

УДК 581.5
ББК Е 58

Елена Борисовна Якушевская
кандидат биологических наук, доцент,
Забайкальский государственный университет
(Чита, Россия), e-mail: prosyannikova@yandex.ru

Елена Павловна Якимова
кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой,
Забайкальский государственный университет
(Чита, Россия), e-mail: Yukimova@yandex.ru

Растения – индикаторы состояния городской среды*

В статье представлены результаты исследований древесных видов растений, наиболее широко используемых в озеленении г. Читы: *Populus balsamifera*, *Malus baccata*, *Ulmus pumila*, *Padus avium*, *Caragana arborescens*, *Crataegus sanguinea*. Определены морфометрические (площадь, масса, удельная плотность, дисперсность листьев) и физиологические (оводнённость, фракционный состав воды в листьях) показатели, которые достаточно полно характеризуют состояние древесных растений. Проведённые исследования в различных экосистемах г. Читы показали, что масса листьев *M. baccata*, *U. pumila* и *P. avium* в пределах 0,216–0,487 г; площадь листа колеблется в пределах 10,4–29,4 см²; удельная плотность листьев 0,0086–0,0640 г/см². Максимальное содержание общей воды на всех исследуемых участках в листьях *U. pumila* (104,0–149,0 %), минимальное – в листьях *M. baccata* (80,70–123,0 %), промежуточное положение занимает *P. avium* (88,60–122,50 %). Оводнённость тканей и преобладание в листьях древесных растений связанной воды свидетельствует об адаптационных возможностях растений к условиям городской среды. Полученные данные могут быть использованы в биомониторинге городских территорий.

Ключевые слова: фитомониторинг, древесные растения, устойчивость, городская среда, морфометрические показатели, фракционный состав воды.

Elena Borisovna Yakushevskaya
Candidate of Biology, Associate Professor,
Zabaikalsky State University
(Chita, Russia), e-mail: prosyannikova@yandex.ru

Elena Pavlovna Yakimova
Candidate of Biology, Associate Professor, Head of Department,
Zabaikalsky State University
(Chita, Russia), e-mail: Yukimova@yandex.ru

Plants as Indicators of Urban Environment Condition

The paper presents the results of research of woody plants that are most widely used in Chita landscaping: *Populus balsamifera*, *Malus baccata*, *Ulmus pumila*, *Padus avium*, *Caragana arborescens*, *Crataegus sanguinea*. We determined morphometric (size, weight, relative density, dispersion of leaves) and physiological (water content, fractional structure of water in the leaves) indicators that adequately describe the state of the woody plants. The studies in different ecosystems of Chita showed that the mass of leaves *M. baccata*, *U. pumila* and *P. avium* is in the range of 0.216–0.487 g; leaf area varies from 10.4 to 29.4 cm² specific density of leaves is 0.0086–0.0640 g/cm². The maximum total water content in all the studied areas in the leaves of *U. pumila* (104.0–149.0 %), the minimum is in the leaves of *M. baccata* (80.70–123.0 %), there is an intermediate position of *P. avium* (88.60–122.50 %). Water content of tissues and dominance of bound water in leaves of woody plants indicates the adaptation capabilities of the plants to the conditions of the urban environment. The data obtained can be used in biomonitoring of urban areas.

Keywords: phytomonitoring, woody plants, sustainability, urban environment, morphometric parameters, fractional structure of water.

* Работа выполнена в рамках Государственного задания вузу Минобрнауки РФ, № 4.3635.2011.

В настоящее время всё более значимой становится проблема качества городской среды, создания экологически благоприятной среды в городе. Экологи подчёркивают, что ранее человеческие поселения были как правило «биосферосовместимыми» – имели небольшие размеры, слабо развитые вредные производства, что органично вписывалось в экологические системы. Сейчас же говорят о городской среде, во многих отношениях резко отличающейся от природной среды (запылённость, загазованность и др.).

Растения играют огромную роль в оптимизации городской среды. Зелёные насаждения смягчают жару и сухость, защищают от палящего солнца и сильных ветров [2].

К санитарно-гигиеническому значению городской растительности относят и повышение ионизации воздуха, что положительно влияет на здоровье человека. Кроме того, многие древесные и кустарниковые породы выделяют в воздух летучие вещества – фитонциды, губительные для микроорганизмов.

Большой звукоотражательной способностью листвы деревьев, достигающей 75 %, объясняется противозумовой эффект зелёных насаждений. На озеленённых улицах с плотными посадками вдоль тротуаров жители домов ощущают шум примерно в 10 раз слабее, чем на улицах не озеленённых, с такой же интенсивностью движения [4].

