



Сравнение пылеудерживающей способности лиственных и хвойных пород города Ташкент, Узбекистан

Е. А. Зейберт ^a, Н. Г. Акиншина ^b, А. В. Митусов ^c

^a Кафедра Ботаники и физиологии растений, Биологический факультет, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, ул. Университетская, 4, Ташкент, 100174, Узбекистан

^b Отдел Прикладной экологии и устойчивого развития, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, ул. Университетская, 4, Ташкент, 100174, Узбекистан

^c Казахстанско-Немецкий университет, ул. Пушкина, 111, Алматы, 050010, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является изучение пылеудерживающей способности кроны деревьев и определение возможности использования этого параметра для оценки запыленности воздуха разных зон города. Показатель пылеудерживающей способности выражен в массе пыли, которую может удержать единица площади зеленой массы деревьев. Растительный материал был отобран на трех участках города Ташкент с разными экологическими условиями (освещение, температура, источники пыли) по следующим видам: катальпа красивая - *Catalpa bignonioides* Walt., платан кленолистный - *Platanus acerifolia*, сосна эльдарская - *Pinus eldarica* и можжевельник виргинский - *Juniperus virginiana*. По итогам исследования наибольшие значения пылеудерживания при сравнении с хвойными отмечены у лиственных пород: у платана - 2,4 мг/см², 1,2 мг/см², 13,3 мг/см² и катальпы - 8 мг/см², 3,6 мг/см²; у сосны - 0,185 мг/см², 0,062 мг/см², 0,785 мг/см² и можжевельника - 2,2 мг/см², 0,4 мг/см². В результате определена способность удержания пыли из расчета общего выброса пыли в г. Ташкент, который составил в среднем 24,6 ± 6,9 тыс. тонн в период с 2009 по 2018 г. Платан способен удержать на себе около 0,61 %, сосна - 0,16 % от среднегодовой (2009-2018 гг.) массы аэрозолей (на 100 тыс. деревьев). Выполненные расчеты позволяют заключить, что для компенсации (удержания) годового выброса пыли в Ташкенте необходимо примерно 17-19 млн деревьев платана или 60-62 млн сосен.

Подана в редакцию:
24 марта 2021

Принята к публикации:
19 октября 2021

Доступ онлайн:
13 марта 2022

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пылеудерживающая способность, лиственные деревья, хвойные деревья, воздушная среда города, пыль, изменение климата

1. Введение

Последние десятилетия отличаются тенденцией к усилению изменения климата. Относительно постоянная температура на Земле сохраняется благодаря парниковому эффекту. Парниковые газы и пылевые частицы пропускают солнечные лучи и задерживают тепловое излучение от Земли, способствуя парниковому эффекту (Вронский, 1997). Избыток содержания основного парникового газа

Для корреспонденции **Е. А. Зейберт** ✉ zeybertk@gmail.com Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, ул. Университетская, 4, Ташкент, 100174, Узбекистан

- CO₂ и твердых частиц пыли приводит к усилению парникового эффекта, что влечет за собой повышение температуры на планете (Назаров и др., 2007). Рост температуры на Земле является причиной многих катаклизмов (Семенов, 2015; Дьячкова, Берсенева, 2016).

Промышленность, градостроительные процессы, автотранспорт - все это приводит к увеличению парниковых агентов в атмосфере (парниковые газы, пыль и тепловое загрязнение). В работе Картуновой и Цветкова (2019) описано влияние пыли на изменение климата. Источники пыли можно разделить на природные и антропогенные. К первым относятся пустыни и степи, ко вторым - города, строительные площадки, промышленные центры, автомагистрали. В состав пыли от автомагистралей входит большое количество загрязняющих веществ (Кайгородов и др., 2009). Таким образом, города вносят свой вклад в парниковый эффект.

Для оценки загрязнения окружающей, в частности городской, среды широко используются методы фитоиндикации (Неверова, 2009; Клевцова и др., 2015). Зеленые насаждения создают благоприятные условия, а изучение их морфологических, физиологических, экологических и других особенностей позволяет охарактеризовать как состояние самих растений, так и условий произрастания. Для оценки загрязнения воздуха Ахмерова и Шахринова (2018) используют сосну обыкновенную.

Исследования, проведенные в г. Алматы (Казахстан), демонстрируют зависимость пылеудержания от вида растения и места его произрастания (Жумадилова, 2014). В г. Орск (Россия) пылеудерживающую способность изучали на примере вяза мелколистного - *Ulmus parvifolia* (Багрин, 2019), в Екатеринбурге на яблоне ягодной - *Malus baccata*, рябине обыкновенной - *Sorbus aucuparia*, боярышнике кроваво-красном - *Crataegus sanguinea* и клене ясенелистом - *Acer negundo* (Аткина, Игнатова, 2014).

Аналогичные исследования были проведены в Иране (Behjati, 2019; Javanmard et al., 2019) и разных городах Китая (Liu et al., 2013; Wu, 2019; Li et al., 2019; Sun et al., 2020), где вопрос оценки состояния воздуха актуален, как и для Узбекистана.

Республика Узбекистан расположена в аридной зоне. Экономическое развитие и интенсификация градостроительного процесса, увеличение числа автотранспортных единиц и промышленных предприятий, а также процессы опустынивания негативно влияют на состояние атмосферы в городах. Для Ташкента, как и для других городов аридной зоны, характерным является высокий уровень содержания пылевых частиц в атмосфере (Юнусова, 2019). В этих условиях способность растений сорбировать пыль - это важный фактор улучшения экологической ситуации в городах. Отметим, что разные породы имеют

разную пылеудерживающую способность и поэтому для создания устойчивой, здоровой среды обитания необходимо изучать и оценивать эти особенности.

Цель исследования - изучить пылеудерживающую способность кроны деревьев (катальпа красивая - *Catalpa bignonioides* Walt., платан кленолистный - *Platanus acerifolia*, сосна эльдарская - *Pinus eldarica* и можжевельник виргинский - *Juniperus virginiana*) в условиях г. Ташкент, Узбекистан.

Задачи исследования:

- определить пылеудерживающую способность кроны деревьев;
- выявить виды, наиболее эффективно сорбирующие пыль на листовой поверхности и хвое;
- оценить возможность использования пылеудерживающей способности для оценки уровня пылевого загрязнения воздуха;
- рассчитать потребность в модельных растениях для удержания основной массы загрязняющих веществ, выбрасываемых ежегодно в воздух города.

2. Место исследования

2.1. Ташкент

Столица Узбекистана г. Ташкент расположен в долине р. Чирчик, в северо-восточной части Узбекистана, на высоте 440-480 м над уровнем моря (Географическое положение Узбекистана, 2018). Площадь Ташкента составляет 334,8 км², население - 3,2 млн человек (рис. 1).



Рис. 1. Карта Ташкента: 41° 18' с. ш., 69° 16' в. д. (Google Карты, 2020)

2.2. Климат

Ташкент характеризуется переходным климатом от умеренного континентального к субтропическому. Среднегодовая температура воздуха в городе $+14,8^{\circ}\text{C}$. В январе средняя температура $+1,9^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум $-29,5^{\circ}\text{C}$ зафиксирован в декабре 1930 г. Весна в Ташкенте длится 1-1,5 мес., и в апреле среднесуточная температура воздуха превышает $+15^{\circ}\text{C}$. Июль - самый теплый месяц, средняя суточная температура воздуха $+27,7^{\circ}\text{C}$. Континентальный климат Ташкента приводит к затяжной жаре. Дневная температура воздуха в период с марта по ноябрь может превышать $+30^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры был зафиксирован в июле 1997 г. и составил $+44,6^{\circ}\text{C}$. Остывание воздуха происходит быстрее осенью, и к октябрю его температура снижается до $+13,9^{\circ}\text{C}$. Годовая сумма осадков находится в пределах 440 мм. Их максимум наблюдается в марте и составляет 69 мм, минимум - в августе - 1 мм. Основное направление ветра - восточное, западное и северо-восточное, это объясняется особенностями физико-географического положения города и разнообразием рельефа (Информационный сайт телеканала «Метео-ТВ», 2019).

