

ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РАСТЕНИЙ *PLATANUS* × *ACERIFOLIA* (AITON) WILLD. В ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЯХ

*Изучены особенности пылеулавливающей способности растений *Platanus* × *acerifolia* (Aiton) Willd. по сравнению с распространенными в городском озеленении видами древесных растений. Определена зависимость массы осаждаемых пылевых частиц от дендрометрических параметров дерева.*

Ключевые слова: пыль, лист, площадь поверхности кроны, диаметр ствола.

Platanus × *acerifolia* (Aiton) Willd. (платан кленолистный, или лондонский) — листопадное дерево высотой 21–30 м, значительно разрастающееся с возрастом. Впервые был получен приблизительно в 1670 г. в ботаническом саду г. Оксфорд как естественный гибрид между *P. orientalis* L. (платан восточный, или чинар) и *P. occidentalis* L. (платан западный, или американский сикомор). Дерево может расти как на хорошо освещенных участках, так и при частичном затенении [14]. Предпочитает плодородные, хорошо увлажняемые и дренируемые почвы, но растет на почвах большинства типов и может выдерживать широкий диапазон рН почвы. Деревья используют для озеленения крупных европейских и североамериканских городов. Они выдерживают частую обрезку и формовку кроны [3, 10]. Декоративность платана кленолистного сохраняется на протяжении всех сезонов года. С последней декады апреля до первой декады ноября дерево пребывает в облиственном состоянии, а оставшуюся часть года платан выделяется среди других древесных пород своеобразной текстурой коры ствола и ветвей, которая периодически отслаивается и создает декоративный эффект, а также шаровидными соплодиями, которые сохраняются на дереве до весны.

Как и другие виды древесных растений, *P. × acerifolia* выполняет ряд важных функций в городской среде, в частности, он обладает пылеулав-

ливающей способностью (ПС), позволяющей растениям выводить из воздушного бассейна аэрополлютанты твердой фракции [4].

Для большинства современных городов характерно относительно высокое содержание пылевых частиц в воздухе. В Донецке средняя концентрация пылевых частиц составляет 0,3 мг/м³. Поэтому актуальной является проблема их выведения из круговорота веществ в городской среде, в частности, посредством осадения пыли на листовой поверхности растений.

Цель работы — изучить особенности пылеулавливающей способности *P. × acerifolia* по сравнению с другими широко распространенными в городском озеленении видами древесных растений.

Материал и методы

Изучена ПС *P. × acerifolia* и семи видов древесных растений, используемых в озеленении г. Донецка: *Acer negundo* L., *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L. 'Purpureum', *Juglans regia* L., *Populus nigra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia europaea* L.

Исследование проводили на заключительном этапе вегетационного периода до опадения листьев. Отбирали по 20 неповрежденных листьев с деревьев, произрастающих в насаждении, прилегающем к проезжей части бульвара Тараса Шевченко (модельное насаждение, М₁), где суммарная интенсивность движения составляет 35–40 ед. транспорта в минуту [6]. Фактическое количество пыли,

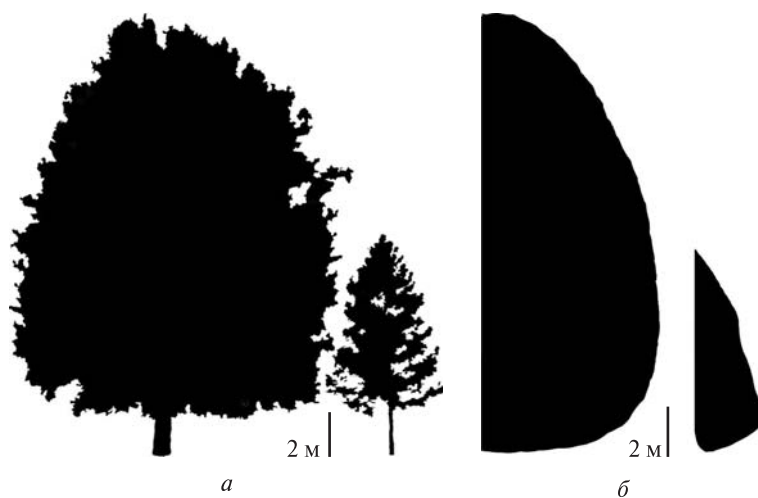


Рис. 1. Примеры абрисов кроны *Platanus × acerifolia*: а — исходные; б — усредненные модели, используемые для расчета площади поверхности кроны дерева

