

УДК: 10.18522/2308-9709-2020-33-3  
<https://new.jbks.ru/archive/issue-33/article-3>

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

[Петрова Н. Г.<sup>1</sup>](#), [Мандрик В. А.<sup>2</sup>](#)

1. Института живых систем ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград
2. магистр

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 ассиметрия 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.

## 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. Черняховского 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 жизнестойкости 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 облиственности 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: Св = 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 40х/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).

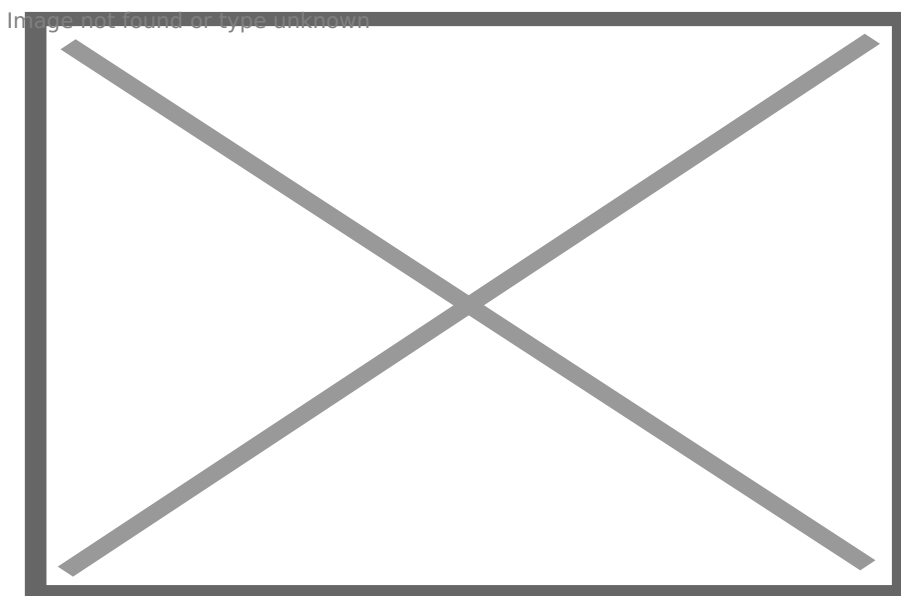


Рис. 1 - *Q. robur* L.  
пораженный клопом лесным, ул. Рокоссовского,  
2019г. (фото Мандрик В.А.)

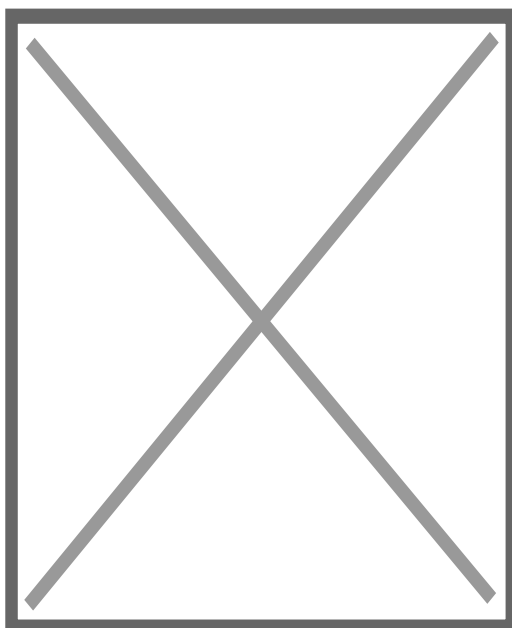


Рис. 2 - *Q. robur* L.  
пораженный дубовыми галлами,  
ул. Лесная, Ботанический сад им. И. Канта 2019 г. (фото Мандрик В.А.)

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

<b><i>Q. robur</i> 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. Лесная)	10,0±0,0	10,0±0,0	8,3±0,81	8,1±0,32	36,4±0,04
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</i> L. ул. Лесная Ботанический сад БФУ им. И. Канта	<i>Q. robur</i> L. ул. Лесная Ботанический сад БФУ им. И. Канта	<i>Q. rubra</i> L. ул. Рокоссовского	<i>Q. robur</i> L. ул. Рокоссовского	<i>Q. rubra</i> L. ул. А. Невского	<i>Q. robur</i> L. 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 и вызревание листьев	Облиствление побегов	19 V/15 V	15 V/10 V	27 IV/30 IV	17 V/10 V	27 IV/30 IV	17 V/10 V	
	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		Первый 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±1,01
<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±0,92

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).

