

Сергей Владимирович АРТЁМЕНКО<sup>1</sup>  
Жамила Курманказыевна НАРГУЖИНА<sup>2</sup>  
Дарья Александровна АГАФОНОВА<sup>3</sup>

УДК 574.2

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ Г. ТЮМЕНИ В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

<sup>1</sup> кандидат биологических наук,  
ассистент кафедры экологии и генетики,  
Тюменский государственный университет  
s.v.artemenko@utmn.ru

<sup>2</sup> лаборант кафедры экологии и генетики,  
Тюменский государственный университет  
zhamila981@gmail.com

<sup>3</sup> магистрант Института биологии,  
Тюменский государственный университет  
agafonovadashenka@mail.ru

### Аннотация

Загрязнение атмосферы — одна из наиболее острых проблем города как сложной экосистемы. Основным источником загрязнения атмосферы в черте г. Тюмени является автотранспорт. Установлено преобладание легкового автотранспорта во всех 20 исследованных районах. Рассчитана концентрация окиси углерода как маркера степени загрязнения атмосферы. Обнаружено превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) по окиси углерода в большинстве исследованных пунктов. В отдельных случаях наблюдалось 20-кратное превышение норм. Использованы показатели отношения ширины листа к длине, концентрация пигментов фотосинтеза, а

---

**Цитирование:** Артёмко С. В. Изменчивость морфофизиологических признаков древесных растений г. Тюмени в условиях разной степени загрязнения атмосферы / С. В. Артёмко, Ж. К. Наргужина, Д. А. Агафонова // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2018. Том 4. № 3. С. 108-124. DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-3-108-124

---

также зольность. Отмечена относительная устойчивость к загрязнению атмосферы и рекомендована яблоня ягодная для озеленения улиц с высокой степенью загрязнения атмосферы. Отмечена высокая вариабельность морфологических и физиологических признаков для сирени обыкновенной. Ива ломкая испытывает стресс от загрязнения среды обитания, что отражается на физиологических параметрах при стабильности морфологических. Выявлены корреляционные зависимости отклонений показателей древесных растений от концентрации окиси углерода, а также количества автотранспорта. Отмечено увеличение длины листа при уменьшении ширины (листья вытягиваются) в условиях повышения количества загрязняющих веществ в атмосфере. Также в районах с большей степенью загрязнения увеличивается зольность и возрастает концентрация пигментов фотосинтеза. Выдвинуты предположения о микроклиматических и прочих факторах, формирующих условия для жизни древесных растений. Обозначены улицы с наиболее неблагоприятной средой как для растений, так и для нахождения людей: кольцо на ул. 50 лет Октября — Мельникайте, а также ул. Ленина. Наименьшее загрязнение характерно для пригородных территорий.

#### Ключевые слова

*Syringa vulgaris*, *Malus baccata*, *Salix fragilis*, автотранспорт, пигменты фотосинтеза.

DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-3-108-124

#### Введение

Город — это сложная экосистема, компоненты которой во многом зависят от прямой или косвенной деятельности человека. Каждый год атмосфера городов принимает от различных источников (как стационарных, так и мобильных) более миллиона тонн поллютантов [2]. Атмосфера — буферная среда, где смешивается множество веществ и соединений (природной и техногенной среды) как безопасных, так и токсичных для человека [19]. Основными антропогенными источниками поступления вредных веществ в атмосферный воздух городов являются промышленные предприятия и автотранспорт [12]. Значимость автомобильного транспорта как источника токсикантов для атмосферы может составлять до 90% по окиси углерода и 70% по окиси азота [7]. Не менее опасным источником загрязнения воздушной среды является железнодорожный транспорт, а в частности локомотивные и вагонные депо [17].

Тюмень расположена в зоне тайги, в подзоне мелколиственных лесов и обладает особенностями континентального климата [7]. Среднемесячная скорость ветра может изменяться в пределах от 4,1 до 6,2 м/с, при этом среднегодовая скорость ветра не превышает 3,1 м/с. Несмотря на преобладание слабых ветров, полное отсутствие потоков ветра практически не отмечается, что, с одной стороны, препятствует возникновению смога, а с другой — формирует широкую зону рассеяния загрязняющих элементов [16].

Экологическая ситуация в г. Тюмени определяется степенью загрязнения воздушного бассейна (пыль, SO<sub>2</sub>, NO, CO и различные углеводороды [12]) и нарушенных городских земель [6]. При этом, на выхлопные газы автомобилей приходится до 80% токсичных выбросов в атмосферу г. Тюмени [7]. Наиболее загруженными автотранспортом в течение суток являются ул. Мельникайте, ул. 50 лет Октября, ул. Профсоюзная, ул. Республики, ул. Ленина, ул. Первомайская [10].

