

УДК 623:111.5

**А. Н. Сумская, Л. М. Осипова**  
**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ**  
**В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*  
*e-mail: botany@dongu.donetsk.ua*

*Сумская А. Н., Осипова Л. М. Биологические особенности лиственницы европейской в городских условиях.* – В работе анализируется влияние комплексного воздействия поллютантов на анатомическое строение лиственницы европейской, произрастающей около крупных автомагистралей г. Донецка.

*Ключевые слова:* листовая подушка, кора, перидерма, колленхима ксилема, флоэма, сердцевинные лучи.

**Введение**

Проблема загрязнения окружающей среды – одна из глобальных проблем современности. В Донецке атмосферу загрязняет пыль, состоящая главным образом из различных соединений тяжелых металлов, сернистого газа, окислов азота, окиси углерода, фенолов, ароматических аминов, гетероциклических соединений, полициклических ароматических углеводородов [1].

В значительной степени на загрязнение воздуха в городах влияют отработанные газы автотранспорта. На долю выхлопных газов в загрязнении воздушной среды города приходится от 38 до 42% всех загрязняющих веществ. Основными токсическими компонентами отработанных газов является оксид углерода, оксиды азота, несгоревшие углеводороды, диоксид серы, сажа, соединения свинца, полициклические ароматические углеводороды, бензопирен [2].

В настоящее время установлено, что под действием поллютантов у растений изменяются феноритмы, рост, форма кроны, листовых пластинок, строение генеративных органов, форма и фертильность пыльцы, строение семян, плодов, их всхожесть, меняется анатомическое строение, физиологические и биохимические реакции [3-7].

Несмотря на большое количество работ по влиянию поллютантов на анатомо-морфологическую и физиолого-биохимическую изменчивость растений, анатомические перестройки в растениях, используемых для озеленения промышленных городов, еще находятся на стадии изучения.

В настоящее время ассортимент растений, используемый для озеленения промышленных городов, с каждым годом расширяется. В зеленом строительстве голосеменные растения ценятся как породы, которые имеют высокую декоративность и санитарно-гигиенические свойства. Одним из таких растений является лиственница европейская, высокодекоративная, быстрорастущая, засухо- и морозостойкая порода, малотребовательная к почвенным условиям.

В связи с этим нами проведено изучение анатомических изменений лиственницы европейской, произрастающей вблизи крупных магистралей, которые можно использовать в качестве экспресс-метода для биоиндикации степени загрязнения окружающей среды.

**Материал и методы исследования**

Объектом исследования является лиственница европейская, высокодекоративная, быстрорастущая порода, малотребовательная к богатству почвы и увлажнению. Она не повреждается заморозками и не страдает от солнечных ожогов.

Для изучения брались растения, произрастающие вдоль крупных автомобильных трасс, так как в этих местах растения подвергаются комплексному воздействию вредных веществ.

Нами было заложено три мониторинговых зоны, на каждой из которых произрастает более 10 растений. Первая зона (проспект Мира), где растения растут на расстоянии 12 м от автомагистрали, II зона (бульвар Пушкина) – 14,5 м, III зона – растения произрастают на территории Донецкого ботанического сада НАН Украины на расстоянии 35 м от автомагистрали.

В ходе исследования определение количества оседающей на хвое пыли и степень загрязнения воздуха отработанными газами автотранспорта проводилось по общепринятым методикам [8]. Изучение анатомических особенностей опытных растений проводили на временных препаратах, замеры делали МОВ-15, для определения истинных размеров использовался объект-микрометр [9]. Статистическая обработка проводилась по общепринятым методикам. Коэффициент вариации вычислялся по программе Stat Graf. Степень варьирования признаков определялась по шкале уровней изменчивости коэффициента вариации, для характеристики изменчивости признаков были использованы лимиты ( $X_{min} - X_{max}$ ).

### Результаты исследования

В ходе исследования были изучены степень загрязнения почвы и воздуха. Для определения токсичности почв в местах проведения исследования была использована методика, разработанная учеными Казанского университета. Токсичность почвы определялась по степени развития проростков пшеницы, высаженных на почве, взятой с опытных участков. Для контроля почва взята в Краснолиманском лесу. Полученные результаты показали, что на почвах, взятых в мониторинговых зонах, по сравнению с контролем, растения развиваются хуже (табл. 1).

Таблица 1

### Параметры проростков пшеницы

№ мониторинговой зоны	Длина проростков, см	$t_{st}$	Длина корня, см	$t_{st}$
I	11,82 ± 0,42	0,75	9,0 ± 0,39	6,95
II	12,63 ± 0,31	5,15	8,97 ± 0,33	7,79
III	12,64 ± 0,31	5,13	9,24 ± 0,34	7,09
контроль	15,70 ± 0,51		12,40 ± 0,29	

Примечание.  $n = 300$ ,  $t_{st, 0,95} = 1,96$ .