адсорбированное листьями в конкретных условиях, или относительную ПС вида (ОПС), определяли как разницу массы листьев с пылью и чистых листьев в пересчете на единицу площади ($\text{г}/\text{м}^2$) и единицу массы листа ($\text{г}/\text{кг}$). ОПС варьирует в зависимости от концентрации пылевых частиц в воздухе и не является постоянной для вида.

Сбор листьев *P. × acerifolia* проводили в пяти пунктах: г. Донецк (дендрарий Донецкого ботанического сада НАН Украины и модельное насаждение M_1), г. Днепропетровск (ул. Ленина, набережная), г. Ялта (территория автовокзала) и г. Бердянск (ул. Горького, набережная).

Для того чтобы определить массу пылевых частиц, которые оседают во внешней части кроны деревьев *P. × acerifolia*, рассчитывали площадь поверхности кроны ($S_{\text{пк}}$) деревьев с разным радиусом кроны (R) и диаметром ствола на высоте 1,3 м от корневой шейки (d). Такого плана работ в отношении платана проведено мало [11]. Существует много методов определения параметров кроны и их соотношений [9, 13], однако они не позволяют определить необходимые параметры доступными нам средствами. Необходимо было разработать методику определения и расчета упомянутых параметров для *P. × acerifolia*.

Все первичные измерения параметров кроны выполняли по цифровым фотоснимкам с помощью программного обеспечения AxioVision 4.7. Площадь проекции кроны ($S_{\text{прк}}$) определяли путем вычисления площади фотоснимка абриса кроны дерева (рис. 1) при известном масштабе. Для дальнейших расчетов использовали половину $S_{\text{прк}}$ как фигуру, которая при вращении вокруг оси, представленной стволом дерева, образует полную крону дерева.

Площадь поверхности кроны рассчитывали как сумму боковых поверхностей усеченных конусов ($S_{\text{ук}}$), на которые условно разбивали крону дерева (уравнение 1).

$$S_{\text{пк}} = (S_{\text{ук1}} + S_{\text{ук2}} + \dots + S_{\text{укn}}) / 2. \quad (1)$$

Поверхность кроны не является непрерывной и гладкой. В данной работе под поверхностью кроны мы понимали идеализированный слой толщиной в один лист дерева, который ограничивает модельную поверхность кроны дерева радиусом R и высотой h . Учитывали неравномерность распределения воздушного потока относительно разных экспозиций кроны. Предполагали, что пылевые частицы поступают с воздушным потоком преимущественно с одной стороны кроны, поскольку при произрастании дерева на территории, прилегающей