Актуальность проблемы загрязнения атмосферы города не только в ухудшении качества среды и увеличении числа заболеваний и патологий человека, но и в изменении климата планеты [5]. Самым значимым фактором в условиях городской среды для нейтрализации токсичных соединений атмосферы являются древесно-кустарниковые насаждения, а также естественные лесные массивы [18]. Листья являются фильтрующим органом растений, вследствие чего они накапливают на своей поверхности значительные количества пыли, а также обезвреживают токсины из воздуха [1, 6]. При этом ассимилирующие органы растений играют одну из главных ролей в функционировании организма, обладают высокой чувствительностью и стабильными механизмами реакций на факторы внешней среды [15].

Дендрофлора Тюмени составляет 120 видов и разновидностей, из них около 50 составляют древесные формы и 70 — кустарниковые. В городе насчитывается 45 местных видов деревьев и кустарников, 75 видов и разновидностей интродуцентов, около 10 культурных форм [9]. В связи с климатогеографическими особенностями зеленые насаждения отдельно взятых городов могут отличаться друг от друга как по видовому составу, так и по преобладающим видам [11]. Поэтому актуальным становится вопрос о возможности использования в мониторинговых целях различные виды растений в отдельно взятых городах.

### Материалы и методы

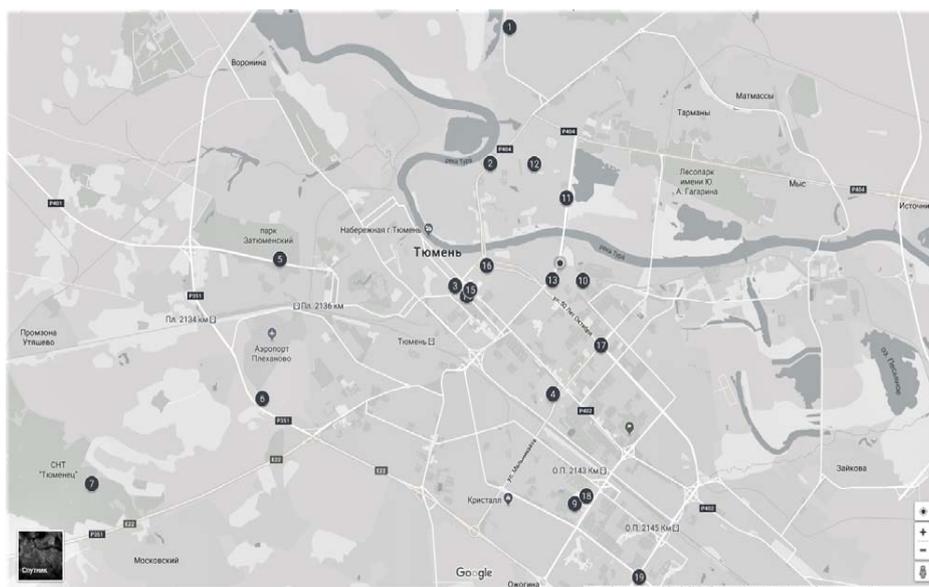
В качестве объектов исследования были выбраны три вида древесных растений: яблоня ягодная (*Malus baccata*, Borkh. 1803), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*, L. 1753), ива ломкая (*Salix fragilis*, L. 1753).

Яблоня является культивируемым и используемым в посадках видом, который очень хорошо адаптирован к условиям умеренного климата. Сирень не является типичным видом для данных широт, поэтому встречается только в виде зеленых насаждений, при этом не требует дополнительных манипуляций при перезимовке и поливе. Ива является аборигенным растением и произрастает как самостоятельно, так и в качестве зеленых насаждений.

### Районы исследования

Для определения морфофизиологических показателей древесных растений были выбраны районы, которые не совпадают с пунктами мониторинга загрязнения общегосударственной системы наблюдений Тюменского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [13]. Главным критерием закладки пробных площадей являлось наличие исследуемых видов растений. Для исследования были выбраны следующие 20 районов с разными уровнями антропогенной нагрузки

ки (рис. 1), в т. ч. жилые и рабочие зоны: территория Института биологии, мкр. 1-й Заречный и 2-й Заречный, Площадь Памяти, территория Дворца творчества и спорта «Пионер», парк «Затюменский», СНТ «Тюменец», ЖК «Плеханово», территория школы № 64, СО «Ясная поляна»; а также улицы с разной степенью активности движения автотранспорта: ул. Максима Горького, ТЦ «Зелёный берег», ул. Профсоюзная 13, ул. Ленина 57, ТЦ «Океан», ул. Комсомольская 7, перекресток с кольцевым движением ул. 50 лет Октября — Мельникайте, ул. Александра Логунова 4-6, ул. Широкая 146-150, с. Созоново [4]. Все перечисленные районы испытывают на себе антропогенную нагрузку в разной степени. Основным источником загрязнения атмосферы является автомобильный транспорт.



