкм (июнь 2018 г.). \*Обозначены достоверно не различающиеся данные  $p \leq 0,05$

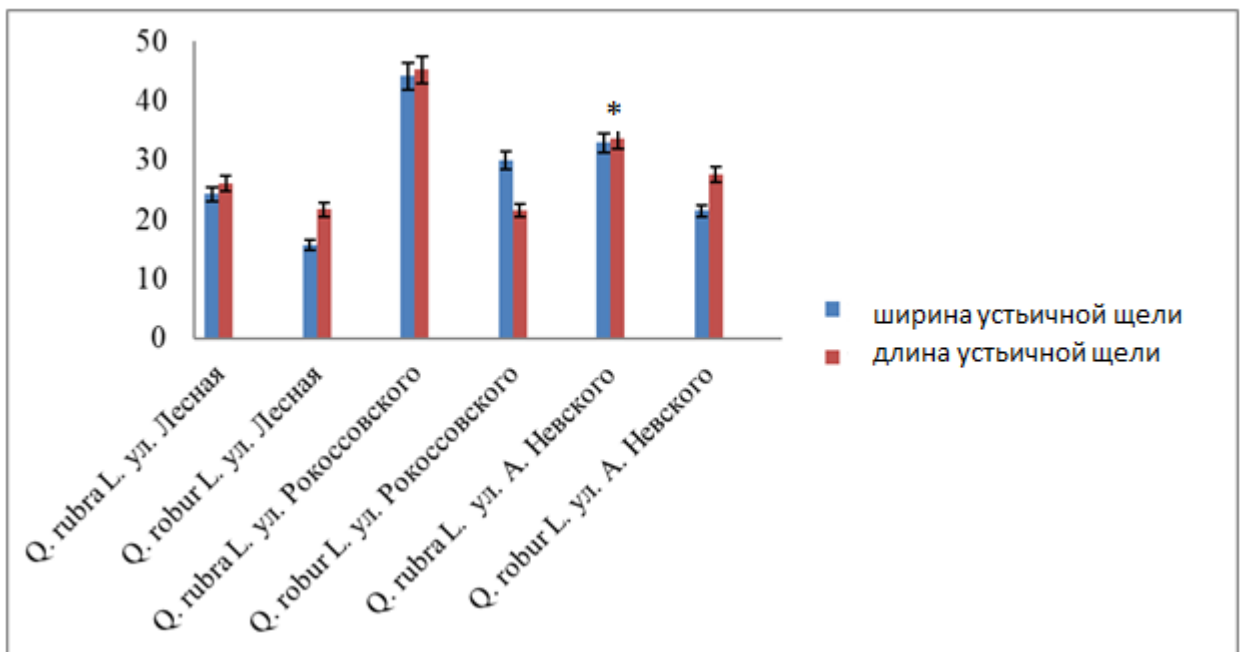


Рис. 5 – Длина и ширина устьичной щели у *Q. robur* L. и *Q. rubra* L., мкм (август 2018 г.). \*Обозначены достоверно не различающиеся данные  $p \leq 0,05$

Одним из методов оценки качества среды в городских условиях может служить показатель флуктуирующей асимметрии листовой пластинки [2, 15].

Рассчитанный нами показатель асимметричности (коэффициент флуктуирующей асимметрии) для растений *Q. robur* L. и *Q. rubra* L. равный 0,065 считается условной нормой (1 балл) (табл. 3).

Таблица 4 – Балльная система качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии растений (*Q. robur* L. и *Q. rubra* L.)

Объект исследований	Балл				
	1	2	3	4	5
<i>Quercus robur</i> L. <i>Quercus rubra</i> L.	<0,065	0,066–0,070	0,071–0,075	0,076–0,083	>0,083

1 – чисто; 2 – относительно чисто («норма»); 3 – загрязнено («тревога»); 4 – грязно («опасно»); 5 – очень грязно («вредно»).

Данного показателя не выявлено у видов не на одной площадке. Наибольшие показатели характерны для *Q. robur* L. как на площадках с интенсивным потоком автотранспорта, так и на территории ботанического сада. Для *Q. rubra* L. наибольший показатель коэффициента флуктуирующей асимметрии отмечен в ботаническом саду (Рис. 6).

