

# ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВНЫЕ ЭПИДЕРМАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ, ИЛИ МЕЛКОЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* MILL.) НА ПРИМЕРЕ г. БЕЛГОРОДА

**В.В. Скорбач,  
М.Н. Жиликова**

Белгородский  
государственный  
университет

Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: Skorbach@bsu.edu.ru

Исследованы анатомические признаки листа *Tilia cordata* Mill. в условиях загрязнения среды в городе Белгороде. Установлено, что в районе ул. Студенческой и Аэропорта размеры основных эпидермальных клеток уменьшаются в наибольшей степени.

Ключевые слова: древесные растения, листовая пластинка, анатомический анализ, основные эпидермальные клетки.

---

## Введение

Белгород – промышленный центр с множеством промышленных предприятий и большим количеством автотранспорта обуславливающим постоянное наличие в приземном слое воздуха токсичных выбросов, влияющих, в частности, и на древесные растения. В промышленных городах деревья осуществляют детоксикацию газообразных выбросов, выполняют средообразующую, рекреационную и эстетическую функции. Причем, лиственные виды древесных растений более устойчивы к загрязняющим веществам, чем хвойные. Это объясняется ежегодной сменой их листьев. Лиственные древесные растения накапливают токсиканты в кутикуле, эпидерме, мезофилле. Поэтому важным является выявление анатомических изменений основного фотосинтезирующего аппарата растений – листьев именно лиственных древесных растений, так как эти изменения отражают реакцию растений на техногенное загрязнение.

На зеленые насаждения в придорожной зоне наибольшее воздействие оказывают автотранспортные средства. При движении автотранспортных средств по полотну автодороги среда придорожного пространства активно загрязняется отработанными газами автомобильных двигателей, испарениями из топливной системы, отработанными маслами, тяжелыми металлами [1].

Установление конкретных причинно-следственных связей при многофакторном совместном воздействии транспортных средств на экосистемы и биоту есть одна из наиболее сложных методических проблем в охране окружающей среды. Решение этой задачи прямо связано с созданием системы научно обоснованных, социально адекватных и потому действенных экологических нормативов. Задачи фитодиагностики, экотоксикологии в этом аспекте рассматриваются еще недостаточно широко. Гораздо больше работ посвящено модельным опытам по фумигации растений в камерах. Так, с их помощью было показано, что диоксид азота вызывает у растений мутагенный эффект, синтез нитратных и нитритных соединений, угнетение фотосинтеза и повышение активности защитных ферментов, и, прежде всего, пероксидазы [2]. Наибольшее воздействие оказывают на растения фотохимические окислители и оксиды серы, нарушающие нормальную работу устьичного аппарата и вызывающие деструкцию хлорофилла и гидролиз сахаров. У хлебных злаков урожайность и масса зерна снижаются даже в тех случаях, когда сернистым газом поражаются только остевые волоски. У различных растений могут быть стеблевые и корневые некрозы вследствие распада тканей флоэмы [3]. Суммарный эффект воздействия сернистых газов состоит в увеличении проницаемости и разрушении клеточных мембран, повышении скорости обезвоживания, снижении интенсивности фотосинтеза, снижении содержания аскорбиновой кислоты [4]. При этом активность пероксидазы может увеличиться в 1.2-4 раза, наблю-



даются нарушения ультраструктуры хлоропластов [5].

Воздействие озона приводит к нарушению структуры и изменению характера пигментации тканей листьев (преимущественно синтезируются антоцианы). Такой же эффект вызывают бенз(а)парен [3]. Токсичное действие оксида углерода на растения проявляется лишь при его объемной концентрации более одного процента. В этом случае усиливается рост корней, подавляется активность некоторых ферментов и падает скорость роста [2]. Основные реакции растений на избыток диоксида углерода обостряются в сочетании с воздействием озона, оксида азота. Это – изменение скорости роста, снижение интенсивности дыхания, проводимости, визуально заметные морфологические изменения листьев, корней, увеличение семеношения [6]. Так, в листьях лавра благородного с загрязненных городским транспортом улиц утолщен слой мезофилльных клеток; в самом мезофилле откладываются танины и липиды. Может также сильно развиваться палисадная ткань, то есть изменяется анатомия листа [7].