*Рис. 1.* Точки расположения пунктов исследования

Примечание: (1) территория Института биологии, (2) мкр. 1-й Заречный, (3) Площадь Памяти, (4) территория ДТЦ «Пионер», (5) парк «Затюменский», (6) СНТ «Тюменец», (7) ЖК «Плеханово», (8) территория школы № 64, (9) СО «Ясная поляна», (10) ул. Максима Горького, (11) ТЦ «Зелёный берег», (12) мкр. 2-й Заречный, (13) ул. Профсоюзная, (14) ул. Ленина, (15) ТЦ «Океан», (16) ул. Комсомольская, (17) ул. 50 лет Октября — Мельникайте, (18) ул. Александра Логунова, (19) ул. Широкая, (20) с. Созоново.

*Fig. 1.* Map of study points location

Notes: (1) Institute of Biology, (2) microregion 1 Zarechnyy, (3) Ploshchad' Pamyati, (4) "Pioneer" Creativity and Sport Palace, (5) Zatyumensky park, (6) "Tyumenets" horticultural community, (7) "Plekhanovo" housing complex, (8) school no 64, (9) "Yasnaya polyana" gardening community, (10) Maksima Gor'kogo st., (11) "Zelonyy Bereg" mall, (12) microregion 2 Zarechnyy, (13) Profsoyuznaya st., (14) Lenina st., (15) "Okean" mall, (16) Komsomolskaya st., (17) 50 let Oktyabrya st. — Melnikayte st., (18) Aleksandra Logunova st., (19) Shirotnaya st., (20) Sozonovo village.

### *Методика определения уровня загрязнения атмосферы по концентрации окиси углерода*

Для определения общего уровня загрязнения атмосферы была использована методика Муромцевой [14]. Подсчет автотранспорта производился за час в течение недели в одно и то же время (17:00), когда отмечалась наибольшая интенсивность движения. ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равен 5 мг/м<sup>3</sup>.

### *Методика сбора материала*

На территории г. Тюмени и за его пределами были заложены пробные площадки с условием наличия в них исследуемого вида. Все площадки закладывались из расчета удаленности от дороги на 100 м, но многие варианты были возможны только в более близком расположении к дорожному полотну. Пробные площадки имели прямоугольную форму (25 × 50 м) площадью = 0,125 га. Размеры пробной площади измеряли заранее подготовленной веревкой с метками.

Сбор материала (листьев) проводился в августе-сентябре 2016-2017 гг. С каждой площадки было собрано 100-200 листьев с разных деревьев одного вида на высоте 150-170 см. Суммарный объем материала по трем видам составил 12 000 листьев. Для собранного материала определялись показатели: отношение ширины к длине листа, концентрация пигментов фотосинтеза (хлорофилл *a* и *b*, каротиноиды), зольность.

Концентрация пигментов фотосинтеза определялась по методике В. Ф. Гавриленко [8]. Длина и ширина измерялись линейкой в лаборатории. Зольность измерялась по стандартной методике [4].

### **Результаты и обсуждение**

В ходе исследования был определен общий уровень нагрузки автотранспорта в разных районах года (рис. 2). Подсчет производился около 17:00, что совпадает со временем часа пик. Анализ количества автотранспорта в этот период времени позволяет не только оценить разницу между отдельными районами, но также определить уровень максимальной нагрузки автотранспорта.

По рис. 2 можно сделать заключение о том, что наименьший поток автотранспорта наблюдается в пригороде, включая с. Созоново, дачных кооперативах, а также парке «Затюменском». В остальных частях города количество автотранспорта зависит от планировки и назначения улиц.

Стоит отметить, что в 14 пунктах из 20 количество автотранспорта выше 1 000 ед/час. Наибольшее количество наблюдается вблизи торговых центров («Зелёный берег») и главных улиц города (50 лет Октября — Мельникайте).

Анализ типа автотранспорта (рис. 3) показал, что наибольшая доля приходится на легковой автотранспорт во всех исследуемых зонах.

Отмечается снижение процента легкового автотранспорта в ряде пунктов в пользу среднего и тяжелого грузового. Такие случаи характерны для пригородных территорий, поскольку передвижение грузового транспорта по территории города ограничено.