2.3. Источники пыли

Для Ташкента характерен высокий уровень пыли в воздухе, что объясняется географическим положением города. Запыленность зависит также и от антропогенных источников пыли (стройки, автотрассы, промышленный и энергетический комплекс, свалки строительного и бытового мусора и др.). По данным Узгидромета, фоновое загрязнение пылью в Ташкенте за последние 10 лет превышает среднесуточную предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 1,3–2,7 раза (90% выбросов в атмосферу в Ташкенте приходится на автотранспорт, 2019). Среднее значение массы выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ в период с 2009 по 2018 г. составляет $24,6 \pm 6,9$ тыс. тонн (Сайт Государственного комитета Республики Узбекистан по статистике, 2019). Протяженность автодорог в городе на 2016 г. составляла более 630 км (Исаев, 2016). Число автобусных парков - 18, в каждом от 150 до 260 автобусов (Автобусные парки Ташкента, 2019), около 60 городских автобусных маршрутов (Автобусные маршруты Ташкента, 2019). На данный момент в городе ведется активное строительство двух линий метрополитена - Юнусабадской и Сергелийской, а также деловых центров - Tashkent City, Olmazor City, Yunusobod Business City, Mirzo-Ulugbek Business City и др. (Новиков, 2019).

2.4. Места отбора проб

В соответствии с целью исследования в городе были определены три территории для пробоотбора. Каждая точка отличается специфическими

природными и антропогенными условиями.

Первая точка «Стройка» представляет собой строительную площадку, расположенную на границе 11 и 13 кварталов Юнусабадского района г. Ташкент, вдоль улицы Ахмада Дониша (рис. 2). На данной территории находится строительная площадка одной из станций метрополитена. Кроме того, с двух сторон стройплощадки пролегают дороги, что усиливает запыление воздуха. Деревья, которые использовались для наблюдения, расположены в непосредственной близости от источника пыли.

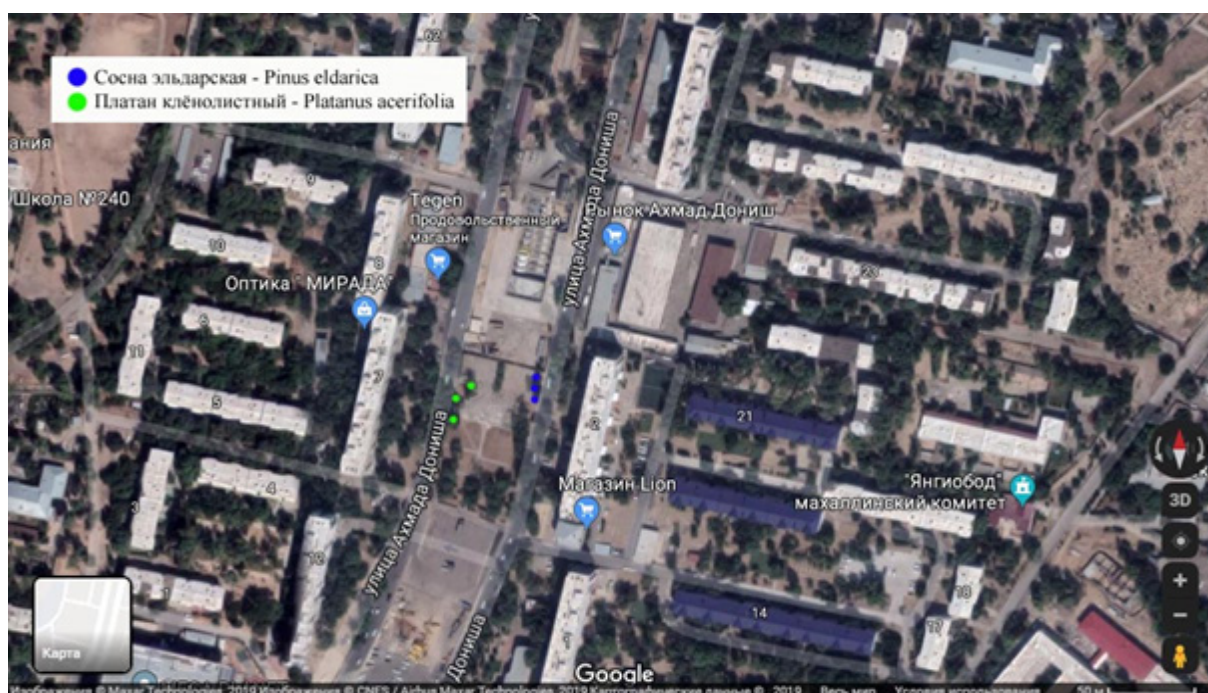


Рис. 2. Точка «Стройка» (Google Карты, 2020)

Примечание. Точками обозначены опытные особи: синей - сосна эльдарская, зеленой - платан клёнолистный.

Второй опытной площадкой стала зеленая зона вблизи перекрестка Малой кольцевой дороги и улицы Ахмада Дониша в Алмазарском районе г. Ташкент (рис. 3). Это дорога с плотным трафиком. На листьях растений в этой точке имеется пылевой налет, хорошо видимый даже на хвое. Все опытные деревья произрастают на обочине дороги.

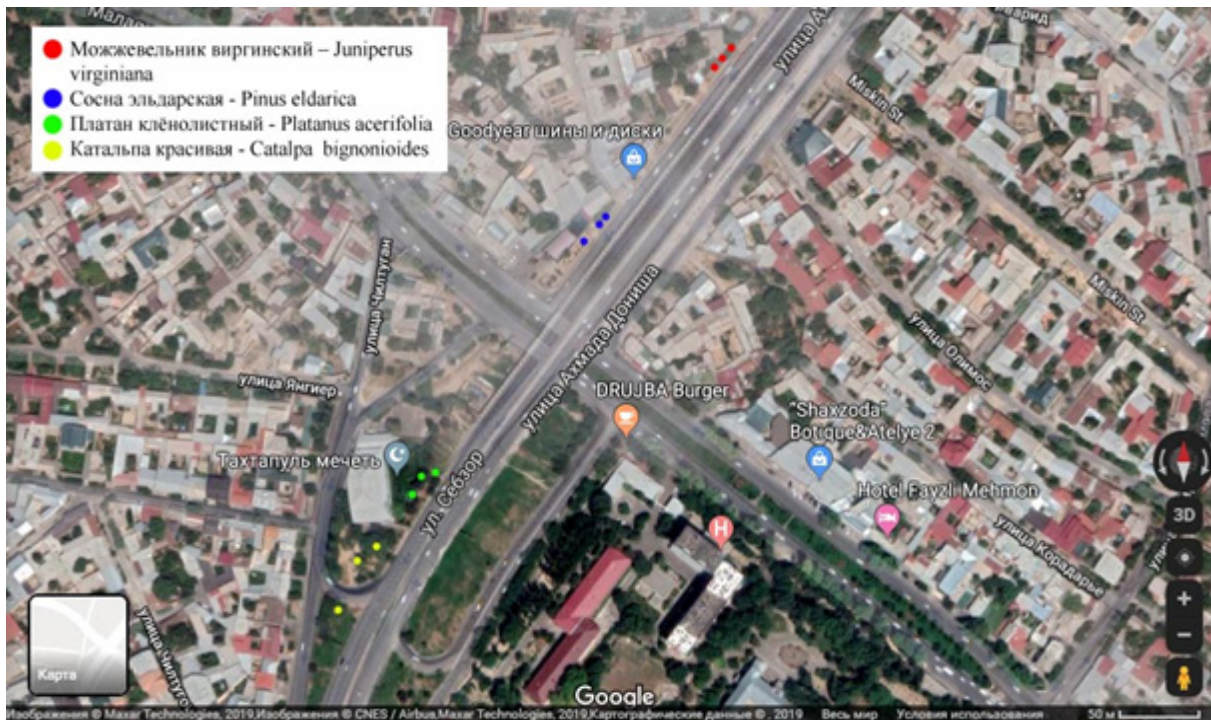


Рис. 3. Точка «Дорога» (Google Карты, 2020)

Примечание. Точками обозначены опытные особи: красной - можжевельник виргинский, синей - сосна эльдарская, зеленой - платан клёнолистный, желтой - катальпа красивая.