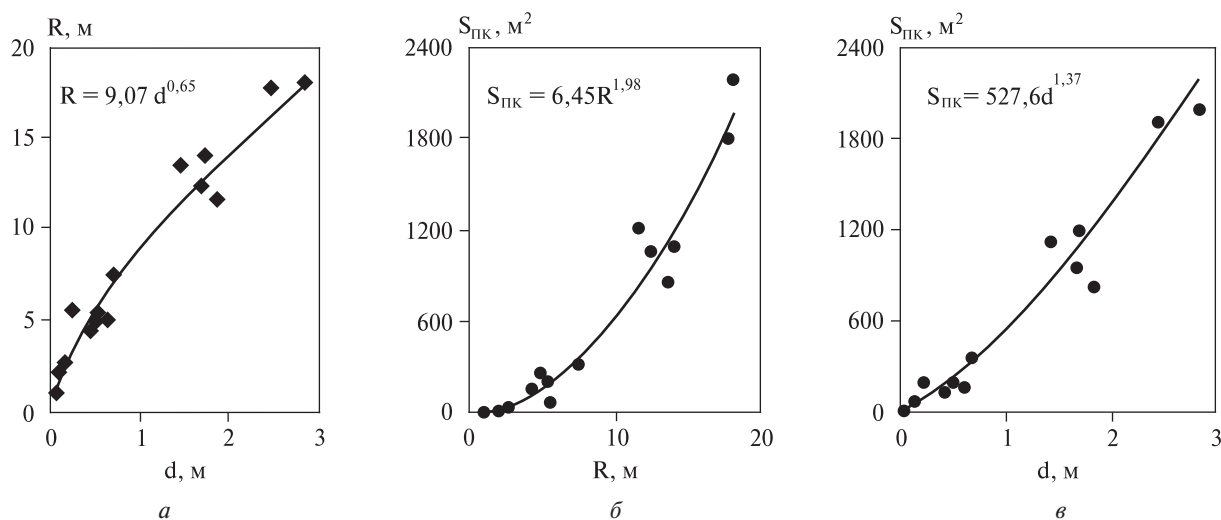


Рис. 2. Соотношение дендрометрических параметров *Platanus × acerifolia*: а — зависимость радиуса кроны от диаметра ствола; зависимость площади поверхности кроны от радиуса (б) и диаметра (в)

к автомобильной дороге, только одна половина поверхности кроны обращена к автодороге, откуда поступает основная масса пылевых частиц, поэтому площадь поверхности кроны, обращенной в противоположную от дороги сторону, не учитывали.

Таким образом, получили площадь упрощенной поверхности кроны семи модельных деревьев разного диаметра ствола (5–245 см), радиуса (1,0–17,7 м) и высоты кроны (2,4–31,6 м). Из полученных дендрометрических зависимостей (рис. 2) определили эмпирическое выражение площади кроны $S_{пк}$ и массы осаждаемой пыли (m_n) через диаметр ствола (d):

$$S_{пк} = 527,6 \cdot d^{1,37}; \quad (2)$$

$$m_n = (ОПС \cdot 527,6 \cdot d^{1,37}) / 1000, \quad (3)$$

где m_n — масса пыли (кг), адсорбируемая одним деревом; 1000 — коэффициент для пересчета массы в килограммы.

Проводили расчет теоретической массы пылевых частиц, осажденных на внешней поверхности кроны отдельно стоящих деревьев.

В качестве модельных были выбраны деревья *P. × acerifolia*, произрастающие в г. Донецке (с диаметром ствола от 3,0 до 71,0 см), и 12 старовозрастных деревьев, произрастающих в семи географических пунктах (1,0–2,8 м;

использованы дендрометрические данные и фотоснимки растений) [3, 5, 12]. Статистическую обработку полученных результатов проводили по общепринятым методикам.

Результаты

Для того чтобы определить, насколько выражено межвидовое варьирование ПС видов древесных растений, которые используются в озеленении города Донецка, по разработанным рабочим шкалам проводили сравнительный анализ ПС восьми видов растений в одинаковых условиях произрастания (насаждение M_1). Градации показателя ПС листьев в массовом выражении (1 мг пыли на 1 г фитомассы листа): <30 мг/г — низкая ПС, 31–60 мг/г — умеренная, 61–90 мг/г — высокая, >90 мг/г — очень высокая.

В группу видов со слабой ПС вошли *R. pseudo-acacia* (29,5 г/кг), *A. pseudoplatanus* 'Purpureum' (29,6 г/кг) и *P. × acerifolia* (15,1 г/кг). Умеренное накопление пыли листовой поверхностью отмечено у *A. platanoides* (55,9 г/кг), *A. negundo* (44,5 г/кг), *J. regia* (35,7 г/кг) и *T. europaea* (35,5 г/кг). Максимальной ПС обладает *P. nigra* (104,3 г/кг), что в 7 раз больше, чем ПС *P. × acerifolia*.