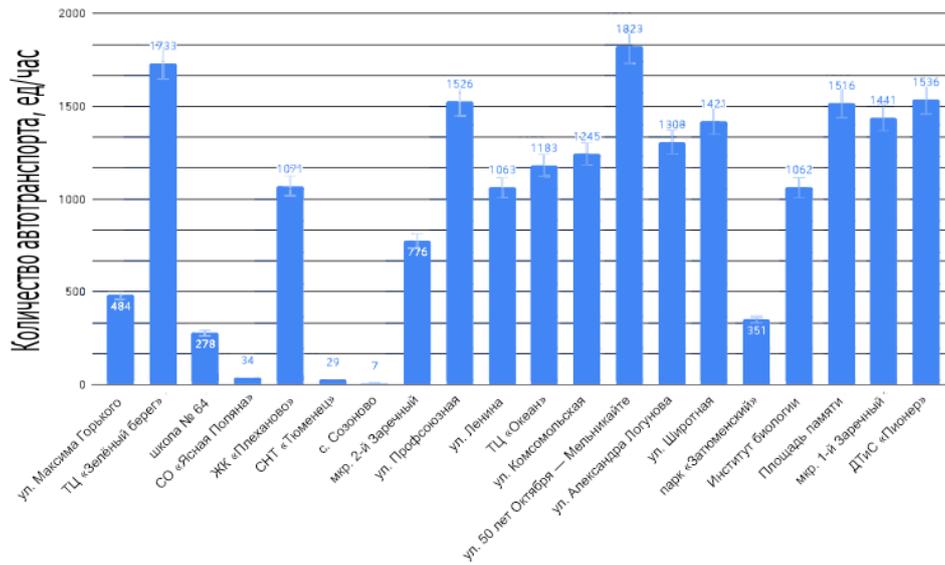


Рис. 2. Количество автотранспорта на дорогах в разных районах г. Тюмени в исследуемый период времени, ед/час

Fig. 2. The number of vehicles on the roads in different districts of Tyumen during the study, units/hour

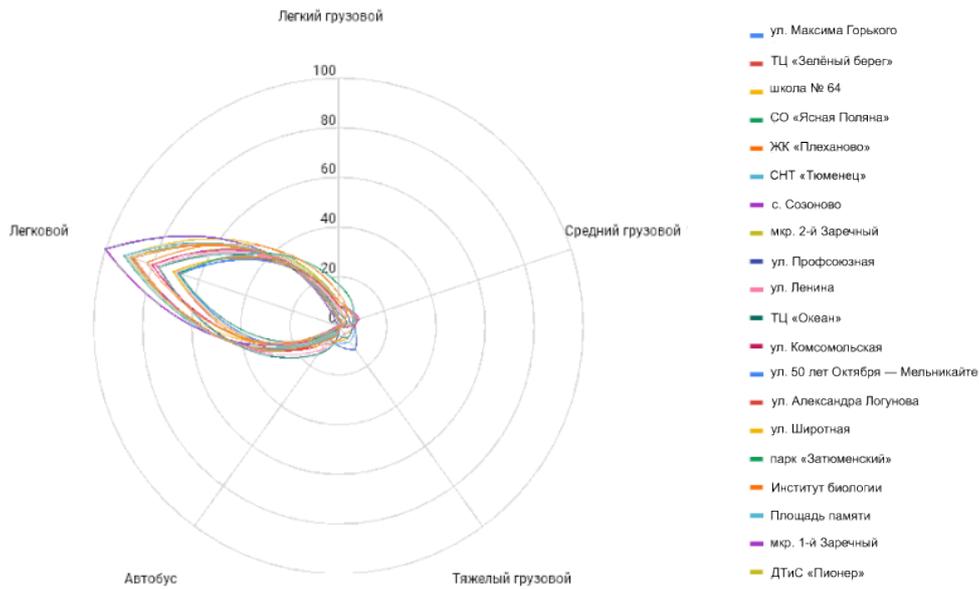


Рис. 3. Соотношение типов автотранспорта в исследуемых районах г. Тюмени, %

Fig. 3. The ratio of types of vehicles in the studied areas of Tyumen, %

Непосредственно связан с количеством автотранспорта показатель концентрации угарного газа (рис. 4), поскольку именно автотранспорт является основным его источником в черте города.

Соответственно, наименьший уровень окиси углерода наблюдается в пригородной территории, где выше уровень озеленения территорий и большая площадь продуваемости. ПДК окиси углерода для атмосферного воздуха составляет 5 мг/м<sup>3</sup>. Норму не превышают лишь четыре пункта, в числе которых садоводческие общества, с. Созоново, а также территория школы № 64.

Во всех остальных районах отражается высокая плотность застройки, плотность потока автотранспорта, а также недостаточное количество озеленения. Высокий уровень загрязнения может серьезно сказаться на состоянии древесно-кустарниковых насаждений.