Городская растительность работает и как своеобразный фильтр, способный противостоять пыли и химическим загрязнениям, поглощая 50–60 % токсичных газов из атмосферы. Различные примеси, содержащиеся в почве, также поглощаются растениями. Благодаря связыванию цитоплазмой растительных клеток, некоторые из вредных веществ становятся неактивными. Другие подвергаются превращениям в растениях в нетоксичные продукты, которые способны (иногда) включаться в процесс метаболизма растительных клеток и используются для нужд растений [2].

Вместе с тем, сами растения по-разному реагируют на воздействие условий городской среды. Одни менее устойчивы и способны переносить неблагоприятные условия, подвергаясь различным повреждениям. Другие виды растений более выносливы, и их устойчивость к городской среде обеспечивается не выработкой новых адаптивных свойств, а проявлением приспособлений, развившихся ранее, для защиты от различных неблагоприятных экологических факторов [2; 3].

Тем не менее, общее влияние городской среды на растения ещё не достаточно исследовано. На сегодняшний день распространён опыт биомониторинга городских агломераций Европейской части нашей страны (г. Москва, Пенза, Воронеж, Калининград, Санкт-Петербург), в Сибирском регионе (г. Красноярск, Иркутск).

Сведения, касающиеся данного вопроса в нашем регионе, малочисленны, как и мало изучены адаптационные возможности древесных растений в условиях города.

Используя динамические признаки растений, можно практически определить устойчивость того или иного вида растения к воздействию условий городской среды, сделать более целесообразной работу по озеленению как жилой, так и промышленной зоны города, составить экологический паспорт любого объекта.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были избраны древесные виды растений, наиболее широко представленные в озеленении г. Читы: *Populus balsamifera* L., *Malus baccata* (L.) Borkh, *Ulmus pumila* L., *Padus avium* Mill, *Caragana arborescens* Lam., *Crataegus sanguinea* Pallas. Все представленные виды древесных растений произрастают в составе различных экологических категорий зелёных насаждений города. Опытные участки находились: 1) на улице Горького (Центральный район г. Читы) – парковая зона устойчивого загрязнения, располагающаяся в центре города; 2) на улице Карла Маркса (Железнодорожный район г. Читы) – парковая зона устойчивого загрязнения, находящаяся в кольце автомобильных дорог; 3) в микрорайоне Северный – лесная зона отдыха горожан; 4) в районе стадиона Сибирского Военного округа (СибВО) – лесная зона отдыха горожан; 5) на улице Ярославского (район Большого острова г. Читы) – парковая зона устойчивого загрязнения.

В качестве условно чистого участка (контрольного участка) выбрано с. Беклемишево, располагающееся в 120 км от города в Ивано-Арахлейском государственном природном ландшафтном заказнике регионального значения, а также с. Ивановка, находящееся в 4 км от города.

Морфометрические показатели определяли по общепринятым методикам [2]: масса и площадь листьев, удельная плотность и дисперсность листьев. С целью оценки качества окружающей среды нами определяли проценты пылевого загрязнения листа. Определение фракционного состава воды в листьях исследуемых видов растений проводили с использованием водоотнимающих средств по методике Г. А. Сулейманова [8; 9]. Каждая фракция воды выражается в процентах от сырой массы растения. Выбранные показатели достаточно полно могут характеризовать состояние растений.

Анатомические исследования проводились с использованием микроскопа марки «Биолам», увеличение 15×40.

Результаты и их обсуждение. Проведённые нами морфометрические исследования в различных экосистемах г. Читы показали, что масса листьев *M. baccata*, *U. pumila* и *P. avium* в пределах 0,216–0,487 г; площадь исследуемых древесных растений колеблется в пределах 10,4–29,4 см²; удельная плотность листьев составляет 0,0086–0,0640 г/см².

Соотношение массы и площади листьев сводится к следующему: чем выше удельная плотность листа, тем эффективнее идут процессы фотосинтеза.

В среднем максимальные значения удельной плотности листьев наблюдали у исследуемых древесных растений в черте г. Читы на модельной площадке по ул. Ярославского (0,021; 0,021; 0,018 г/см²). Наименьшая удельная плотность листьев у растений, произрастающих на городском участке мкр. Северный (0,014; 0,012 г/см²) (рис. 1).