О влиянии автотранспорта на наиболее экологически чувствительный орган древесных растений – листовую пластинку – свидетельствует исследование Е.Н. Калачевой, проведенное в Нижнем Новгороде [8]. На основе результатов сравнения показателей изменчивости листового аппарата у растений из разных районов города и условно чистых мест, можно судить об уровне антропогенного воздействия на деревья в указанных районах, а данные использовать для мониторинга атмосферы и почвы. Из древесных растений Е.Н. Калачевой была взята, в том числе, и липа сердцевидная, или мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), но ею фиксировались только морфологические изменения листа.

Влияние техногенного загрязнения на древесные растения изучалось О.А. Макаевым, Н.С. Смирновой, Н.В. Загоскиной на примере парков г. Ярославля [9]. Среди объектов изучения была липа сердцевидная (*T. cordata*), но при этом сравнивались морфологические и физиолого-биохимические показатели листьев растений, произрастающих в условиях различного уровня промышленного загрязнения атмосферы.

Изучение анатомических показателей ассимиляционного аппарата листовых древесных растений (число устьиц на 1 мм<sup>2</sup>, доля открытых устьиц) под действием выбросов автотранспорта в г. Кемерово, проведенное О.А. Неверовой и Е.Ю. Колмогоровой [10], показало, что у всех исследуемых видов плотность расположения устьиц увеличивается, но при этом возрастает процент закрытых устьиц. Последнее можно рассматривать как защитную реакцию растений на высокое содержание промышленных газов в воздухе.

Экологическую оценку состояния воздушной среды в зоне предприятия «Воронежский керамический завод» провели Т.И. Прожорина, О.Н. Терещенко [11]. В качестве индикатора рассматривался тополь черный (*Populus nigra* L.), у которого измерялась площадь поврежденной ткани листа. Оказалось, что в условно «чистой» зоне площадь поврежденной ткани листьев у этого вида в 3-3.5 раза меньше, чем в зонах наиболее загрязненных выбросами керамического завода.

М.В. Андреевой, Н.Н. Семчук и М.В. Никоновым изучались морфологические особенности листа *Acer platanoides* L. в условиях аэротехногенного загрязнения в Новгородской области [12]. Значения площади листа *A. platanoides* на территории Национального парка «Валдайский» (контроль) превосходили показатели с загрязненной территории – ОАО «Акрон». На основании этого исследования нами было сделано предположение о том, что при уменьшении площади листовой пластинки древесных растений возможно изменение (вероятно, в сторону уменьшения) размеров основных эпидермальных клеток листа.

### Объект и методы исследования

Объектом нашего исследования служила липа сердцевидная, или мелколистная (*T. cordata*).

Образцы листьев собирали во второй половине лета 2008 г. в пяти различных точках города: № 1 – ул. Студенческая, № 2 – район Аэропорта, № 3 – парк Победы, № 4 – парк Ленина, № 5 – район нового корпуса БелГУ. В качестве контрольной точки нами был выбран район Лесопитомника в Сосновке. Все участки находятся вблизи или не далеко от самой оживленной трассы в городе Белгороде – улицы Богдана Хмельницкого. Эти участки (кроме контрольного) отмечены на карте - схеме (рис. 1).