Третья точка «Учебное заведение» (рис. 4) представляет собой территорию вокруг физического факультета Национального университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека, который находится на улице Студенческая в Алмазарском районе. Данная местность не имеет прямого контакта с дорогами и стройплощадками - источники пыли присутствуют, но расположены на некотором отдалении от опытных растений.

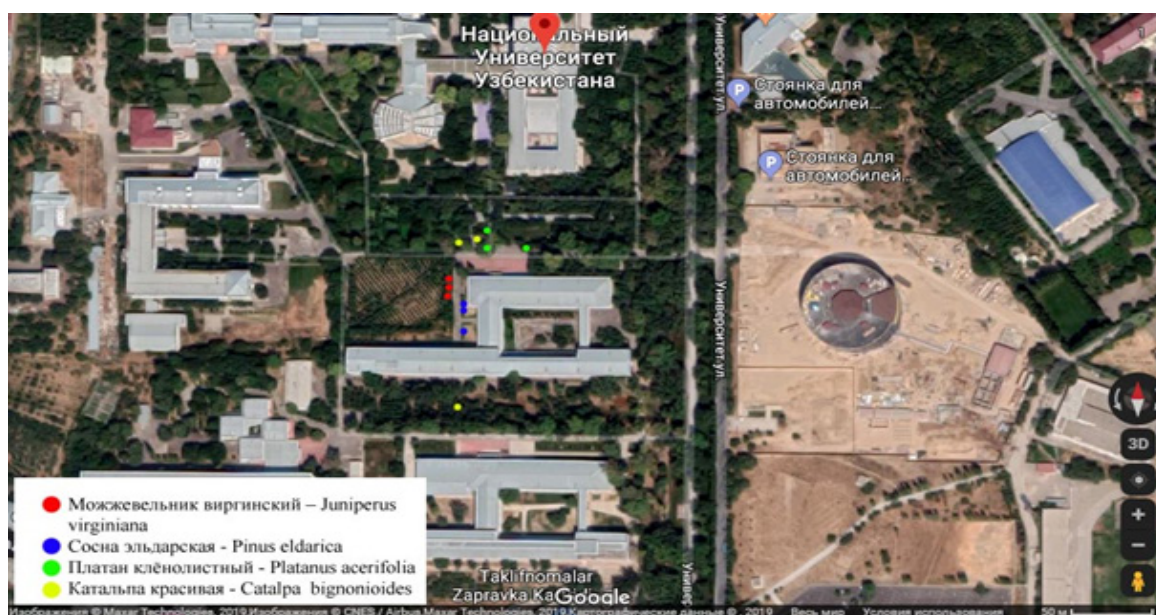


Рис. 4. Точка «Учебное заведение» (Google Карты, 2020)

Примечание. Точками обозначены опытные особи: красной - можжевельник виргинский, синей - сосна эльдарская, зеленой - платан клёнолистный, желтой - катальпа красивая.

2.5. Объекты исследования

Для исследования пылеудерживающей способности были выбраны четыре вида древесных растений (Таблица 1): сосна эльдарская, можжевельник виргинский, платан восточный и катальпа бигониевидная (красивая).

Таблица 1. Объекты исследования

Параметр \ Вид	Сосна эльдарская (<i>Pinus eldarica</i>)	Можжевельник виргинский (<i>Juniperus virginiana</i>)	Платан клёнолистный (<i>Platanus acerifolia</i>)	Катальпа красивая (<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.)
Систематическое положение	Семейство сосновые (<i>Pinaceae</i>)	Семейство кипарисовые (<i>Cupressaceae</i>)	Семейство платановые (<i>Platanaceae</i>)	Семейство бигониевые (<i>Bignoniaceae</i>)
Жизненная форма	дерево	дерево	дерево	дерево
Ассимиляционный орган:	игольчатая хвоя	чешуйчатая хвоя	5-лопастные листья	листья сердцевидной формы
а) качество поверхности	гладкая, смольная	гладкая, смольная	сверху гладкая, снизу опушена	опушенная, липкая
б) кутикула	+	++	+	+++
в) срок жизни	2-3 года	1,5-2 года	весна - осень	весна - осень
г) размер	длина 10 см	длина чешуек хвои 0,1-0,2 мм	длина 15-17 см, ширина 18-20 см	длина 30 см, ширина 17 см

Примечание. Описание можжевельника виргинского дано по: (Деревья и кустарники СССР, 1954, с. 252), остальных видов по: (Славкина, Подольская, 1987, с. 59, 64, 91).

Выбор данных видов как объектов исследования объясняется частотой их использования в озеленении города и морфологическим разнообразием вегетативных органов этих пород. Этот факт позволяет учесть влияние на пылеудержание растений ряда признаков, таких как форма и целостность листовой пластинки, ее текстура, наличие или отсутствие воскового налета и т. п. (Ерохина и др., 1987). К примеру, можжевельник можно использовать для создания аллей и живых изгородей. Совместно с сосной можжевельник рекомендуют для озеленения территорий лечебных и детских учреждений. Для внутриквартальных посадок лучше подходят лиственные ширококронные деревья (Печеницын и др., 2005).

3. Методы исследований

3.1. Отбор проб

На момент сбора проб последние осадки были в середине июня, а сбор растительного материала проводился в период с 15 по 25 сентября 2019 г., таким образом, пробы содержат пыль, аккумулированную за 3 месяца. Данный период является наиболее подходящим временем для накопления пыли зеленой массой растений (Behjati, 2019). На каждом участке с трех деревьев выбранной породы примерно одинакового возраста и размера собирались листья в количестве 15-20 штук по направлению к источнику пыли на высоте 1,5-2 м и на 10-30 см вглубь кроны. Образцы хвойных пород отбирались по 3-5 веточек с пучками хвоинок (рис. 5).

3.2. Метод смыва

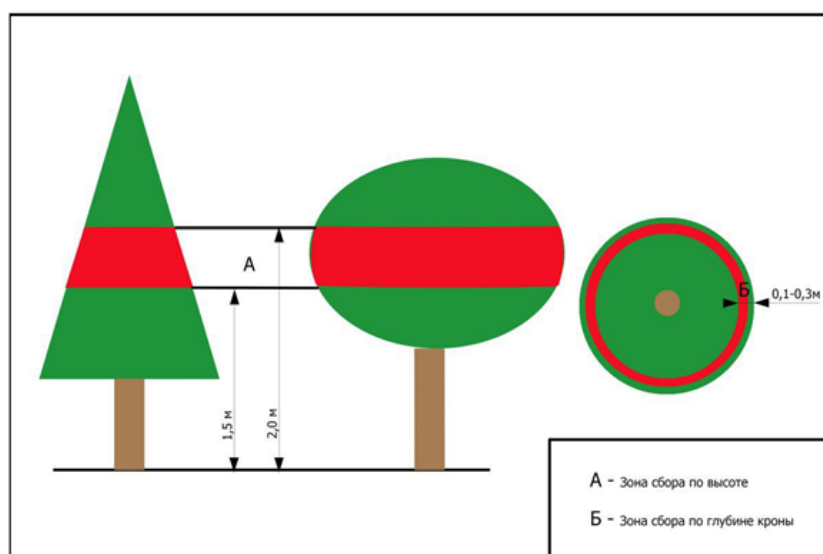


Рис. 5. Схема сбора растительного материала

Для определения пылеудерживающей способности выбран метод смыва пыли с поверхности зеленой массы. Пыль с листьев и хвои смывалась дистиллированной водой в химические стаканы. Смыв фильтровался через фильтровальную бумагу, которая предварительно высушивалась до постоянной массы и взвешивалась. После фильтрования бумагу с частицами пыли высушивали в сушильном шкафу (ШС-80-01 СПУ, «Смоленское СКТБ СПУ», Россия) при 105° С до постоянной массы. По разнице масс фильтровальной бумаги до и после фильтрования определялась масса пыли, задержанной листьями или хвоей. Пылеудерживающая способность выражалась в мг пыли на см² листа (Wu, 2019).