По другой шкале проводили оценку ПС, выраженной в граммах пыли на единицу пло-

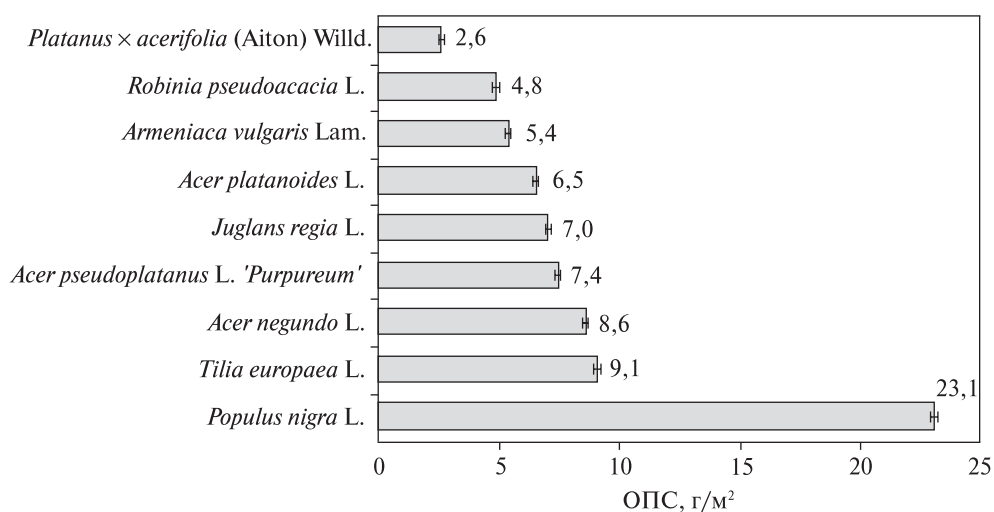


Рис. 3. Относительная пылеулавливающая способность древесных пород

щади листа (г/м²): <5 — низкая ПС, 6–15 — умеренная, 16–20 — высокая, >20 — очень высокая.

В группу с низкой ПС вошли *R. pseudoacacia* и *P. × acerifolia* (рис. 3). Как вид с максимальной ПС также определен *P. nigra*. Остальные виды адсорбировали пыль в умеренном количестве (7–9 г/м²).

При расчете общей массы пыли, накопленной листом растения, возможна погрешность, поскольку определенная доля частиц поглощается и прочно закрепляется анатомическими структурами листа и не может быть удалена механическим способом [2]. Для каждого вида растения такой показатель индивидуален, часто он зависит от толщины кутикулы, наличия эпидермальных волосков, характера поверхности эпидермиса, наличия

или отсутствия клейких железистых выделений и т. п. [1, 7, 8]. Кроме того, на количество пылевых частиц, адсорбируемых одним и тем же видом в разных условиях, оказывает влияние ряд факторов: количество и интенсивность атмосферных осадков, расположение растений в насаждении, а также месторасположение самого насаждения в той или иной зоне города.

Проявляя фильтрационные способности, древесные растения подвергаются отрицательному воздействию веществ, которые входят в состав пылевых частиц, и взаимодействуют с фотосинтезирующей поверхностью листа. Таким образом, пылеулавливающая способность растений имеет двойное значение и в определенной степени зависит от их газоустойчивости и жизнеспособности в целом.

Относительная пылеулавливающая способность *Platanus × acerifolia* в насаждениях модельных пунктов

Модельный пункт	ОПС (масса пылевых частиц)		
	г/м²	г/кг	% от массы листа
г. Днепропетровск (ул. Ленина)	7,50 ± 0,08	34,20 ± 4,76	3,42 ± 0,16
г. Ялта (территория автовокзала)	3,70 ± 0,05	19,20 ± 0,68	1,92 ± 0,02
г. Донецк (насаждение М ₁)	2,60 ± 0,02	15,10 ± 0,64	1,52 ± 0,20
г. Бердянск (ул. Горького)	2,40 ± 0,04	12,30 ± 2,06	1,23 ± 0,21
г. Донецк (Ботанический сад)	2,00 ± 0,02	15,80 ± 0,72	1,65 ± 0,02