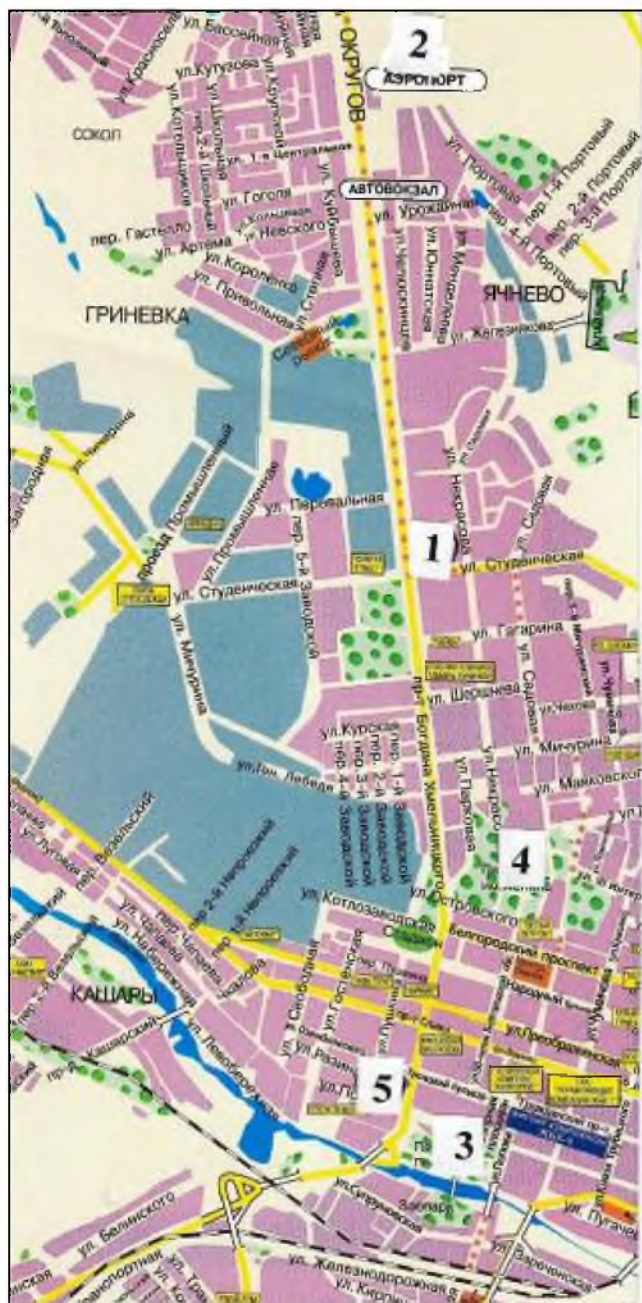


Рис. 1. Карта-схема г. Белгорода с указанием мест сбора растительного материала.  
(Пояснения – в тексте)

Для анализа брали листья с 3 модельных деревьев в средней части кроны. На каждом модельном дереве выбирали 4 побега, расположенных с разных сторон света (север, юг, запад, восток), было взято по 10 образцов с каждого побега [12].

Размеры основных эпидермальных клеток измеряли с помощью окуляр – микрометра МОВ-1-16<sup>x</sup>. У листьев липы были измерены длина и ширина 1800 эпидермальных клеток, по 300 клеток с листьев каждого исследуемого участка [13, 14].

### Результаты исследования

Лист липы с обеих сторон покрыт полифункциональной тканью – эпидермой. Основные клетки эпидермы имеют мелко-извилистые антиклинальные стенки, с тупыми и заостренными углами. На исследуемых участках происходит увеличение количества клеток на единицу площади (на 27-30% по сравнению с контролем). Также наблюдается увеличение толщины основных клеток, особенно верхней, эпидермы, на 8-10% по сравнению с контролем.

Средние размеры основных эпидермальных клеток листа *T. cordata* (мкм) представлены в таблице.

На участке № 1 средняя длина основных эпидермальных клеток на 1,484 мкм меньше по сравнению с контролем, средняя ширина на 1,836 мкм меньше; на участке № 2 длина клеток на 3,576 мкм меньше по сравнению с контролем, ширина на 2,304 мкм меньше контрольного показателя; на участке № 3 длина и ширина практически не отличаются от контрольных показателей; на участке № 4 длина клеток на 1,172 мкм меньше,

чем в контроле, ширина на 0,516 мкм меньше, чем в контроле; на участке № 5 средняя длина основных эпидермальных клеток на 0,670 мкм меньше, чем в контроле, средняя ширина основных эпидермальных клеток на 1,297 мкм меньше средней длины клеток листа *T. cordata*.

Таблица

**Средние размеры основных эпидермальных клеток листа *Tilia cordata* на исследуемых участках по сравнению с контролем.**

Место сбора растительного материала	Длина (мкм)	± от контроля	Ширина (мкм)	± от контроля
Сосновка (Лесопитомник)	9.030	-	5.369	-
Улица Студенческая	7.546	-1.484	3.533	-1.836
Аэропорт	5.454	-3.576	3.065	-2.304
Парк Победы	9.060	+0.030	5.369	0
Парк Ленина	7.858	-1.172	4.853	-0.516
Район БелГУ	8.360	-0.670	4.072	-1.297

По степени уменьшения средней длины основных эпидермальных клеток листа *T. cordata* исследуемые участки можно расположить в следующий ряд: участок №3 – парк Победы > участок №5 – район БелГУ > участок №4 – парк Ленина > участок №1 – улица Студенческая > участок №2 – район Аэропорта.