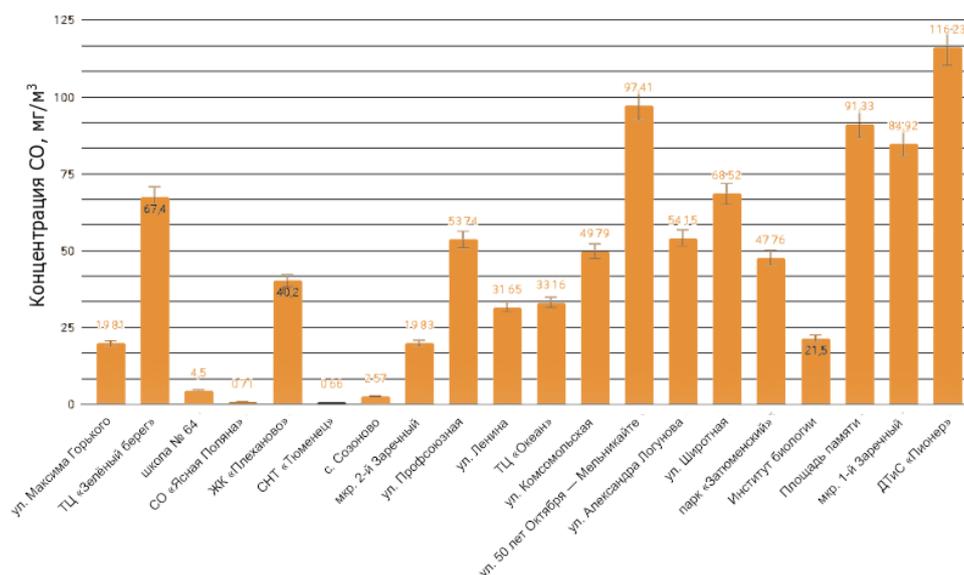


Рис. 4. Концентрация CO (мг/м<sup>3</sup>) в атмосферном воздухе разных районов г. Тюмени

Fig. 4. Concentration of CO (mg/m<sup>3</sup>) in the air in different parts of Tyumen

Для оценки состояния растений в разных районах исследования были использованы как морфологические (отношение ширины к длине листа), а также физиологические (концентрация пигментов фотосинтеза, зольность).

Использование показателя отношения ширины к длине листа (рис. 5) является довольно простым для вычисления, но в то же время сложным к интерпретации. Главное преимущество его в том, что при сравнительно несложных расчетах получают относительные единицы, которые позволяют сравнить между собой не только показатель для разных пунктов, но также и разные индикаторные виды.

В проведенных исследованиях (рис. 5) в качестве нормы были представлены отношения, рассчитанные по ботаническим описаниям вида [20]. Низкие

значения показателя свидетельствуют об удлинненности листа, что отражается на примере листьев ивы. Широкие листья имеют большее значение показателя, подтверждающееся образцами листьев сирени и яблони. Стоит отметить, что наибольшая вариабельность признака наблюдается у листьев сирени, что говорит об их высокой чувствительности к изменениям условий среды, в т. ч. антропогенной нагрузке. Несмотря на значительные различия в уровне этого показателя, изменчивость его для ивы ломкой и яблони ягодной невелико и статистически не подтверждается.

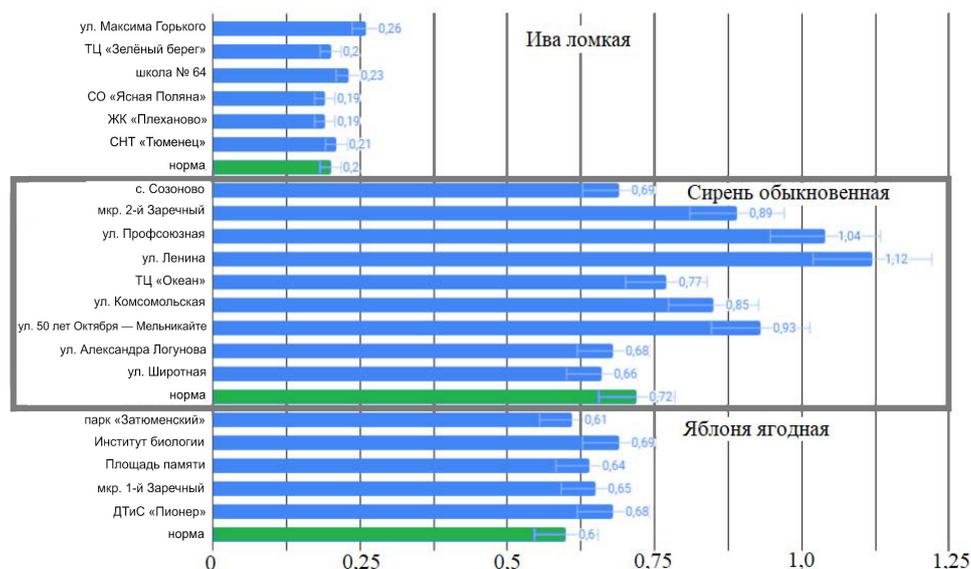


Рис. 5. Отношение ширины к длине листа у разных индикаторных видов в исследуемых районах г. Тюмени в 2017 г., отн. ед.