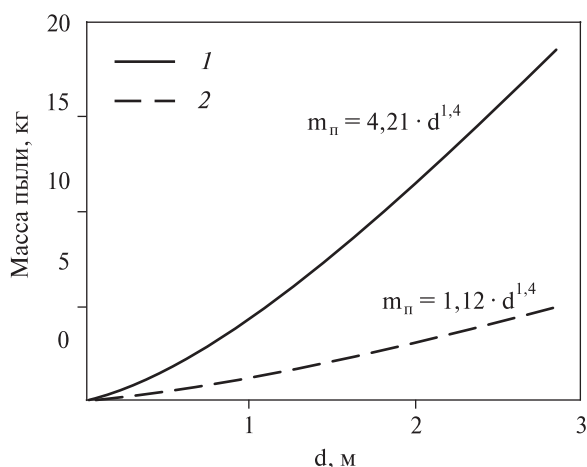


Рис. 4. Масса пыли (m_n), осаждаемая деревом *Platanus* × *acerifolia*, в зависимости от диаметра ствола (d): 1 — минимальная (ОПС = 2,0 г/м²); 2 — теоретически максимальная (ОПС = 7,5 г/м²)

Более подробно изучали ПС *P. × acerifolia* в пяти пунктах. Величина ОПС значительно варьировала в зависимости от пункта сбора. Максимальные значения получены для растений из г. Днепропетровска (7,5 г/м², 34,2 г/кг), минимальные — для деревьев из Донецкого ботанического сада (2,0 г/м², 15,8 г/кг) (таблица).

Морфологические особенности листовой поверхности *P. × acerifolia* изменяются в течение вегетационного периода. Так, максимально плотной опушенностью обладают листья, находящиеся на ранней стадии развития [3] (в условиях г. Донецка — от начала этапа облиствения в последней декаде апреля до первой декады июня). Затем эпидермальные трихомы в большинстве своем отмирают и сохраняются частично лишь на нижней поверхности листа и вдоль жилок. Поэтому в период проведения эксперимента листья исследуемого вида имели минимальное опушение и не могли задерживать большее количество пыли, чем возможно для вида.

Одним из показателей фильтрационной способности древесных растений в городских насаждениях является масса пылевых частиц, осаждаемая одним деревом. Зная ее, можно определить пылезадерживающую спо-

собность насаждения в целом. При помощи уравнения 4 определили, что отдельное дерево в насаждении М₁ может адсорбировать из атмосферного воздуха от 11,7 до 58,2 г пылевых частиц (ОПС = 2,6 г/м²). Таким образом, деревья *P. × acerifolia* в этом насаждении могут осадить в среднем (12,0 ± 0,39) кг пылевых частиц.

Проанализировали также ОПС для деревьев разных возрастных категорий с целью прогнозирования динамики изменения ОПС растений *P. × acerifolia* с возрастом. Выведенные уравнения расчета массы пыли, адсорбируемой одним деревом *P. × acerifolia* (рис. 4), учитывают минимально и максимально возможную для вида ОПС (2,0 и 7,5 г/м² соответственно).

Таким образом, при диаметре ствола 2,8 м теоретически деревья могут выводить из воздушного бассейна от 3,6 до 13,5 кг пылевых частиц за вегетационный сезон (в зависимости от условий произрастания).

Полученные данные отображают минимально возможное количество адсорбируемой пыли, поскольку в данной работе не учтено проникновение пылевых частиц вместе с воздушными потоками внутрь кроны дерева.

В сомкнутом насаждении концентрация пылевых частиц убывает по градиенту продвижения воздушного потока вглубь насаждения. В данной работе не учитывали также распределение пылевых частиц по высотному градиенту.

Полученные результаты позволяют прогнозировать и анализировать изменение количества пыли, осаждаемой из воздушного бассейна растениями *P. × acerifolia*, при разных значениях ПС, которые зависят от условий произрастания деревьев.

Выводы

1. *P. × acerifolia* обладает относительно низкой ПС (2,0–7,5 г/м², 12,3–34,2 г/кг) по сравнению с ПС широко распространенных в городском озеленении видов древесных растений.

2. Выведено уравнение для определения массы пылевых частиц (m_n), осаждаемых деревом

P. × acerifolia, в зависимости от его размеров (диаметра ствола d): $m_n = (\text{ОПС} \cdot 527,6 \cdot d^{1,37}) / 1000$.

3. Пылеулавливающая способность насаждения, состоящего из 448 деревьев возрастной категории 15–20 лет, составляет в среднем $(12,0 \pm 0,39)$ кг пылевых частиц.