Так как при изучении почв было установлено, что почвы всех опытных участков загрязнены, то в дальнейшем мы не использовали контроль, а проводили сравнение между мониторинговыми зонами. Нами также было определено количество пыли, оседающей на хвое опытных растений, установлено, что наибольшее количество пыли обнаружено на хвое растений I мониторинговой зоны (табл. 2).

Таблица 2

### Количество пыли, оседающей на хвое лиственницы

№ мониторинговой зоны	Количество пыли на хвое, г		
	$M \pm m$	Max	Min
I	0,483 ± 0,086	0,62	0,33
II	0,371 ± 0,077	0,51	0,26
III	0,295 ± 0,076	0,46	0,22

Примечание.  $n = 20$ .

Таблица 3

### Сравнительная оценка количества пыли, оседающей на хвое растений различных опытных участков

Вариант опыта	$t_{st}$ (количество пыли на хвое), г	$t_{st, 0,95}$
I – II	2,94	2,1
I – III	6,12	
II – III	0,47	

При определении  $t_{st}$  результаты показали, что, путём сравнения количества пыли на хвое I и II мониторинговых зон, а также I и III, нами выявлены достоверные различия.

Таким образом, I мониторинговая зона является наиболее загрязненной, а самый чистый – третий опытный участок, расположенный на территории Донецкого ботсада.

Также определена степень загрязнения воздуха выхлопными газами по концентрации CO в опытных участках (табл. 4).

Таблица 4

#### Загрязнение воздуха отработанными газами

Вариант опыта	Концентрация CO, мг/м <sup>3</sup>	ПДК CO, мг/м <sup>3</sup>
I	8,74 ± 0,26	5
II	2,35 ± 0,11	
III	3,84 ± 0,17	

В результате определения загрязнения воздуха выхлопными газами машин установлено, что концентрация CO в I мониторинговой зоне в 8.00 превышает ПДК на 4,45 мг/м<sup>3</sup>, в 13.00 – на 2,79 мг/м<sup>3</sup>, а в 18.00 – на 9,98 мг/м<sup>3</sup>.

На II и III участках концентрация CO не превышает ПДК.

В ходе исследования был изучен годичный прирост лиственницы. Установлено, что наибольший прирост имеют растения, произрастающие в Донецком ботсаду, наименьший – на проспекте Мира (табл. 5).

Таблица 5

#### Параметры побегов опытных растений

№ мониторинговой зоны	Длина побегов, см			Диаметр побегов, см		
	M ± m	Max	Min	M ± m	Max	Min
I	17,9 ± 0,45	20,12	15,24	1,08 ± 0,01	1,10	1,03
II	21,20 ± 0,65	24,71	17,42	1,23 ± 0,01	1,08	0,98
III	29,41 ± 0,63	32,43	26,45	1,41 ± 0,06	1,072	1,10

Примечание. n = 30.

Таблица 6

#### Статистическая оценка параметров побегов лиственницы европейской

Вариант опыта	$t_{st}$ (длина), см	$t_{st}$ (диаметр), см	$t_{st, 0,95}$
I – II	4,1	4,8	2,1
I – III	14,9	5,5	
II – III	9,1	3	

Результаты расчетов  $t_{st}$  показали, что между длиной и диаметром однолетних побегов растений из различных мониторинговых зон существует достоверное различие. Установлено, что токсические вещества, содержащиеся в выхлопных газах автомобилей, отрицательно влияют на апикальную меристему побега и камбий.

В ходе исследования было изучено влияние поллютантов на анатомическое строение лиственницы обыкновенной.

Установлено, что однолетние стебли хвойных растений имеют лопастные очертания поперечных сечений. Лопасты, называемые листовыми подушками, представляют собой сросшиеся со стеблем основания листьев. Под эпидермой находится гиподерма, обычно состоящая из толстостенных одревесневших клеток. Глубже расположена рыхлая хлорофиллоносная паренхима листовых подушек, постепенно переходящая в паренхиму первичной коры стебля, в которой, как в листовых подушках, могут быть смоляные ходы.

На поперечних розрізах серцевина має округле, багатоугольне або зірчасте очертання. Типична серцевина складається з паренхимних кліток, зазвичай рихло зв'язаних і мають недревесневаючі оболонки. У багатьох в лубі немає волокон і склерид, а ксилема складається з трахейд і майже не має лібриформи.

Мала потужність кілець прироста у дерев'яних високих широт і висот над рівнем моря залежить не тільки від успадкованих особливостей породи, але й від кліматических умов.