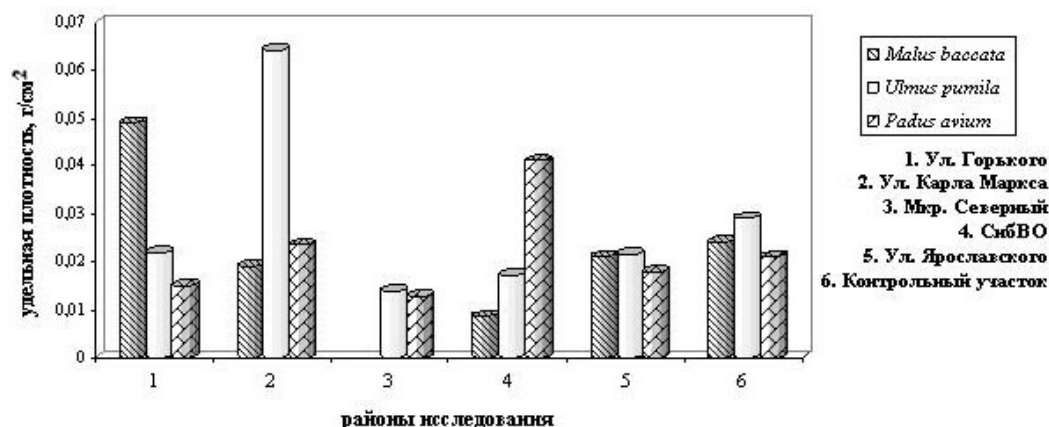


Рис. 1. Удельная плотность листьев древесных растений в различных экосистемах г. Читы (2008–2010 гг.), г/см²

У *M. baccata* (ул. Горького), *U. pumila* (ул. Карла Маркса); *P. avium* (район СибВО), максимальная удельная плотность листьев по сравнению с другими опытными участками (0,049 г/см²; 0,064 г/см²; 0,041 г/см²). Максимальные показатели удельной плотности листьев *U. pumila* (на участке по ул. Карла Маркса) могут быть связаны и с напряжённой экологической обстановкой данной экосистемы: интенсивное движение автотранспорта, выхлопные газы, а также высокий процент пылевого загрязнения – 2,5 % [6, с. 6].

Пыль является одним из факторов, влияющих на рост и развитие растений. Пылевидные частицы оказывают на растение как физическое, так и химическое воздействие.

Запылённость нарушает работу устьичного аппарата, ограничивает процесс транспирации, способствует повышению температуры листьев на 2–4 °С, а иногда на 8–10 °С по сравнению с незапыленными листьями, ослабляет процесс фотосинтеза, особенно при

слабом освещении, понижает уровень сахаров в тканях, темпы накопления сухого вещества и роста растений [1].

Проведённое сравнение пылевого загрязнения растений, произрастающих в естественных условиях и в г. Чите, подтверждает вышесказанное. Процент запылённости листьев растений в городе в 2–10 раз превосходит показатель растений в природных сообществах.

По показателям пылевого загрязнения среди древесных растений можно выделить *P. balsamifera*. Листья тополя бальзамического в городе собирают пыль в 2–3 раза больше, чем в естественных условиях. Таким образом, его пылеудерживающая способность выражена сильнее. В соответствии с этим можно, очевидно, рекомендовать для посадок в городе именно тополь бальзамический.

Сравнение древесных растений города, находящихся на различном удалении от проезжей части (ул. Бабушкина, Чкалова, Журавлёва, парк ОДОРА), показало, что виды, растущие в парке на расстоянии 30 м от автодорог, подвергаются, в основном, меньшему пылевому загрязнению. У *P. balsamifera* листья в парке ОДОРА имеют загрязнение 0,25 %, а на ул. им. Бабушкина – 2,7 %. Таким образом, способность листьев задерживать пыль возрастает до 10,8 раз.

Влияние различных факторов городской среды вызывает изменение внешнего облика растений. У деревьев и кустарников на промышленных площадках листья мелкие, иногда сморщенные или необычной формы – гофрированные, свёрнутые и т. д. [2]. Но не только наличие промышленных предприятий влияет отрицательно на внешний облик растений. Это может быть и массированное действие выхлопных газов, засоление и загрязнение почвы и т. д.

Результаты наблюдений свидетельствуют, что существует заметное различие в длине побегов *P. balsamifera* фоновых и загрязнённых участков. В качестве фона взяты древесные растения, произрастающие в районе п. Каштак и с. Ивановка. Побеги, образуемые в условиях загрязнения, значительно короче. Например: в п. Каштак средняя длина побегов *P. balsamifera* – 78,8 мм, а в городе у видов, произрастающих в сквере – 34,7 мм. Однако, по числу листьев в побеге различия менее заметны. Таким образом, ухудшение качества среды вызывает укорочение междоузлий.