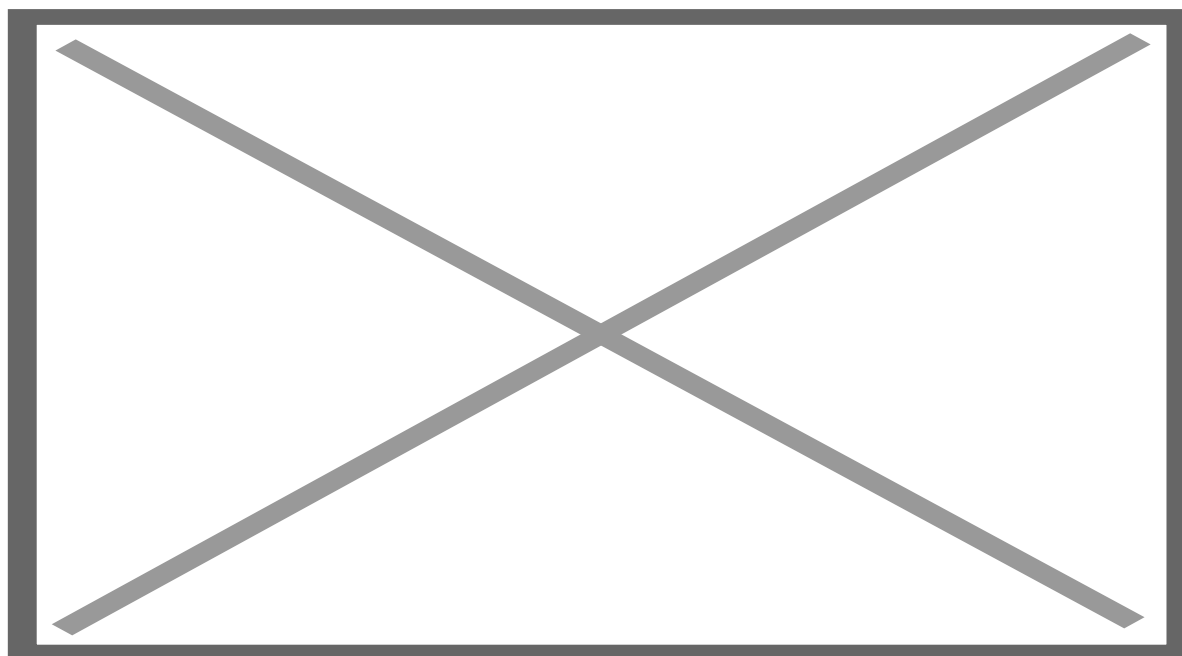


Рис. 3 - Площадь листовой пластинки *Q. rubra* L. и *Q. robur* L.

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).