3.3. Расчет площади листовой пластинки и хвои

Площадь листовой пластинки и хвои можжевельника можно определить весовым методом при помощи миллиметровой бумаги. Зная, что известная площадь миллиметровой бумаги имеет постоянный вес, был взвешен лист площадью 10 см² в 5 повторностях, а среднее значение взято за эталон. Далее контуры листьев исследуемых объектов переносятся на миллиметровую бумагу, вырезаются и взвешиваются. Расчет площади листовой пластинки производится по формуле (1).

$$S_x = S * \frac{m_x}{m}, \quad (1)$$

где S_x - искомая площадь листовой пластинки, S - площадь эталона (10 см²), m_x - масса листа миллиметровой бумаги с искомой площадью, m - масса эталона (Ирбе, Маракаев, 2004).

Для сосны этот метод не подходит, поэтому использовали метод для расчета площади хвои, предложенный Сунгуровой и Худяковым (2015). Измеряли длину, ширину и толщину 100 хвоинок в пробе при помощи штангенциркуля с точностью $\pm 0,1$ мм. Расчет площади выполняли по формуле (2).

$$S = 5.14L \left(\frac{a+b}{2} \right), \quad (2)$$

где S - площадь хвоинки, мм²; L - длина хвоинки, мм; a - толщина хвоинки, мм; b - ширина хвоинки, мм.

3.4. Расчет по моделям

3.4.1. Модельное дерево

Модельное дерево - усредненная модель дерева исследуемой породы, площадь кроны которой используется в расчетах. Модель создается на основе полученных средних значений площади листовой пластинки или хвоинки, умноженных на общее их количество (формула (3)). Средняя площадь листа или хвоинки рассчитывается из площадей всех растительных проб, использованных

для определения пылеудерживающей способности. За число листьев или хвоинок берется среднее количество листьев или хвоинок на 30 - 50 деревьях, полученное прямым подсчетом на деревьях, используемых для отбора проб и близлежащих этого же вида.

$$S_{\text{общ.}} = S * n, \quad (3)$$

где $S_{\text{общ.}}$ - общая площадь кроны, см^2 ; S - средняя площадь одного листа или хвоинки, см^2 ; n - число листьев или хвоинок на дереве.

3.4.2. Расчет пылеудержания на одно модельное дерево

При помощи усредненной модели рассчитывается общая площадь кроны растения. Рассчитываем количество пыли, которое в среднем способно удержать на себе одно дерево, по формуле (4).

$$M = A * S, \quad (4)$$

где M - масса пыли на одном дереве, мг; A - пылеудерживающая способность, $\text{мг}/\text{мм}^2$; S - площадь кроны, мм^2 .

Полученные значения позволят рассчитать потребность в деревьях определенного вида для компенсации общего выброса пыли в городе по формуле (5).

$$K = \frac{M_{\text{общ.}}}{M}, \quad (5)$$

где K - число деревьев, необходимое для компенсации общего выброса пыли; $M_{\text{общ.}}$ - масса общего выброса пыли в Ташкенте, кг; M - масса пыли, которую удерживает одно дерево, кг.

Зная массу пыли, удерживаемой одним модельным деревом, по формуле (6) рассчитывается процент компенсации загрязнения воздуха в городе 100 тысячами деревьев.

$$K_{\%} = \frac{M}{M_{\text{общ.}}} * 100\%, \quad (6)$$

где $K_{\%}$ - процент компенсации загрязнения воздуха на 100 тыс. деревьев, %; M - масса пыли, удерживаемая 100 тысячами деревьев, кг; $M_{\text{общ.}}$ - масса общего выброса пыли в городе за год, кг.

3.5. Статистическая обработка данных

Для получения статистически значимых результатов считали среднее арифметическое значение между повторностями. Статистически недостоверные или явно ошибочные результаты, допущенные при сборе и анализе проб, отбрасывали. Для каждого среднего значения определяли стандартное отклонение. Различия в средних показателях считались достоверными, если расстояние между точками на графике превышает одно стандартное отклонение. Все расчеты проводились в программе Microsoft Office Excel 2007.

4. Результаты исследования

4.1. Пылеудерживающая способность

Полученные результаты говорят о том, что наибольшая запыленность воздуха наблюдается на опытном участке «Стройка», о чем свидетельствует большее количество пыли, осевшей на зеленой массе платана и сосны (рис. 6). Значение пылеудерживающей способности для сосны на данном участке в 12,6 раза больше, чем на участке «Учебное заведение» и в 4,24 раза больше, чем у «Дороги» и составляет $0,785 \text{ мг/см}^2$. Для платана это значение в условиях строительной площадки в 11,08 раза больше, чем на территории учебного заведения и в 5,54 раза превышает показатель участка «Дорога» и составило $13,3 \text{ мг/см}^2$.

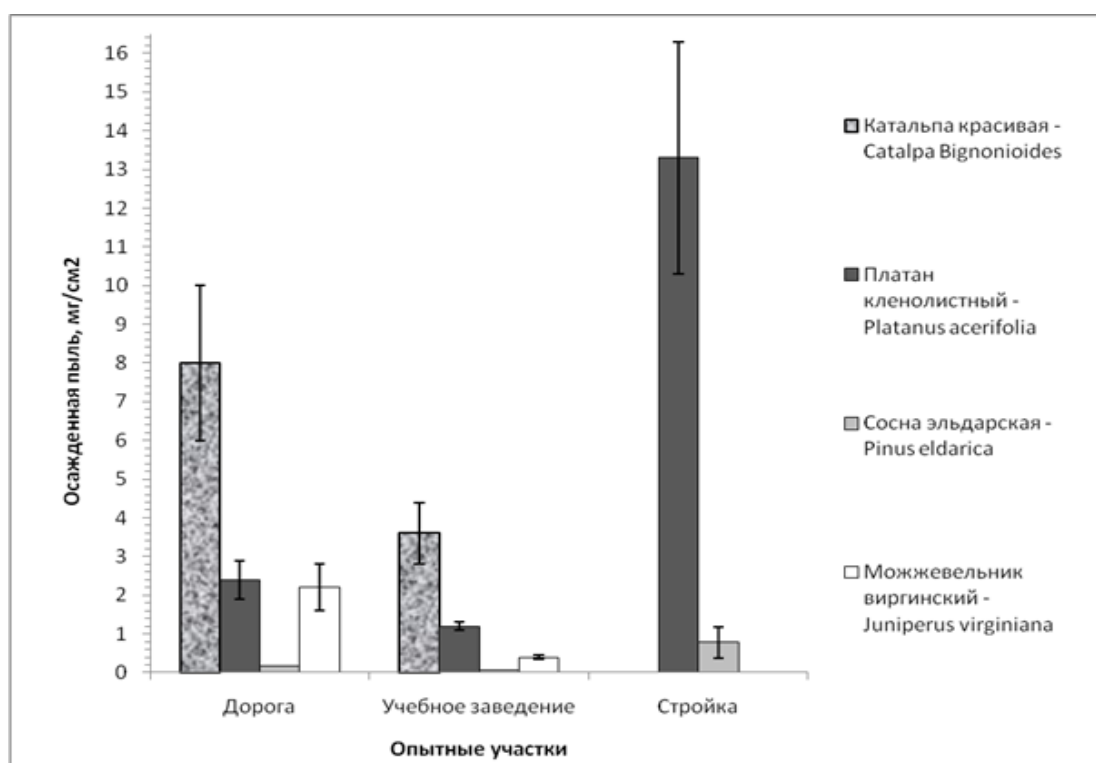


Рис. 6. Пылеудерживающая способность древесных пород на опытных участках, мг/см^2

Примечание. На участке «Стройка» собраны образцы двух видов: платан кленолистный и сосна эльдарская. Планки показывают диапазон стандартного отклонения среднего значения.