Вся структура растения подчинена основной задаче – получить необходимое количество солнечной энергии и углекислого газа. Для этого нужна большая поверхность, воспринимающая солнечные лучи и контактирующая с воздушной средой. Измерения площади листовой поверхности растений, произрастающих в городской среде, показали, что в экологически чистых условиях площадь листовой поверхности у некоторых видов может быть меньше, чем на техногенных участках г. Читы (табл.). Это относится к *C. sanguinea*, а такие виды, как *M. baccata*, *U. pumila*, *P. avium* в основном имеют более крупные листовые пластинки с меньшей удельной плотностью листьев [5].

Таблица

**Морфометрические показатели древесных растений
в различных экосистемах (на примере г. Читы)**

Виды растений	Экосистема	Площадь листовой пластинки, см ²	Удельная плотность листа, г/см ²	Дисперстность листьев, шт./м ²
<i>Crataegus sanguinea</i>	сквер	21,0 ± 0,63	14,4 ± 0,13	90 ± 0,43
	вдоль автомагистрали	26,7 ± 0,43	17,0 ± 0,32	150 ± 1,67
<i>Malus baccata</i>	сквер	17,3 ± 0,31	17,9 ± 0,09	150 ± 1,45
	вдоль автомагистрали	14,3 ± 0,12	14,9 ± 0,11	130 ± 2,13

Окончание табл.

Виды растений	Экосистема	Площадь листовой пластинки, см ²	Удельная плотность листа, г/см ²	Дисперстность листьев, шт./м ²
<i>Ulmus pumila</i>	сквер	23,4 ± 0,23	18,7 ± 0,12	127 ± 1,67
	вдоль автомагистрали	21,2 ± 0,94	18,5 ± 0,08	135 ± 2,39
<i>Padus avium</i>	сквер	27,6 ± 0,13	13,7 ± 0,13	126 ± 1,56
	вдоль автомагистрали	24,3 ± 0,78	12,4 ± 0,09	132 ± 2,11

У придорожных растений происходит усиленное развитие механических тканей. Формируются листья с мелкими клетками и весьма плотной их упаковкой, малым развитием межклетников, благодаря чему сильно сокращается внутренняя испаряющая поверхность листа. Таким образом, данные изменения на уровне листовой пластинки можно рассматривать в качестве адаптационных показателей.

Подсчёт числа устьиц на единицу площади листовой пластинки у древесных растений, произрастающих в городских условиях, показали, что действительно, при приближении к автомагистрали количество устьиц возрастает. Подсчёт производился у *P. balsamifera*, *U. pumila*. Эта закономерность наиболее выражена у последнего вида.

Под влиянием химических загрязнений воздуха нарушается целостность устьичных клеток, т. к. замыкающие клетки устьиц теряют способность регулировать ширину устьичной щели. А когда устьица постоянно открыты, ещё больше увеличивается расход воды растением на транспирацию.

Проведённые исследования по содержанию воды в листьях древесных растений показали, что максимальное содержание общей воды на всех исследуемых участках в листьях *U. pumila* (104,0–149,0 %), минимальное – в листьях *M. baccata* (80,70–123,0 %), промежуточное положение между ними занимает *P. avium* (88,60–122,50 %).

Общее содержание воды в листьях *U. pumila* колеблется 104,0–149,90 %. В соответствии с полученными данными лучшая оводнённость листьев наблюдалась на контрольном участке и на 2 городских – на ул. Ярославского и ул. Горького (рис. 2). Но в листьях *U. pumila*, произрастающего на участке по ул. Горького, ниже содержание свободной воды (59,90 %) и выше содержание связанной (47,32 %) по сравнению с контрольным участком и с участком по ул. Ярославского. У экземпляров *U. pumila*, находящихся на модельных площадках в районе СибВО и по ул. Карла Марка по сравнению с другими опытными участками низкое содержание общей воды (104,0 % и 113,80 %), и преобладает связанная вода [7, с. 119].