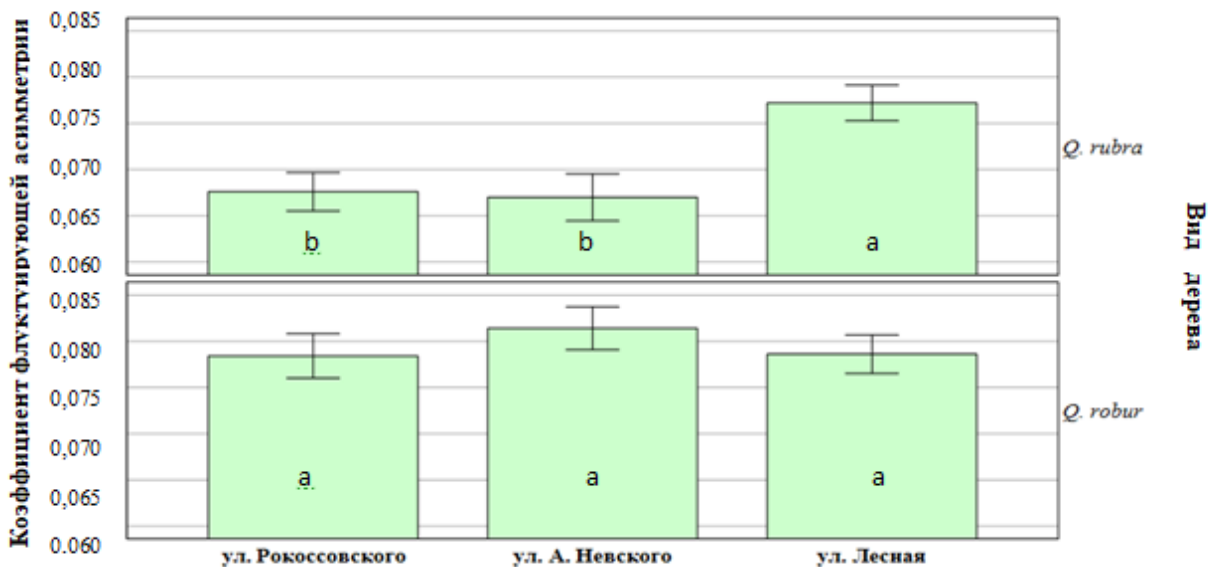


Рис. 6 – Коэффициент флуктуирующей асимметрии *Q. rubra* L. и *Q. robur* L.

Разными индексами *a*, *b* и *c* обозначены достоверно различающиеся данные  $p \leq 0,05$

Это может быть связано с тем, что листовой аппарат закладывается и формируется во второй половине вегетации (июль месяц), а затем происходит его внутри почечное развитие. На территории ботанического сада имеется угольная котельная, продукты сгорания которой могут оказывать влияние на развитие листовой пластинки.

### Заключение

На всех площадках общее жизненное состояние (ОЖС) большинства растений *Q. robur* L. неудовлетворительное (хлороз, краевой некроз, ореховые и дубовые галлы, мучнистая роса); ОЖС растений *Q. rubra* L. хорошее. Показатели флюктуирующей асимметрии (ФА) листьев выше нормы для обоих видов растений, произрастающих как в местах с повышенной транспортной нагрузкой, так и в контрольной точке, что отражает ответную реакцию растений на загрязнение окружающей среды.

Площадь листовых пластинок, прирост осевых побегов у *Q. robur* L., на площадках с повышенной транспортной нагрузкой несколько меньше, чем на контрольной площадке; для *Q. rubra* L. такой закономерности не выявлено.

Ассимиляционная деятельность листьев для *Q. robur* L., которая несколько падает за счёт уменьшения их размера, на площадках с интенсивным транспортным потоком компенсируется увеличением количества устьиц.

Показатели повышения ксероморфности (уменьшение площади листовых пластинок и годового прироста, увеличенные показатели флюктуирующей асимметрии листьев и количества устьиц), надо рассматривать, как адаптивные реакции растений к негативным факторам загрязнения среды.