Средние значения пылеудерживающей способности на участке «Дорога» превышают данные в условиях учебного заведения в 2,2 раза для катальпы, что составляет 8 мг/см^2 ; в 2 раза для платана - $2,4 \text{ мг/см}^2$; в 3 раза для сосны - $0,185 \text{ мг/см}^2$, в 5,5 раза для можжевельника - $2,2 \text{ мг/см}^2$. Наименьшая пылеудерживающая способность отмечена на участке «Учебное заведение», где

она имеет следующие значения: катальпа - 3,6 мг/см², платан - 1,2 мг/см², сосна - 0,062 мг/см² и можжевельник - 0,4 мг/см².

Следует отметить видовые различия в значениях пылеудержания. Так, сравнив показатели участков «Дорога» и «Учебное заведение», видим, что у изученных видов максимум пылеудерживающей способности принадлежит катальпе красивой и составляет 8 и 3,6 мг/см² соответственно. Минимум наблюдается у сосны эльдарской - 0,185 и 0,062 мг/см². Вторую и третью позицию занимают платан кленолистный и можжевельник виргинский. Значение пылеудерживающей способности платана составляет 1,2 мг/см² на территории учебного заведения и 2,4 мг/см² у дороги. Для можжевельника эти значения равны 0,4 и 2,2 мг/см² на участках «Учебное заведение» и «Дорога» соответственно.

4.2. Расчет по модельным деревьям

При рассмотрении грубых моделей деревьев платана и сосны рассчитана масса пыли, которую способно удержать на себе одно растение (см. формулу (4)), и процент компенсации загрязнения воздуха, т. е. какой процент по массе от общего выброса пыли в Ташкенте может удержать 100 тыс. растений данного вида. Модельный платан (генеративного возраста, площадь зеленой массы 25,5±3 м²) способен удержать на себе до 1,5 кг пыли, а 100 тыс. таких деревьев удерживают примерно 0,61 % от массы среднегодового выброса загрязняющих веществ. Одна сосна (возрастом более 10-12 лет, высотой в среднем 10-11 м, площадь зеленой массы 110±5 м²) удерживает до 0,4 кг пыли, а 100 тыс. - 0,16 % от общего выброса (см. формулу (6)). Для полного удержания загрязняющих веществ, выброшенных за 2019 г., необходимо примерно 17-19 млн деревьев платана или 60-62 млн сосен (см. формулу (5)).

5. Обсуждение результатов

5.1. Город Ташкент

По результатам исследования выявлены две основные причины разного значения пылеудерживающей способности - это условия произрастания и видовые особенности.

На состояние воздуха оказывают влияние источники пыли на определенном участке. Так, вблизи от строительной площадки количество пыли в воздухе наивысшее, что связано с использованием строительных материалов и земляными работами, проводимыми в процессе строительства. На участке около дороги количество пыли в воздухе велико, но меньше, чем около стройки. Основными источниками пыли здесь являются автомашины и дорожное полотно, от которого в воздух поднимается пыль. Наименьшее количество пыли наблюдалось около

учебного корпуса. Там воздух гораздо чище благодаря обильной растительности и удаленности от дорог (см. рис. 6).

Видовые особенности пылеудержания связаны с морфологическим строением листьев или хвои опытных видов. Наличие кутикулы и опушения листовой пластинки способствует удержанию на ней пылевых частиц, в отличие от гладкой поверхности, с которой пыль легко сдувается ветром. На пылеудержание также оказывает влияние размер и степень изрезанности листовой пластинки - крупные цельные листья задерживают пыль эффективнее. Таким образом, крупные цельные листья катальпы с выраженной кутикулой и опушением обладают наибольшей пылеудерживающей способностью. Листья платана - крупные лопастные - имеют кутикулу менее выраженную, чем у катальпы и опушение, что также способствует пылеудержанию. Пылеудержанию хвойных способствует смоляная кутикула, покрывающая хвою. При сравнении значений пылеудерживающей способности исследуемых видов деревьев на участках «Учебное заведение», «Дорога» можно составить последовательность: *Catalpa bignonioides* - *Platanus acerifolia* - *Juniperus virginiana* - *Pinus eldarica*.

Хвойные уступают лиственным в пылеудержании, о чем свидетельствует меньшее значение их пылеудерживающей способности. Однако следует учитывать, что крона хвойных сохраняется на дереве круглый год, в отличие от кроны лиственных, и обладает выраженными фитонцидными свойствами (Кочергина, 2009).

5.2. Сравнение с другими городами

При анализе результатов следует учитывать огромное влияние на изучаемый параметр географического положения, различия климата и рельефа, а также различный видовой состав данных территорий. Исследуемые территории, окруженные пустынями и степями, имеют повышенное содержание твердых частиц в воздухе. Горный рельеф выступает как «стена», защищающая от потоков ветра, несущих пыль с соседних территорий. Климат, количество осадков и влажность воздуха влияют на скорость оседания пыли. Перечисленные условия определяют видовой состав на исследуемой местности. Виды растений, наиболее приспособленные к условиям произрастания, способны лучше реализовать свой потенциал в экологическом смысле.

Исследования, проведенные в городах Гуанчжоу, Шанхае, Юнчжоу, Куньмин (Китай) указывают на зависимость пылеудерживающей способности от морфологических особенностей листа и экологических условий роста растений (Liu et al., 2013; Wu, 2019; Li et al., 2019; Sun et al., 2020). В г. Куньмин одним из объектов исследования был платан кленолистный, который был использован и в Ташкенте. Пробы для определения пылеудерживающей способности отбирались в

аналогичных точках (промышленная зона, автодорога, учебный корпус). Сравним максимальную величину пылеудерживающей способности платана в городах Куньмин (3,43 г/м²) и Ташкент (56,3 г/м²), отметим, что в условиях последнего количество пыли, оседающей на квадратном метре листовой пластинки, выше в 16,4 раза (Li et al., 2019). Данное сравнение наглядно показывает разницу в экологических условиях этих городов.

Казахстан и Узбекистан расположены в семиаридной зоне. Интересные результаты получены в г. Алматы (Жумадилова, 2014). В работе изучались: тополь бальзамический - *Populus balsamifera*, клен ясенелистный - *Acer negundo*, береза повислая - *Betula verrucosa*, липа сердцелистная - *Tilia cordata*, яблоня ягодная - *Malus baccata*, рябина сибирская - *Sorbus sibirica*, сосна обыкновенная - *Pinus sylvestris*, сирень обыкновенная - *Syringa vulgaris*, кизильник черноплодный - *Cotoneaster melanocarpus*, карагана древовидная - *Caragana arborescens*. Автор представляет пылеудержание в массе пыли (мг) на 1 лист растения. Диапазон значения параметра разнится в зависимости от опытного участка, что сходно с полученными результатами в Ташкенте, т. е. в зеленых зонах отмечается наименьшее количество пыли, оседающей на кроне деревьев, а наибольшее - на участках в центре города. При пересчете значения пылеудержания на один лист для древесных пород Ташкента выяснилось, что диапазон значений варьирует примерно в одних пределах - около 90-120 мг на один лист.

6. Заключение

Результаты исследования подтверждают огромное значение растительного покрова в поддержании благоприятных условий жизни, в частности, в формировании качества воздушной среды города. Методы фитоиндикации широко используются для составления рекомендаций по озеленению территорий города с разной значимостью, а также позволяют грамотно определить видовой состав для этих зон с учетом их экологических особенностей. Пылеудерживающая способность - важное свойство растений и, с другой стороны, параметр, отражающий состояние окружающей среды в местах их произрастания, который, являясь одним из методов фитоиндикации, может использоваться для объективной экологической оценки.

По результатам проделанной работы сформулированы следующие выводы.