В молодій частині луба всі клітки живі, містять протоплазму з великими ядрами.

Утворення корки і відділення її від поверхні органу починається у різних рослин в різному віці. Корка не тільки захищає в більшій мірі, ніж епідерма, стовпи і гілки від втрати води випаровуванням, від перегріву, замерзання, від різких температурних коливань, від проникнення паразитів, але й захищає від опіків сонячними променями.

Вивчення анатомічних особливостей річних гілок показало, що параметри тканин стебла в трьох моніторингових зонах мають достовірно різні показники. Так, ширина епідерми во всіх моніторингових зонах не відрізняється і становить 0,01 мм. Наше дослідження показало, що у випробуваних рослин існують відмінності в розмірах гіподерми: в I моніторинговій зоні –  $0,08 \pm 0,003$  мм, во II –  $0,03 \pm 0,004$  мм, в III –  $0,03 \pm 0,003$  мм. Ширина гіподерми тим товщі, чим забрудненіша зона, що спостерігається в I моніторинговій зоні. Ширина хлоренхими кори в I моніторинговій зоні –  $0,046 \pm 0,01$  мм, во II –  $0,073 \pm 0,02$  мм, в III –  $0,046 \pm 0,011$  мм. На розвиток хлоренхими ступінь забруднення оточуючої середовища не впливає. Найбільш достовірні відмінності помічені в корі: I ділянка –  $0,136 \pm 0,04$  мм, II –  $0,113 \pm 0,021$  мм, III –  $0,086 \pm 0,013$  мм.

Проведене дослідження річних гілок листяної європейської показало, що пластинчаста колленхима в I зоні складається з 3 рядів, во II і III зонах – з 2 рядів. Кількість рядів колленхими свідчить про те, що чим більше забруднена оточуюча середовище, тим більше утворюється рядів колленхими, що спостерігається в I зоні.

Вивчення листових подушок стебел показало, що найбільш довгі листові подушки мають рослини I моніторингової зони –  $0,36 \pm 0,004$  мм, а найменші – II зони –  $0,18 \pm 0,001$  мм. Ширина листових подушок в I і II зонах становить  $0,50 \pm 0,003$  мм, а в III –  $0,37 \pm 0,004$  мм. Клітки листових подушок також відрізняються по довжині і ширині. Їх довжина варіює від  $0,08 \pm 0,001$  мм до  $0,15 \pm 0,006$  мм. Ширина варіює від  $0,04 \pm 0,01$  мм до  $0,07 \pm 0,002$  мм (табл. 8). На параметри листових подушок впливають забруднення оточуючої середовища. Вивчення ксилеми показало, що найбільш розвита ксилема у рослин I зони –  $0,15 \pm 0,006$  мм, а менш розвита – в III моніторинговій зоні –  $0,10 \pm 0,007$  мм. Ширина флоєми в I зоні –  $0,025 \pm 0,002$  мм, во II –  $0,050 \pm 0,002$  мм, в III –  $0,050 \pm 0,004$  мм. Наші спроби показали, що ступінь розвитку ксилеми прямо пропорційна забрудненню середовища. Флоєма в спробах розвита тим краще, чим чистіша оточуюча середовище. Серцевина більш розвита у рослин II і III моніторингових зон ( $0,20$  мм), а менш розвита – в I зоні і становить  $0,12 \pm 0,068$  мм. Чим краще розвита серцевина, тим чистіша оточуюча середовище (табл. 9).

У випробуваних рослин вивчалась довжина і ширина серцевинних променів. По довжині вони варіюють від  $0,100 \pm 0,003$  мм (в III зоні) до  $0,130 \pm 0,009$  мм (во II зоні), по ширині варіюють від  $0,012$  мм до  $0,015$  мм.

Також були вивчені смоляні ходи. Їх діаметр на I ділянці  $0,011 \pm 0,0025$  мм, на II –  $0,011 \pm 0,0028$  мм, на III –  $0,019 \pm 0,0017$  мм (см. табл. 9).

Таким чином, проведені спроби показали, що в якості індикатора забруднення оточуючої середовища може бути використана ступінь розвитку гіподерми і листових подушок.

При підрахунку  $t_{st}$  дані показали, що порівнюючи ширину гіподерми, ксилеми, флоєми, довжину і ширину листових подушок в I-II і I-III зонах виявлені достовірні відмінності.

Таким чином, політанти вихлопних газів призводять до кількісних змін листяної на анатомічному рівні.