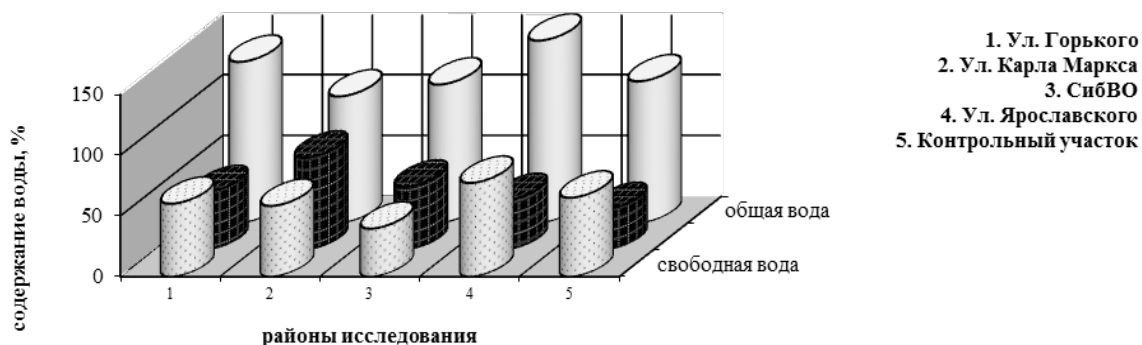


Рис. 2. Фракционный состав воды в листьях *Ulmus pumila* (2008–2010 гг.) в различных экосистемах города

Уменьшение общей оводнённости тканей и увеличение количества связанной воды над количеством свободной воды может свидетельствовать об адаптации растений к условиям городской среды, что подтверждается данными по удельной плотности листьев (рис. 2).

Таким образом, проведённые эколого-биологические исследования на примере древесных растений позволяют оценить состояние городской среды.

Для выявления тенденций в изменении качества окружающей среды необходимо проводить систематические наблюдения за состоянием растений, выделив ключевые участки, составляющие систему городского фитомониторинга.

В качестве биоиндикационных показателей городской среды можно использовать морфобиологические показатели древесных растений, процент пылевого загрязнения и особенности фракционного состава воды.

Список литературы

1. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 1986. 172 с.
2. Горышина Т. К. Растение в городе. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. 202 с.
3. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. М., 1974. 126 с.
4. Майснер А. Д. Жизнь растений в неблагоприятных условиях. Минск: Высшая школа, 1981. 96 с.
5. Просяникова Е. Б., Якимова Е. П. Анализ состояния древесных растений, произрастающих на территории пл. Декабристов (г. Чита) // Проблемы озеленения городов Сибири и сопредельных территорий: материалы междунар. науч.-практ. конф. Чита, 2009. С. 89–92.
6. Скобельцина А. В. Биоэкологические особенности адаптации древесных растений в условиях урбанизированных территорий (на примере г. Читы): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2011. 17 с.
7. Скобельцина А. В., Просяникова Е. Б. Анализ фракционного состава воды в листьях древесных растений в условиях города // Ученые записки. Серия «Естественные науки» / Забайкал. гос. гум.-пед. ун-т. Чита, 2011. №1 (36). С. 119.
8. Сулейманов И. Г. Состояние и роль воды растений. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1972. С. 3–38.
9. Сулейманов И. Г. Структурно-физические свойства протоплазмы и её компонентов в связи с проблемой морозостойчивости культурных растений. Казань, 1964. С. 139–165.

References

1. Artamonov V. I. Rasteniya i chistota prirodnoy sredy. M.: Nauka, 1986. 172 s.
2. Goryshina T. K. Rastenie v gorode. L.: Izd-vo Leningradskogo un-ta, 1991. 202 s.
3. Kulagin Ju. Z. Drevesnye rasteniya i promyshlennaya sreda. M., 1974. 126 s.
4. Majsner A. D. Zhizn' rastenij v neblagoprijatnyh uslovijah. Minsk: Vysshaja shkola, 1981. 96 s.
5. Prosjannikova E. B., Jakimova E. P. Analiz sostojanija drevesnyh rastenij, proizrastajushhij na territorii pl. Dekabristov (g. Chita) // Problemy ozelenenija gorodov Sibiri i sopredel'nyh territorij: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Chita, 2009. S. 89–92.
6. Skobel'cina A. V. Bioekologicheskie osobennosti adaptacii drevesnyh rastenij v uslovijah urbanizirovannyh territorij (na primere g. Chity): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Ulan-Udje, 2011. 17 s.
7. Skobel'cina A. V., Prosjannikova E. B. Analiz frakcionnogo sostava vody v list'jah drevesnyh rastenij v uslovijah goroda // Uchenye zapiski. Serija «Estestvennye nauki» / Zabajkal. gos. gum.-ped. un-t. Chita, 2011. №1 (36). S. 119.
8. Sulejmanov I. G. Sostojanie i rol' vody rastenij. Kazan': Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1972. S. 3–38.
9. Sulejmanov I. G. Strukturno-fizicheskie svojstva protoplazmy i ejo komponentov v svjazi s problemoj morozoustojchivosti kul'turnyh rastenij. Kazan', 1964. S. 139–165.

Статья поступила в редакцию 08.12.2012