По степени уменьшения средних величин ширины клеток листа *T. cordata* исследуемые участки можно расположить в следующий ряд: участок № 3 – парк Победы > участок № 4 – парк Ленина > участок № 5 – район БелГУ > участок №1 – улица Студенческая > участок №2 – район Аэропорта.

Полученные данные свидетельствуют, что наибольшие размеры (длину и ширину) имели эпидермальные клетки листа *T. cordata* в парке Победы, а наименьшие – в районе ул. Студенческой и в районе Аэропорта, по сравнению с контрольной точкой (Сосновка, Лесопитомник). Следовательно, можно предположить, что наибольшая степень загрязненности наблюдается в районе участков № 1 и № 2. Размеры основных эпидермальных клеток листа *T. cordata* в парке Победы незначительно отличаются от соответствующих значений контрольного участка (Сосновка, Лесопитомник), что можно объяснить расположением последнего в пределах городской черты.

### Выводы

1. Размеры основных эпидермальных клеток варьируют в разной степени на исследуемых участках, но всегда меньше, чем на участке удаленном от крупных промышленных предприятий и автомобильных дорог с высокой интенсивностью транспортного потока.

2. Основные эпидермальные клетки листа *Tilia cordata* можно использовать в качестве биоиндикатора уровня загрязнения городской среды.

### Список литературы

1. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) / Кавтарадзе Д.Н., Николаева Л.Ф., Поршнева Е.Б., Флорова Н.Б. – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.
2. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
3. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М. Трешоу. – Л., 1988. – 535 с.
4. Николаевская Т.В. Влияние промышленных газов на некоторые физиолого-биохимические процессы растений // Тез. докл. респ. научн. конф. «Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития» - <http://mebocentr.narod.ru/rtf/belozerceva/rtf>
5. Негруцкая Г. М., Ермукова С. Н. Влияние диоксида серы на некоторые физиологические процессы декоративных растений // Тез. докл. респ. научн. конф. «Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития». - <http://mebocentr.narod.ru/rtf/belozerceva/rtf>
6. Allen L.H. Plant responses to rising carbon dioxide and potential interactions with air pollutants // J. Environmental Qual. – 1990. – Vol. 19, № 1. – P. 15-34
7. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
8. Калачева Е.Н. Фенотипическая изменчивость листьев некоторых древесных растений из техногенных биотопов города Нижнего Новгорода // Научная сессия МИФИ-2000. Ч. 13. Конференция «Молодежь и наука». Автоматика. Электроника. Прикладная физика. – С. 132-133.



9. Маракаев О.А., Смирнова Н.С., Загоскина Н.В. Техногенный стресс и его влияние на листовые древесные растения (на примере парков г. Ярославля) // Экология. – 2006. – №6. – С. 410-414.
10. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Морфометрическая оценка устойчивости древесных растений к выбросам автотранспорта г. Кемерово // Сб. научн. тр. «Естествознание и гуманитаризм». – Т. 3, вып. 1. – Томск, 2006. – С. 23-25.
11. Прожорина Т.И., Терещенко О.Н. Экологическая оценка состояния воздушной среды в зоне предприятия ЗАО ПКФ «Воронежский керамический завод» биоиндикационными методами // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2004. - №2. – С. 142-146.
12. Андреева М.В., Семчук Н.Н., Никонов М.В. Морфологические особенности листа *Acer platanoides* L. в условиях хронического аэротехногенного загрязнения // Ученые записки Института СХПР НовГУ. – 2006. – Т. 14, вып. 3. – С. 47-50.
13. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
- 14.. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. и др. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.

### **ENVIRONMENTAL CONTAMINATION INFLUENCE ON MAIN EPIDERMAL CELLS OF THE SMALL-LEAVED LIME (*TILIA CORDATA* Mill.) ON THE EXAMPLE OF BELGOROD**

**V.V. Skorbach,  
M.N. Zhilyakova**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: Skorbach@bsu.edu.ru*

Anatomical signs of leaf *Tilia cordata* Mill. in polluted environment in Belgorod are investigated. It is established, that in the area of Studencheskaja Street and Airport the dimensions of basic epidermal cells decrease to the greatest degree.

Keywords: woody plants, leaf plate, anatomical analysis, the basic epidermal cells.