### Список литературы

1. Амосова, И. Б. Асимметрия листовой пластинки березы повислой у особей разного возрастного состояния в пригородных лесах г. Архангельска / И. Б. Амосова, П. А. Феклисов // Лесной журнал. - 2010. - № 2. - С. 60-66.
2. Аткина, Л.И. К вопросу использования показателя категории состояния деревьев в городской среде /Л.И. Аткина, Сафронова У.А., Вишняков С.В. – ИВУЗ. «Лесной журнал», 2010. - № 5 – С. 18 – 25.
3. Бойко, А.А. Дендрэкологическая характеристика берёзы повислой в условиях смешанного типа загрязнения окружающей среды Уфимского промышленного центра. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Уфа, 2005. – 24 с.
4. Булыгин, Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями / Булыгин, Н.Е. Пособие по проведению учеб. – науч. исслед. по курсу дендрологии для студентов, 1998. – 97 с.
5. Бухарина, И.Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография /И.Л. Бухарина, А.А. Двоглазова. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2010. – 184 с.
6. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2017 г.», Правительство Калининградской области, Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской обл., 2018. – С. 20 – 22.
7. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2018 г.», Правительство Калининградской области, Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской обл., 2019. – С. 21 – 28.
8. Денисов, В.Н. Проблемы экологизации автомобильного транспорта. Изд. 2-ое/ В. Н Денисов, В. А Рогалев – СПб.: МАНЭБ, 2005. – 312 с.
9. Колмогорова Е. Ю. Морфометрическая характеристика древесных растений, произрастающих в условиях воздействия выбросов автотранспорта // «Живые и биокосные системы». – 2013. – № 4; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-6>. (дата обращения 20.05. 2019, 15.07. 2020).



10. Кулагин А.А., Шагиева Ю.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей А.А / Кулагин, Ю.А. Шагиева – М.: Наука, 2005. 190 с.
11. Подгорнова, Н. А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения /Подгорнова Н.А // Молодой ученый, 2016. – №22.2. С. 48–50.
12. Сергейчик, С.А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде/ Сергейчик, С. А. - М.: Наука, 2010. – 279 с.
13. Сердюкова, А.Ф. Влияние автотранспорта на окружающую среду /А.Ф. Сердюкова Д. А Барабанщиков // Молодой ученый, 2018. – №25. –С. 31 – 33.
14. Стрельцов, А.Б. Флуктуирующая асимметрия как показатель антропогенного воздействия/ А.Б. Стрельцов, Г.А. Шпынов, И.Н. Паукова, М.И. Гаркунова// Антропогенные воздействия и здоровье человека. Тез. Докл. I Всерос. науч.–практ. конф. Калуга, 1994. – С. 43 - 45.
15. Уразгильдин, Р.И. Эколого-биологическая характеристика тополей в условиях загрязнения окружающей среды (на примере Уфимского промышленного центра) автореф. дисс. канд. биол. наук. Уфа, 1998. – 22 с.
16. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды, Учеб. пособие для студ. ВУЗов /А.И Федорова. Никольская А.Н. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
17. Biologic Markers of Air–Pollution Stress and Damage in Forests // Committee on Biologic Markers of Air-Pollution Damage in Trees, National Research Council: 1989. – 380 p.
18. Mauer, O. The role of root system in silver birch (*Q. robur* L.) dieback in the air-polluted area of Krusne hory Mts / O. Mauer, E. Palatova // Journal of Forest Science.: 2003. – No5. – P. 191-199.
19. Walsh Ì. P. Global progress and problems in motor vehicle pollution control // SAE Techn. Pap. Ser.:1991. – P. 1 –21.

### **Spisok literaturey**

1. Amosova, I. B. Asimetriya listovoj plastinki berezy povisloj u osobej raznogo vozrastnogo sostoyaniya v prigorodnyh lesah g. Arhangel'ska / I. B. Amosova, P. A. Feklistov // Lesnoj zhurnal. - 2010. - № 2. - S. 60-66.
2. Atkina, L.I. K voprosu ispol'zovaniya pokazatelya kategorii sostoyaniya derev'ev v gorodskoj srede /L.I. Atkina, Safronova U.A., Vishnyakov S.V. – IVUZ. «Lesnoj zhurnal», 2010. - № 5 – S. 18 – 25.