Запыленность воздуха в городе неодинакова, что отражает разная масса пыли, осевшей на растениях в различных местах города. На состояние воздуха оказывает влияние назначение зоны (селитебная зона, автомагистраль, промышленная зона, зеленые зоны, строительные площадки).

Сравнение пылеудерживающей способности растений, представленных

в работе, подтвердило зависимость пылеудержания от морфологических особенностей вида. Кутикула и опушение листовой пластинки способствует удержанию пылевых частиц и затрудняет сдувание их ветром. Хвойные породы, имеющие малую площадь и гладкую поверхность, уступают лиственным деревьям в пылеудержании. Несмотря на это, являясь вечнозелеными, хвойные способны удерживать пыль независимо от сезона, что приветствуется в регионах с сухим климатом.

Наиболее эффективно осаждает пыль катальпа красивая (*Catalpa bignonoides* Walt.), которая часто встречается в составе зеленых зон Ташкента.

Процент компенсации загрязнения воздуха позволяет объективно оценить потребность в числе саженцев в зависимости от вида дерева и объемов пыли в воздухе.

7. Рекомендации

На основании проведенных исследований рекомендуется использовать для озеленения городов Республики Узбекистан и соседних государств представленные в работе виды деревьев.

При создании зеленых зон следует использовать смешанный тип посадок. Так, можжевельник и сосну, крона которых распределяется по длине ствола, лучше сажать ближе к источнику пыли, а за ними катальпу и платан, крона которых стремится вверх. Учитывая это, можно создать равномерный зеленый «забор».

Зная, какое количество пыли выбрасывается в воздух города в определенный период времени, а также сколько пыли может удержать на себе одно дерево используемого вида, рассчитывается потребность в них. Представленный в работе процент компенсации загрязнения воздуха нужно применять для расчета соотношения численности растений, используемых в групповой посадке, например, сколько хвойных и лиственных необходимо для удержания прогнозируемого количества пыли.

На основе полученных результатов необходимо продолжить работу в данной области, расширив видовой состав используемых в озеленении растений, и определить фракционный и химический состав осаждаемых аэрозолей.

Благодарности

Статья выполнена при поддержке РЭЦЦА в рамках конкурса студенческих исследований по устойчивому управлению природными ресурсами в Центральной Азии 2019-2020: Е. Зейберт являлась стипендиатом этого конкурса, д-р А.

Митусов был научным тренером. Авторы благодарны спонсорам и организаторам конкурса как за финансовую поддержку, так и за развитие сети международных научных контактов.

Исследования являются частью работ, проводимых отделом прикладной экологии и устойчивого развития Национального университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека в г. Ташкент по гранту БВ-М-Ф-5-001 (2017-2020 гг.) – «Адаптивные стратегии растений к стрессовым факторам в условиях города, роль фотосинтеза и дыхания в устойчивости растений».

Авторы выражают особую благодарность коллегам за моральную поддержку и ценные консультации в ходе исследований.

В заключение хотим отметить Ютуб-канал «Академическое письмо» (Академическое письмо, 2020), где в сжатой и доступной форме описана структура современной научной статьи. Эта информация оказалась полезной при структурировании текста и оформлении данной работы.

Список литературы

- Автобусные маршруты Ташкента (2019). *Информационный портал TashTrans.uz*. Дата обращения 12.10.19. <https://tashtrans.uz/avtobusnye-marshruty-tashkenta/>
- Автобусные парки Ташкента. (2019). *Информационный портал TashTrans.uz*. Дата обращения 12.10.19. <https://tashtrans.uz/avtobusnye-parki-tashkenta/>
- Академическое письмо (2020). *Ютуб-канал*. Дата обращения 17.02.2020. <https://www.youtube.com/channel/UC4gmv525RjgB2RNqX3QBIQg>
- Ахмерова, Д. Н., Шахринова, В. Н. (2018). Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по состоянию хвои сосны обыкновенной на территории города Бирск. *Достижения науки и образования. Биологические науки*, 8(30), 1, 7-9.
- Аткина, Л. И., Игнатова, М. В. (2014). Особенности пылеудерживающей способности листьев *Malus baccata* L., *Sorbus aucuparia* L., *Acer negundo* L., *Crataegus sanguinea* L. в городских посадках Екатеринбурга. *Леса России и хозяйство в них*, 4(51), 79-82.
- Багрин, С. (2019). Пылеудерживающая способность листьев Вяза мелколистного в городе Орске. *Платформа для публикаций Pandia.ru*. Дата обращения 15.09.19. <https://pandia.ru/text/80/521/69918.php>
- Вронский, В. А. (1997). *Экология: словарь-справочник*. Ростов-на-Дону: Феникс, 367-368.
- Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции (1954). [Ред. С. Я. Соколов], М.-Л.: *Издательство АН СССР*, т. III, 252. http://herba.msu.ru/shipunov/school/books/der_i_kust_ssr1954_3.djvu
- Дьячкова, Т. В., Берсенева, И. А. (2016). Парниковый эффект: причины, последствия, прогнозы. *Глобальные проблемы экологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Орехово-Зуево: Редакционно-издательский отдел ГГТУ, 34-43.
- Ерохина, В. И., Жеребцова, Г. П., Вольфтруб, Т. И., Покалов, О. П., Шурова, Г. В. (1987). *Озеленение населенных мест: справочник*. Москва: Стройиздат, 10-15.
- Жумадилова, А. Ж. (2014). Пылеудерживающая способность древесных и кустарниковых растений. *Новости науки Казахстана*, 2(120), 38-48.
- Информационный сайт телеканала «Метео-ТВ» (2019). *Климат: Ташкент*. Дата обращения

21.09.19. <http://www.meteo-tv.ru/uzbekistan/tashkent/weather/climate/>

- Ирбе, И. К., Маракаев, О. А. (2004). *Физиология растений: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов*. Министерство образования РФ, Курган: Курганский государственный университет, 23-24.
- Исаев, Т. (2016). Протяженность дорог Ташкента увеличится на 40%. (26.03.16). *Агентство новостей Podrobno.uz*. Дата обращения 29.09.19. <https://podrobno.uz/cat/obchestvo/protyazhennost-dorog-tashkenta-velichitsya-na-40/>
- Кайгородов, Р. В., Тиунова, М. И., Дружинина, А. В. (2009). Загрязняющие вещества в пыли проезжих частей дорог и в древесной растительности придорожных полос городской зоны. *Вестник Пермского университета*, 10(36), 141-146.
- Картунова, Л. С., Цветков, Г. С. (2019). Глобальные изменения климата Земли: потепление или похолодание? *Наука, образование и культура*, 2(36), 53-63.
- Клевцова, М. А., Михеев, А. А., Якунин, А. И. (2015). Экологическая оценка загрязнения воздушной среды биоиндикаторными методами. *Приволжский научный вестник*, 3-2 (43), 82-85.
- Кочергина, М. В. (2009). Фитонцидные свойства сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях зеленой зоны г. Воронеж. *Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство: современные проблемы: материалы международной конференции научно-практической конференции* (сентябрь, 3-4), Воронеж, 121-130.
- Назаров, Б. И., Маслов, В. А., Абдуллаев, С. Ф. (2007). О влиянии пылевого аэрозоля на температуру воздуха. *Доклады Академии наук Республики Таджикистан*, т. 50, № 4, 340-344.
- Неверова, О. А. (2009). Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды. *Биосфера*, т. 1, № 1, 82-92.
- Новиков, В. (2019). Ташкент в 2019 году стал центром масштабного строительства. *Новости Узбекистана*. Дата обращения 29.09.19. <https://nuz.uz/ekonomika-i-finansy/40194-tashkent-v-2019-godu-stal-centrom-masshtabnogo-stroitelstva.html>
- Печеницын, В. П., Азамов, А. А., Штонда, Н. И., Есипова, Т. В. (2005). *Культура озеленения*. Ташкент: изд-во Шарк, 28-30, 36.
- Сайт Geografiya.uz (2018). *Географическое положение Узбекистана. Границы и площадь*. Дата обращения 07.10.19. <http://geografiya.uz/fizicheskaya-geografiya-uzbekistana/10002-geograficheskoe-polozhenie-uzbekistana-granicy-i-ploschad.html>
- Сайт Государственного комитета Республики Узбекистан по статистике. (2019). *Экология*. Дата обращения 07.10.19. URL: <https://stat.uz/ru/otkrytye-dannye>
- Сайт Google Карты (2020). Дата обращения 07.10.19. <https://www.google.com/maps/>
- Семенов, С. М. (2015). Парниковый эффект: открытие, развитие концепции, роль в формировании глобального климата и его антропогенных изменений. *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2, 103-126.
- Славкина, Т. И., Подольская, О. И. (1987). *Декоративное садоводство. Озеленение населенных мест*. Ташкент: Мехнат.
- Сунгурова, Н. Р., Худяков, В. В. (2015). Ассимиляционный аппарат в культурах сосны. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*, 8(153), 68-74.
- Юнусова, Х. Э. (2019). История загрязнения атмосферного воздуха в Узбекистане (1969-1980). *Вестник науки и образования*, 15(69), 42-46.
- 90 % выбросов в атмосферу в Ташкенте приходится на автотранспорт. (12.08.2019). *Газета.uz*. Дата обращения 26.09.19. <https://www.gazeta.uz/ru/2019/08/12/air-pollution/>
- Behjati, S. E. (2019). A relative analysis of carbon and dust uptake by important tree species in Tehran, Iran. *International Journal of Environmental and Engineering*, 13(4), 222-225. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2643941>
- Javanmard, Z., Kouchaksaraei, M. T., Bahrami, H., Hosseini, S. M., Sanavi, S., Struve, D. (2019). Dust collection potential and air pollution tolerance indices in some young plant species in arid region