Таблица 7

**Анатомические особенности коры опытных растений, мм**

№ мониторинговой зоны	Эпидерма	Гиподерма	Хлоренхима	Кора	Кол-во рядов пластинчатой колленхимы, шт	Листовые подушки		Клетки листовых подушек	
						длина	длина	ширина	ширина
I	0,01±0,002	0,08±0,003	0,046±0,01	0,136±0,04	3	0,36±0,004	0,15±0,006	0,07±0,002	0,50±0,003
II	0,01±0,003	0,03±0,004	0,073±0,02	0,113±0,02	2	0,18±0,001	0,09±0,002	0,04±0,001	0,50±0,003
III	0,01±0,002	0,03±0,003	0,046±0,01	0,086±0,01	2	0,27±0,001	0,08±0,001	0,04±0,001	0,37±0,004

Примечание. n = 5.

Таблица 8

**Влияние антропогенных факторов на развитие тканей центрального цилиндра, мм**

№ мониторинговой зоны	Флоэма	Ксилема	Сердцевина	Сердцевинные лучи		Диаметр смоляных ходов
				длина	ширина	
I	0,025±0,002	0,15±0,006	1,12±0,068	0,108±0,004	0,012±0,003	0,011±0,0025
II	0,050±0,002	0,14±0,009	0,20±0,017	0,130±0,009	0,015±0,003	0,011±0,0028
III	0,050±0,004	0,10±0,007	0,20±0,010	0,100±0,003	0,015±0,006	0,019±0,0017

Примечание. n = 5.

Таблица 9

**Статистическая оценка влияния токсических веществ на анатомическое строение однолетних побегов, мм**

Вариант	t <sub>st</sub> (эпидерма)	t <sub>st</sub> (гиподерма)	t <sub>st</sub> (хлоренхима)	t <sub>st</sub> (кора)	t <sub>st</sub> (листовая подушка)		t <sub>st</sub> (клетки листовой подушки)		t <sub>st</sub> (ксилема)	t <sub>st</sub> (флоэма)	t <sub>st</sub> (сердцевина)	t <sub>st</sub> (сердцев. лучи)		t <sub>st</sub> (смол. ходов)	t <sub>st,0,95</sub>
					длина	ширина	длина	ширина				длина	ширина		
I – II	—	10	1,2	0,5	4,5	—	10	15	1	12,5	1,1	2,4	0,75	—	3,19
I – III	—	10	—	1,25	22,5	26	11,6	15	5,5	6,25	1,3	1,6	0,5	4	3,19
II – III	—	—	1,2	1,12	9,0	26	5	—	4	—	—	3	—	0,3	3,19

**Выводы**

1. Изучение анатомического строения стеблей ливенницы европейской показало, что влиянием комплексного воздействия поллютантов антропогенного происхождения у растений формируются количественные изменения на тканевом уровне.

2. Полученные результаты показали, что степень развития гиподермы и листовых подушек может служить экспресс-методом при биоиндикации степени загрязнения окружающей среды.

**Список литературы**

1. *Кондратюк Е. Н.* Промышленная ботаника / Е. Н. Кондратюк, В. П. Тарабрин, В. И. Бакланов, А. И. Хархота. – К.: Наук. думка, 1980. – 260 с.
2. *Экология города: Учебник* / Под. ред. Ф. В. Стальберга. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
3. *Влияние загрязнений воздуха на растительность* / Под ред. Х. Г. Десслера; пер. с нем. / С. Бёртиту, Х. Эндерляйн, Ф. Энгманн и др. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 184 с.
4. *Илькун Г. М.* Физиолого-биохимические нарушения в растениях, вызываемые атмосферными загрязнителями, и промышленная среда / Г. М. Илькун, В. В. Мотрук. – К.: Наук. думка, 1968. – С.75–88.
5. *Коршиков И. И.* Адаптация растений к условиям техногенного загрязнения среды / И. И. Коршиков. – К.: Наук. думка, 1996. – 272 с.
6. *Артамонов В. И.* Растения и чистота природной среды / В. И. Артамонов. – М.: Наука, 1989. – 172 с.
7. *Николаевский В. С.* Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 155 с.
8. *Федорова А. И., Никольская А. Н.* Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1997. – 304 с.
9. *Паушева З. П.* Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М.: Колос, 1980. – 304 с.

**Сумська А. М., Осінова Л. М.** Біологічні особливості модрина європейської в міських умовах. – У роботі аналізується вплив комплексної дії поллютантів на анатомічну будову модрина європейської, що росте біля крупних автомагістралей м. Донецька.

*Ключові слова:* листова подушка, кора, перидерма, коленхіма ксилема, флоема, серцевинні промені.

**Sumskaja A. N., Osipova L. M.** Biological features of European larch in urban conditions. – The purpose of presented work was to analyze the influence of complex effect of pollutants on an anatomic structure of European larch, growing near large highways of Donetsk city.

*Key words:* bag of leaf, cortex, periderm, collenchyme, floem, rays of core.