3. Bojko, A.A. Dendroekologicheskaya karakteristika beryozy povisloy v usloviyah smeshannogo tipa zagryazneniya okruzhayushchej sredy Ufimskogo promyshlennogo centra. Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Ufa, 2005. – 24 s.
4. Bulygin, N.E. Fenologicheskie nablyudeniya nad drevesnymi rasteniyami / Bulygin, N.E. Posobie po provedeniyu ucheb. – nauch. issled. po kursu dendrologii dlya studentov, 1998. – 97 s.
5. Buharina, I.L. Bioekologicheskie osobennosti travyanistyh i drevesnyh rastenij v gorodskih nasazhdeniyah: monografiya /I.L. Buharina, A.A. Dvoeglazova. – Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2010. – 184 s.
6. Gosudarstvennyj doklad «Ob ekologicheskoy obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2017 g.», Pravitel'stvo Kaliningradskoj oblasti, Ministerstvo prirodnyh resursov i ekologii Kaliningradskoj obl., 2018. – S. 20 – 22.
7. Gosudarstvennyj doklad «Ob ekologicheskoy obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2018 g.», Pravitel'stvo Kaliningradskoj oblasti, Ministerstvo prirodnyh resursov i ekologii Kaliningradskoj obl., 2019. – S. 21 – 28.
8. Denisov, V.N. Problemy ekologizacii avtomobil'nogo transporta. Izd. 2–oe/ V. N Denisov, V. A Rogalev – SPb.: MANEB, 2005. – 312 s.
9. Kolmogorova E. YU. Morfometricheskaya karakteristika drevesnyh rastenij, proizrastayushchih v usloviyah vozdejstviya vybrosov avtotransporta // «ZHivye i biokosnye sistemy». – 2013. – № 4; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-6>. (data obrashcheniya 20.05. 2019, 15.07. 2020).
10. Kulagin A.A., SHagieva YU.A. Drevesnye rasteniya i biologicheskaya konservaciya promyshlennyh zagryaznitelej A.A / Kulagin, YU.A. SHagieva – M.: Nauka, 2005. 190 s.
11. Podgornova, N. A. Ekologicheskie problemy avtomobil'nogo transporta i puti resheniya /Podgornova N.A // Molodoj uchenyj, 2016. – №22.2. S. 48–50.
12. Sergejchik, S.A. Ustojchivost' drevesnyh rastenij v tekhnogennoj srede/ Sergejchik, S. A. - M.: Nauka, 2010. – 279 s.
13. Serdyukova, A.F. Vliyanie avtotransporta na okruzhayushchuyu sredu /A.F. Serdyukova D. A Barabanshchikov // Molodoj uchenyj, 2018. – №25. –S. 31 – 33.
14. Strel'cov, A.B. Fluktuiruyushchaya asimmetriya kak pokazatel' antropogenного vozdejstviya/ A.B. Strel'cov, G.A. SHpynov, I.N. Paukova, M.I. Garkunova// Antropogennye vozdejstviya i zdorov'e cheloveka. Tez. Dokl. I Vseros. nauch.–prakt. konf. Kaluga, 1994. – S. 43 - 45.

15. Urazgil'din, R.I. Ekologo-biologicheskaya harakteristika topolej v usloviyah zagryazneniya okruzhayushchej sredy (na primere Ufimskogo promyshlennogo centra) avtoref. disss. kand. biol. nauk. Ufa, 1998. – 22 s.
16. Fedorova, A.I. Praktikum po ekologii i ohrane okruzhayushchej sredy, Ucheb. posobie dlya stud. VUZov /A.I Fedorova. Nikol'skaya A.N. – M.: Gumanit. izd. centr VLADOS, 2001. – 288 s.
17. Biologic Markers of Air–Pollution Stress and Damage in Forests // Committee on Biologic Markers of Air-Pollution Damage in Trees, National Research Council: 1989. – 380 p.
18. Mauer, O. The role of root system in silver birch (*Q. robur* L.) dieback in the air-polluted area of Krusne hory Mts / O. Mauer, E. Palatova // Journal of Forest Science.: 2003. – No5. – P. 191-199.
19. Walsh Ì. P. Global progress and problems in motor vehicle pollution control // SAE Techn. Pap. Ser.:1991. – P. 1 –21.