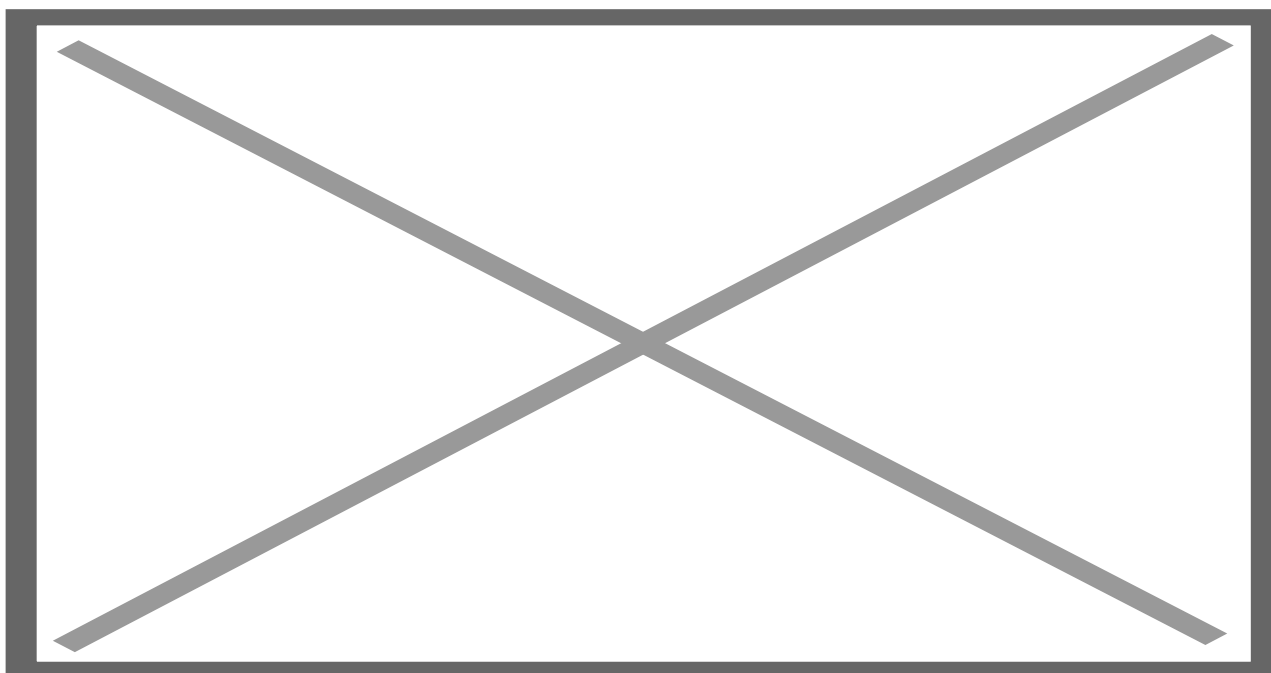


Рис. 4 - Длина и ширина устьичной щели у *Q. robur* L. и *Q. rubra* L., мкм (июнь 2018 г.). \*Обозначены достоверно не различающиеся данные  $p \leq 0,05$



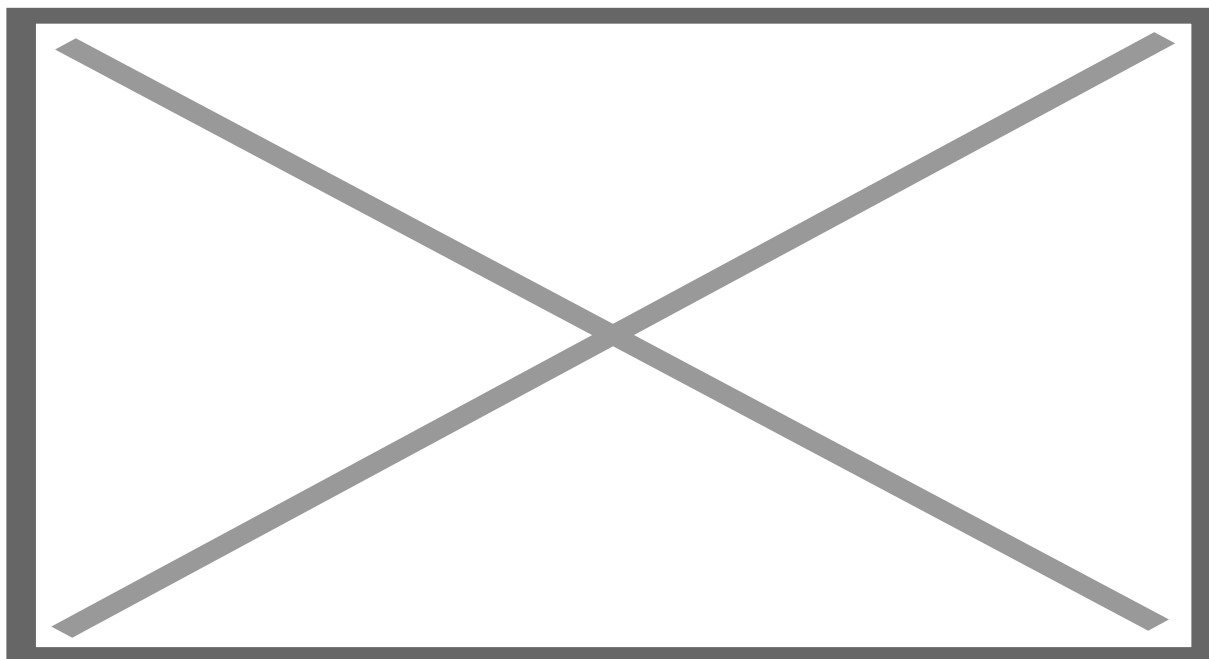


Рис. 5 – Длина и ширина устьичной щели у *Q. robur* L. и *Q. rubra* L., мкм (август 2018 г.). \*Обозначены достоверно не различающиеся данные  $p \leq 0,05$

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			
	1	2	
<i>Quercus robur</i> L. <i>Quercus rubra</i> L.	<0,065	0,066–0,070	0,071–0,075

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).