- of Iran. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 12(6), 558-564. <https://doi.org/10.3832/ifer3063-012>
- Li, Y., Wang, Sh., Chen, Q. (2019). Potential of thirteen urban greening plants to capture particulate matter on leaf surfaces across tree level of ambient atmospheric pollution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 402. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030402>.
- Liu, L., Guan, D., Peart, M. R., Wang, G., Zhang, H., Li, Zh. (2013). The dust retention capacities of urban vegetation - a case study of Guangzhou, South China. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 6601-6610. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1648-3>.
- Sun, Y., Lin, W., Li, Y & Xu, D. (2020). Dust deposition on vegetation leaves in Shanghai, China. *International Journal of Environmental Health Research*. 31(3), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1648-310.1080/09603123.2020.1714559>.
- Wu, Y. (2019). Assessment model of dust-retention effect of green planting in landscape under the concept of eco-environmental protection. *Ekoloji*, 28(108), 2153-2157.

Dust-Retaining Capacity of Deciduous and Coniferous Trees in Tashkent City, Uzbekistan

E.A. Zeybert^{a*}, N.G. Akinshina^b, A.V. Mitusov^c

^a Plant Botany and Physiology Department, Biology School, Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan, 4 Universitetskaya Str., Tashkent, 100174, Uzbekistan;

^b Applied Ecology and Sustainable Development Department, Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan, 4 Universitetskaya Str., Tashkent, 100174, Uzbekistan;

^c Kazakh-German University, 111 Pushkin Str., Almaty, 050010, Kazakhstan

* Corresponding author: zeybertk@gmail.com

doi 10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-1/57-78.rus

ABSTRACT

This study aimed to investigate the dust-retaining capacity of tree crowns and analyze the possibility of utilizing this parameter to assess the air dust content in different parts of Tashkent City. The Dust Retention Index is expressed in the dust mass that a unit of green tree mass can hold. The plant material was collected at three sites in Tashkent with different environmental conditions (sunlight, temperature, dust sources) for the following species: catalpa (*Catalpa bignonioides* Walt.), London plane (*Platanus acerifolia*), Eldar pine (*Pinus eldarica*), and cedar red juniper (*Juniperus virginiana*). The research shows that compared to coniferous species the following deciduous species demonstrate the highest dust retention values: plane (2.4, 1.2, and 13.3 mg/cm², respectively), catalpa (8 and 3.6 mg/cm², respectively), pine (0.185, 0.062, and 0.785 mg/cm², respectively), and juniper (2.2 and 0.4 mg/cm², respectively). The dust-retaining capacity was calculated based on the total dust emission in Tashkent averaging 24.6±6.9 thou. tons per year (2009-2018). Plane is capable of retaining approx. 0.61%, and pine - approx. 0.16% of the mean annual (2009-2018) aerosol mass (per 100 thou. trees). The calculations allow concluding that in order to compensate (retain) the annual dust emission in Tashkent, approximately 17-19 mln plane trees or 60-62 mln pine trees are necessary.

ARTICLE HISTORY

Received March 24 2021

Accepted October 19 2021

Published March 13 2022

KEYWORDS

dust-retaining capacity, deciduous trees, coniferous trees, urban environment, dust, climate change.

References

- 90% of atmospheric emissions in Tashkent come from vehicles [90 % *vybrosov v atmosferu v Tashkente prihoditsja na avtotransport*] (2019). Newspaper.uz Website (accessed: September 26, 2019), available at: <https://www.gazeta.uz/ru/2019/08/12/air-pollution/> [in Russian];
- Academic Writing YouTube Channel (accessed: February 17, 2020). Available at: <https://www.youtube.com/channel/UC4gmv525RjgB2RNqX3QBIOg>;
- Akhmerova, D.N., Shakhriyeva, V.N. (2018). Bio-indication of atmospheric air pollution based on the condition of common pine needles in the town of Birsik [Bioindikacija zagriznenija atmosfernogo vozduha po sostojaniju hvoi sosny obyknovennoj na territorii goroda Birsik]. Science and Education Achievements. Biological sciences [Dostizhenija nauki i obrazovanija. Biologicheskie nauki], 8 (30), 1, 7-9 [in Russian];
- Atkina, L.I., Ignatova, M.V. (2014). Features of dust-retaining capacity of the leaves of *Malus baccata* L., *Sorbus aucuparia* L., *Acer negundo* L., *Crataegus sanguinea* L. in urban plantations of Yekaterinburg [Osobennosti pyleuderzhivajushhej sposobnosti list'ev *Malus baccata* L., *Sorbus aucuparia* L., *Acer negundo* L., *Crataegus sanguinea* L. v gorodskih posadkah Ekaterinburga]. Russia's Forests and Forestry [Lesa Rossii i hozjajstvo v nih], 4 (51), 79-82 [in Russian];
- Bagrin, S. (2019). Dust-retaining ability of elm leaves in the town of Orsk [Pyleuderzhivajushhaja sposobnost' list'ev Vjaza melkolistnogo v gorode Orske]. Pandia.ru. Publishing Platform (accessed: September 15, 2019). Available at: <https://pandia.ru/text/80/521/69918.php> [in Russian];
- Behjati, S.E. (2019). A relative analysis of carbon and dust uptake by important tree species in Tehran, Iran. *International Journal of Environmental and Engineering*, 13(4), 222-225 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.2643941>);
- Dyachkova, T.V., Berseneva, I.A. (2016). Greenhouse effect: reasons, impacts, and forecasts [Parnikovyj jeffekt: prichiny, posledstviya, prognozy]. Global environmental challenges: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation [Global'nye problemy jekologii: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem]. Orekhovo-Zuyevo: Editorial and Publishing Department of the State Technical University, 34-43 [in Russian];
- Geografiya.uz website (2018). Geographical location of Uzbekistan. Boundaries and area [Geograficheskoe polozhenie Uzbekistana. Granicy i ploshhad'] (accessed: October 7, 2019). Available at: <http://geografiya.uz/fizicheskaya-geografiya-uzbekistana/10002-geograficheskoe-polozhenie-uzbekistana-granicy-i-ploshhad.html> [in Russian];
- Google Maps website (2020). Accessed: October 7, 2019, available at: ;
- Irbe, I.K., Marakayev, O. A. (2004). Plant physiology: methodological recommendations for performing laboratory work for students [Fiziologija rastenij: metodicheskie ukazaniya k vypolneniju laboratornyh rabot dlja studentov]. Ministry of Education of the Russian Federation, Kurgan: Kurgan State University, 23-24 [in Russian];
- Isaev, T. (2016). The length of Tashkent motorways will increase by 40% [Protjazhennost' dorog Tashkenta uvelichitsja na 40%]. Podrobno.uz News Agency (accessed: September 29, 2019). Available at: <https://podrobno.uz/cat/obchestvo/protyazhennost-dorog-tashkenta-uvelichitsya-na-40/> [in Russian];
- Javanmard, Z., Kouchaksaraei, M.T., Bahrami, H., Hosseini, S.M., Sanavi, S., Struve, D. (2019). Dust collection potential and air pollution tolerance indices in some young plant species in arid region of Iran. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 12(6), 558-564 (doi: <https://doi.org/10.3832/ifor3063-012>);
- Kartunova, L.S., Tsvetkov, G.S. (2019). The Earth's global climate change: warming or cooling? [Global'nye izmenenija klimata Zemli: poteplenie ili pohlodanie?]. *Science, education and culture [Nauka, obrazovanie i kul'tura]*, 2 (36), 53-63 [in Russian];