Fig. 5. The ratio of a leaf's width to length in different indicator species in the studied areas of Tyumen in 2017, relative units

Статистически значимое отклонение отмечено: для листьев ивы — в районе ул. Максима Горького; для листьев сирени — в районе ул. 50 лет Октября — Мельникайте, ул. Ленина, ул. Профсоюзной, мкр. 2-го Заречного. Все эти улицы являются проезжими со средним или высоким уровнем потока автотранспорта. Остальные пункты в силу озеленения или открытых пространств с высокой степенью продуваемости не обнаруживают токсичного уровня загрязнения среды для исследуемых видов.

Для оценки корректности данного признака были использованы физиологические показатели. Был определена концентрация пигментов фотосинтеза: хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов (таблицы 1 и 2).

Для наиболее вариабельных по отношению ширины к длине листа листьев сирени было установлено (таблица 1), что пункты с наибольшим уровнем загрязнения также показывают отклонение от контроля. В качестве контроля в

данном случае использовали с. Созоново, поскольку в данном пункте показана наименьшая антропогенная нагрузка.

Таблица 1

Table 1

**Концентрация пигментов фотосинтеза в листьях сирени обыкновенной**

**The concentration of photosynthetic pigments in the leaves of the lilac**

Район сбора	Содержание пигментов фотосинтеза в мг на 100 г навески		
	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды
с. Созоново	10,9 ± 0,15	8,9 ± 0,19	9,3 ± 0,13
мкр. 2-й Заречный	10,7 ± 0,11	8,6 ± 0,17	9,5 ± 0,17
ул. Профсоюзная	11,9 ± 0,18*	7,3 ± 0,17	10,0 ± 0,19*
ул. Ленина	12,1 ± 0,19*	7,1 ± 0,14*	9,8 ± 0,18
ТЦ «Океан»	11,8 ± 0,16*	7,3 ± 0,18	10,1 ± 0,19*
ул. Комсомольская	12,1 ± 0,21*	7,1 ± 0,15*	9,7 ± 0,17
кольцо на ул. 50 лет Октября — Мельникайте	12,6 ± 0,16*	10,7 ± 0,18*	11,0 ± 0,20*
ул. Александра Логунова	10,9 ± 0,12	9,7 ± 0,12*	9,1 ± 0,12
ул. Широкая	10,9 ± 0,12	9,1 ± 0,15	9,2 ± 0,12

Примечание: \* — статистически значимое отличие от контроля ( $p < 0,05$ ).

Notes: \* — statistically significant difference from the control ( $p < 0.05$ ).

Пунктом с наиболее неблагоприятной обстановкой можно обозначить перекресток с кольцевым движением ул. 50 лет Октября — Мельникайте, поскольку там наблюдается отклонение по всем трем пигментам. Стоит отметить, что в большинстве случаев концентрация пигментов возрастает, что говорит о стимулирующем эффекте загрязнения и высоком уровне антиоксидантной защиты растений. Уменьшение концентрации хлорофилла *b* установлено в двух пунктах: ул. Ленина и ул. Комсомольская, что, вероятно, связано с микроклиматическими условиями, например, большей площадью тени, создаваемой зданиями в светлое время суток.

Представляет интерес тот факт, что листья в некоторых пунктах (ул. Широкая, ул. Александра Логунова, мкр. 2-й Заречный) не отличались от контроля по большинству показателей. Это может быть связано как с низким потоком автотранспорта, так и с более активным выдуванием загрязнения. Наличие ветра с большей скоростью формирует условия выдувания загрязнения с территории и, как следствие, меньшее загрязнение почв.

В случае с более статичными показателями морфологии ивы ломкой обнаружена большая вариабельность в случае с концентрацией пигментов (таблица 2). В качестве контроля использовались листья из СНТ «Тюменец», как пункта с наименьшим уровнем антропогенной нагрузки.

Из таблицы 2 видно, что имеются отдельные отклонения в районе школы № 64, а также значимый уровень техногенного пресса на ул. Максима Горького и ТЦ «Зелёный берег». Последние два пункта являются улицами с высоким уровнем потока автотранспорта, что формирует не только загрязнение атмосферы, но также и загрязнение воды и почвы. Все три фактора влияют на иву, но даже в связи с этим наблюдаются лишь отдельные отклонения в показателях.