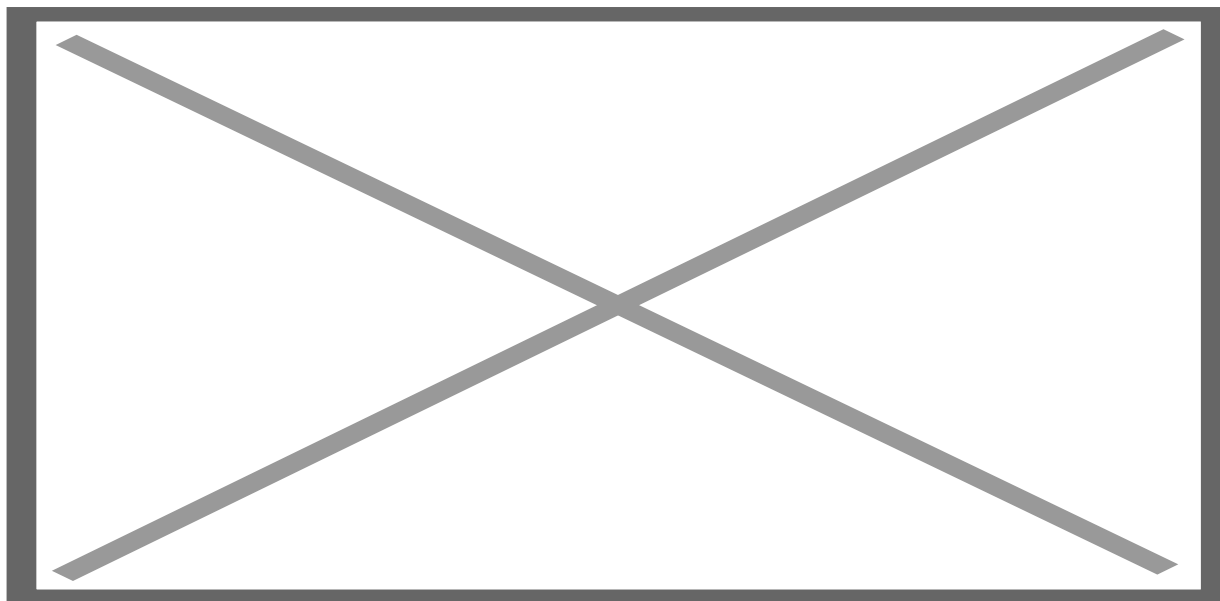


Рис. 6 – Коэффициент флуктуирующей асимметрии *Q. rubra* L. и *Q. robur* L. Разными индексами *a*, *b* и *c* обозначены достоверно различающиеся данные  $p \leq 0,05$

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 флуктуирующей 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 флуктуирующей 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. Двоеглазова. - 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. Уразильдин, 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 I. P. Global progress and problems in motor vehicle pollution control // SAE Techn. Pap. Ser.:1991. – P. 1 -21.

### Spisok literatury

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 harakteristika beryozy povisloj v usloviyah smeshannogo tipa zagryazneniya okruzhayushchej srede 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. – nach. 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 ekologicheskoj 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 ekologicheskoj 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 harakteristika 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 – М.: Nauka, 2005. 190 с.
11. Podgornova, N. A. Ekologicheskie problemy avtomobil'nogo transporta i puti resheniya /Podgornova N.A // Molodoy uchenyj, 2016. – №22.2. S. 48-50.
12. Sergejchik, S.A. Ustojchivost' drevesnyh rastenij v tekhnogennoj srede/ Sergejchik, S. A. - М.: Nauka, 2010. – 279 s.
13. Serdyukova, A.F. Vliyanie avtotransporta na okruzhayushchuyu sredyu /A.F. Serdyukova D. A Barabanshchikov // Molodoy uchenyj, 2018. – №25. –S. 31 – 33.

- 
14. Strel'cov, A.B. Fluktuiruyushchaya asimmetriya kak pokazatel' antropogenного vozdeystviya/ A.B. Strel'cov, G.A. SHpynov, I.N. Paukova, M.I. Garkunova// Antropogennye vozdeystviya 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 ĭ. P. Global progress and problems in motor vehicle pollution control // SAE Techn. Pap. Ser.:1991. – P. 1 -21.