4. По достижении деревьями величины диаметра ствола 2,8 м, теоретически они могут выводить из воздушного бассейна от 3,6 до 13,5 кг пылевых частиц за вегетационный сезон.

1. Бабич Н.А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов / Н.А. Бабич, О.С. Зальвская, Г.И. Травникова. — Архангельск: Архангел. гос. техн. ун-т, 2008. — 144 с.
2. Бухарина И.Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях / И.Л. Бухарина, А.А. Двоглазова. — Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 2010. — 184 с.
3. Грабовий В.М. Платан *Platanus* L. у Правобережному Лісостепу України / В.М. Грабовий. — Умань: УВП, 2007. — 218 с.
4. Илькун Г.М. Взаимодействие атмосферной пыли с растениями / Г.М. Илькун, А.С. Миронова // Газоустойчивость растений. — Пермь, 1969. — С. 49–57.
5. Мемориальные деревья арборетума Никитского ботанического сада / Л.И. Улейская, Е.С. Крайнюк, В.Н. Герасимчук, А.Л. Харченко // Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова». — 2012. — Т. 14. — С. 274–277.
6. Нецветов М. Передача вібрацій від автомобільного транспорту на дерева придорожніх смуг / М. Нецветов, О. Сулова // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. — 2008. — Вип. 48. — С. 75–82.
7. Промышленная ботаника / [Е.Н. Кондратюк, В.П. Тарабрин, В.И. Бакланов и др.]. — К.: Наук. думка, 1980. — 260 с.
8. Чернышенко О.В. Поглощительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города: Автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра биол. наук / О.В. Чернышенко. — М.: МГУЛ, 2001. — 20 с.
9. Capturing tree crown formation through implicit surface reconstruction using airborne lidar data / A. Kato, L.M. Moskal, P. Schiess [et al.] // Remote Sensing of Environment. — 2009. — N 113. — P. 1148–1162.
10. Dineva S.B. Comparative studies of the leaf morphology and structure of white ash *Fraxinus americana* L. and London plane Willd., growing in polluted area /

S.B. Dineva // Dendrobiology. — 2004. — Vol. 52. — P. 3–8.

11. Dobbs C. Above ground biomass and leaf area models based on a non destructive method for urban trees of two communes in Central Chile / C. Dobbs, J. Hernández, F. Escobedo // BOSQUE. — 2011. — N 32 (3). — P. 287–296.
12. Monumental trees [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.monumentaltrees.com/en/trees/londonplane/>
13. Peper P. Equations for predicting diameter, height, crown width, and leaf area of san joaquin valley street trees / P.J. Peper, E.G. McPherson, S.M. Mori // Journal of Arboriculture. — 2001. — N 27 (6). — P. 306–317.
14. The history of the London plane // Journal of the New York Botanical Garden. — 1919. — Vol. 20, N 239. — P. 216–220.

Надійшла до редакції 16.12.2013 р.
Рекомендував до друку П.А. Мороз

Д.В. Задорожна

Донецький ботанічний сад НАН України,
Україна, м. Донецьк

ПИЛОВЛОВЛЮВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ *PLATANUS* × *ACERIFOLIA* (AITON) WILLD. У МІСЬКИХ НАСАДЖЕННЯХ

Вивчено особливості пиловловлювальної здатності *Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd. порівняно з поширеними в міському озелененні видами деревних рослин. Визначено залежність маси пилових часток, які осаджуються, від дендрометричних параметрів дерева.

Ключові слова: пил, лист, площа поверхні крони, діаметр стовбура.

D.V. Zadorozhnaya

Donetsk Botanical Garden,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Donetsk

PLATANUS × *ACERIFOLIA* (AITON) WILLD. DUST-CATCHING CAPACITY IN URBAN CONDITIONS

Platanus × acerifolia (Aiton) Willd. dust-catching capacity in comparison with woody species which are widespread in urban conditions is investigated. The dependence between the mass of adsorbed dust particles and dendrometric parameters of a tree has been established.

Key words: dust, leaf, crown surface area, trunk diameter.