Таблица 2

Table 2

**Концентрация пигментов фотосинтеза в листьях ивы ломкой**

**Concentration of pigments of photosynthesis in willow leaves**

Район сбора	Содержание пигментов фотосинтеза в мг на 100 г навески		
	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды
СНТ «Тюменец»*	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01
ЖК «Плеханово»	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02
школа № 64	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01*	0,06 ± 0,01
СО «Ясная Поляна»	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,03	0,07 ± 0,02
ул. Максима Горького	0,07 ± 0,01*	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01*
ТЦ «Зелёный берег»	0,09 ± 0,02	0,15 ± 0,03*	0,12 ± 0,02*

Примечание: \* — статистически значимое отличие от контроля ( $p < 0,05$ ).

Notes: \* — statistically significant difference from the control ( $p < 0.05$ ).

Район школы № 64 является озелененным, но при этом кратковременно испытывает высокий уровень нагрузки от автомобилей с незаглушенным двигателем, к примеру, в случае, когда родители ожидают возвращения ребенка из здания школы. При этом нельзя также исключать влияние микроклиматических особенностей, в частности затененности территории.

Другим физиологическим параметром оценки состояния растений, способным показать количество органических и неорганических компонентов листа, является зольность (рис. 6).

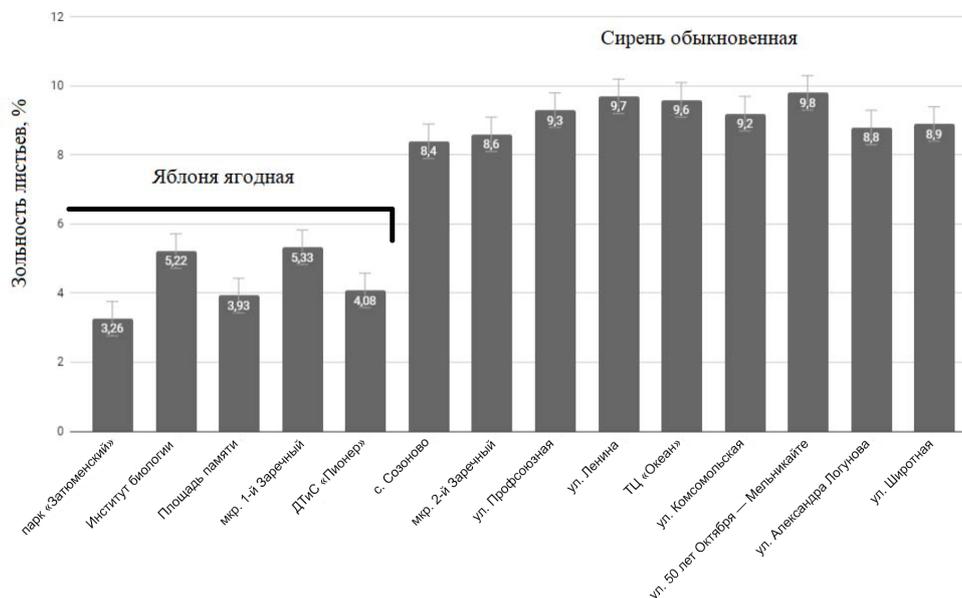


Рис. 6. Зольность листьев исследуемых растений в разных районах города Тюмени, 2017 г.

Fig. 6. Ash content of the leaves of the investigated plants of different parts of Tyumen, 2017

Более высокая зольность сирени по отношению к яблоне выражена в разных размерах и массе листьев. При этом листья сирени по этому параметру остаются относительно статичными. Так, статистически значимые отличия от с. Созоново установлены для районов ул. Ленина, ТЦ «Океан», кольца ул. 50 лет Октября — Мельникайте.

Яблоня по данному признаку более чувствительна и показывает значительное превышение показателя в районах Института биологии и мкр. 1-го Заречного. Увеличение уровня зольности сигнализирует о повышении концентрации неорганических и мобильных компонентов в почве, которые легко проникают в растение, но при этом не используются и могут накапливаться. В большинстве указанных пунктов вероятной причиной увеличения зольности листьев как яблони, так и сирени служит автотранспорт. Иные условия в районе Института биологии, где нет такого плотного потока, тем не менее активное передвижение тяжелого грузового транспорта с открытым кузовом является следствием увеличения количества оседающей пыли.

На основании всех полученных данных был проведен корреляционный анализ (таблица 3). Все исследованные показатели были проверены на зависимость от количества автотранспорта и концентрацию угарного газа. Несмотря на взаимосвязанность последних двух параметров, зависимость от уровня окиси углерода выше, чем от собственно количества автомобилей.