- Kaygorodov, R.V., Tiunova, M.I., Druzhinina, A.V. (2009). Pollutants in urban roadway dust and roadside vegetation strips [*Zagrjaznjajushhie veshhestva v pyli proezhzhih chastej dorog i v drevesnoj rasti-tel'nosti pridorozhnyh polos gorodskoj zony*]. Perm University Bulletin, 10 (36), 141-146 [in Russian];
- Klevtsova, M.A., Mikheyev, A.A., Yakunin, A.I. (2015). Environmental assessment of air pollution by bio-indicator methods [*Jekologicheskaja ocenka zagrjaznenija vozduшной sredy bioindikatornymi metodami*]. Volga Region Scientific Bulletin [*Privolzhskij nauchnyj vestnik*], 3-2 (43), 82-85 [in Russian];
- Kochergina, M.V. (2009). Phytoncidal properties of common pine (*Pinus sylvestris* L.) in the green zone of the town of Voronezh [*Fitoncidnye svoystva sosny obyknovennoj (Pinus sylvestris L.) v usloviyah zelenoj zony g. Voronezh*]. Landscape architecture and garden and park development: Modern issues [*Landshaftnaja arhitektura i sadovo-parkovoe stroitel'stvo: sovremennye problemy*]. Materials of the international scientific and practical conference (September 3-4), Voronezh, 121-130 [in Russian];
- Li, Y., Wang, Sh., Chen, Q. (2019). Potential of thirteen urban greening plants to capture particulate matter on leaf surfaces across tree level of ambient atmospheric pollution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 402 (doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph16030402>);
- Liu, L., Guan, D., Peart, M.R., Wang, G., Zhang, H., Li, Zh. (2013). The dust retention capacities of urban vegetation - a case study of Guangzhou, South China. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 6601-6610 (doi: 10.1007/s11356-013-1648-3);
- Meteo-TV Channel Information Website (2019). Climate: Tashkent (accessed: September 21, 2019). Available at: <http://www.meteo-tv.ru/uzbekistan/tashkent/weather/climate/> [in Russian];
- Nazarov, B.I., Maslov, V.A., Abdullayev, S.F. (2007). On the impacts of dust aerosols on air temperature [*O vlijanii pylevogo ajerozol'ja na temperaturu vozduha*]. Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan [*Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan*], vol. 50, No. 4, 340-344 [in Russian];
- Neverova, O.A. (2009). Phyto-indication in environmental pollution assessment [*Primenenie fitoindikacii v ocenke zagrjaznenija okruzhajushhej sredy*]. Biosphere, vol. 1, No. 1, 82-92 [in Russian];
- Novikov, V. (2019). In 2019 Tashkent became the center of large-scale construction [*Tashkent v 2019 godu stal centrom masshtabnogo stroitel'stva*]. News of Uzbekistan (accessed: September 29, 2019). Available at: <https://nuz.uz/ekonomika-i-finansy/40194-tashkent-v-2019-godu-stal-centrom-masshtabnogo-stroitelstva.html> [in Russian];
- Pechenitsyn, V.P., Azamov, A.A., Shtonda, N.I., Yesipova, T.V. (2005). Landscaping Culture [*Kul'tura ozelenenija*]. Tashkent: Shark Publishing House, 28-30, 36 [in Russian];
- Semenov, S.M. (2015). Greenhouse effect: Discovery, concept evolution and role in shaping global climate and its anthropogenic changes [*Parnikovyj jeffekt: otkrytie, razvitie koncepcii, rol' v formirovanii global'nogo klimata i ego antropogennyh izmenenij*]. *Fundamental and applied climatology* [*Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija*], 2, 103-126 [in Russian];
- Slavkina, T.I., Podolskaya, O.I. (1987). Decorative Gardening. Community Landscaping [*Dekorativnoe sadovodstvo. Ozelenenie naseleennyh mest*]. Tashkent: Mekhnat [in Russian];
- Sun, Y., Lin, W., Li, Y. & Xu, D. (2020). Dust deposition on vegetation leaves in Shanghai, China. *International Journal of Environmental Health Research*. 31(3), 1-14 (doi: <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1714559>);
- Sungurova, N.R., Khudyakov, V.V. (2015). Pine assimilation apparatus [*Assimiljacionnyj apparat v kul'turah sosny*]. *Scientific Notes of Petrozavodsk State University* [*Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*], 8 (153), 68-74 [in Russian];
- Tashkent bus parks [*Avtobusnye parki Tashkenta*] (2019). Tash-Trans.uz Information Portal (accessed: October 12, 2019). Available at: <https://tashtrans.uz/avtobusnye-marshruty-tashkenta/> [in Russian];

- Tashkent bus routes [*Avtobusnye marshruty Tashkenta*] (2019). Tash-Trans.uz Information Portal (accessed: October 12, 2019). Available at: <https://tashtrans.uz/avtobusnye-marshruty-tashkenta/> [in Russian];
- Trees and shrubs of the USSR. Wild, cultivated and potential for introduction [*Derev'ja i kustarniki SSSR. Dikorastushhie, kul'tiviruemye i perspektivnye dlja introdukcii*] (1954). Ed. by Sokolov, S.Ya., Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, vol. III, 252 [in Russian];
- Vronsky, V.A. (1997). Ecology Reference Dictionary [*Jekologija: slovar'-spravochnik*]. Rostov-on-Don: Feniks, 367-368 [in Russian];
- Website of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics (2019). Ecology [*Jekologija*] (accessed: October 7, 2019). Available at: <https://stat.uz/ru/otkrytye-dannye> [in Russian];
- Wu, Y. (2019). Assessment model of dust-retention effect of green planting in landscape under the concept of eco-environmental protection. *Ekoloji*, 28(108), 2153-2157;
- Yerokhina, V.I., Zherebtsova, G.P., Wolftrub, T.I., Pokalov, O.P., Shurova, G.V. (1987). Community Landscaping Handbook [*Ozelenenie naseleennyh mest: spravochnik*]. Moscow: Stroyizdat, 10-15 [in Russian];
- Yunusova, H.E. (2019). History of atmospheric air pollution in Uzbekistan (1969-1980) [*Istorija zagryaznenija atmosfernogo vozduha v Uzbekistane (1969-1980)*]. *Science and Education Bulletin [Vestnik nauki i obrazovaniya]*, 15 (69), 42-46 [in Russian];
- Zhumadilova, A.J. (2014). Dust-retaining ability of tree and shrub plants [*Pyleuderzhivajushhaja sposobnost' drevesnyh i kustarnikovyh rastenij*]. *Science News of Kazakhstan [Novosti nauki Kazahstana]*, 2 (120), 38-48 [in Russian].