Таблица 3

Корреляционная зависимость показателей ивы, сирени и яблони от количества автотранспорта и концентрации окиси углерода

Table 3

Correlation of the indices of willow, lilac, and apple-tree with the number of vehicles and concentration of carbon monoxide

Параметры	Исследуемые растения	Количество автотранспорта, шт.	Концентрация CO, мг/м <sup>3</sup>
Концентрация пигментов фотосинтеза, 1 мг/100 г	Ива	0,41*	0,49*
	Сирень	0,64*	0,74*
Ширина/длина листа, отн. ед.	Ива	-0,58*	-0,57*
	Яблоня	0,26	0,04
	Сирень	-0,35	-0,43
Зольность, %	Сирень	0,67*	0,76*
	Яблоня	0,39	0,44*

Примечание: \* — статистически значимое отличие от контроля ( $p < 0,05$ ).

Notes: \* — a statistically significant difference from the control ( $p < 0.05$ ).

Исходя из данных таблицы 3 можно заключить, что наибольшая чувствительность наблюдается у сирени и ивы; при этом яблоня показывает отдельные отклонения в ответ на изменение среды, но зависит от большего числа факторов и не показывает конкретной закономерности изменения показателей от уровня антропогенной нагрузки. Для яблони и сирени в большей степени присущи физиологические параметры, тогда как для более консервативного вида ивы показательными могут быть как морфологические, так и физиологические признаки.

### Выводы

1. В районах ТЦ «Зелёный берег» и перекрестка с кольцевым движением ул. 50 лет Октября — Мельникайте ПДК окиси углерода превышен в 13-19 раз, а также наблюдаются наибольшие отклонения от нормы по всем исследованным показателям, что характеризует их как наиболее неблагоприятные.
2. Яблоня ягодная (*Malus baccata*) является наиболее устойчивой к изменению условий городской среды, что позволяет рекомендовать ее для озеленения улиц с высокой плотностью потока автотранспорта.

3. Наиболее высокие корреляционные отношения установлены для физиологических показателей (концентрация пигментов фотосинтеза, зольность) сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*) и ивы ломкой (*Salix fragilis*) к изменению условий среды, что указывает на чувствительность признаков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеева Е. А. Оценка пылеудерживающей способности листьев деревьев и кустарников в насаждениях г. Тюмени / Е. А. Агеева, М. Н. Казанцева // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 31. С. 88-91.
2. Аллаярова Г. Р. Гигиеническая оценка опасности воздействия горнорудных предприятий на окружающую среду и организм человека: дисс. ... канд. биол. наук / Г. Р. Аллаярова. М., 2013. 175 с.
3. Артамонов В. И. Растение и чистота природной среды / В. И. Артамонов. М.: Наука, 1986. 175 с.
4. Артёмов С. В. Точки исследования морфологии деревьев в Тюмени. URL: <https://drive.google.com/open?id=1zJoZrV7jDRxSaTyoUUVVIPS8vkcLsiJxX&usp=sharing>
5. Безменов Н. А. Оценка состояния атмосферного воздуха в городе Тюмени / Н. А. Безменов, А. Б. Храмцова // Земля, вода, климат Сибири и Арктики в XXI веке: проблемы и решения: сборник докладов XVI Международной научно-практической конференции. 2014. С. 201-208.
6. Видякина А. А. Влияние загрязнения воздуха на состояние древесных растений г. Тюмени / А. А. Видякина, М. В. Семенова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2012. № 12. С. 49-53.
7. Второва В. Н. К вопросу оценки состояния окружающей среды в лесных экосистемах Южного Вьетнама / В. Н. Второва, Т. К. Сергеева // Экология. 1999. № 1. С. 20-25.
8. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. М.: Академия, 2003. 256 с.
9. Герасимова А. А. Фенологический мониторинг древесно-кустарниковой растительности г. Тюмени: дисс. ... канд. биол. наук / А. А. Герасимова. Тюмень, 2015. 273 с.
10. Германова Т. В. К вопросу загрязнения атмосферного воздуха города Тюмени автомобильным транспортом / Т. В. Германова, А. Ф. Керножитская // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2013. № 2 (24). С. 25-28.
11. Казанцев П. А. Жизненное состояние и декоративность деревьев в городских насаждениях г. Тюмени / П. А. Казанцев, М. Н. Казанцева // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. № 23. С. 173-176. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznennoe-sostoyanie-i-dekorativnost-dereviev-v-gorodskih-nasazhdeniyah-g-tyumeni> (дата обращения: 22.07.2018).
12. Королев А. А. Медицинская экология / А. А. Королев, М. В. Богданов, Е. И. Никитенко, А. В. Куликов. М.: Академия, 2003. 192 с.

13. Мартынчук М. И. Федеральная экологическая информация о Тюменской области / М. И. Мартынчук // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. URL: <http://72.rpn.gov.ru> (дата обращения: 02.05.2018).
14. Муромцева Е. В. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участке магистральной улицы: методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Экология» / Е. В. Муромцева // Хабаровск: Издательство Дальневосточного государственного университета путей сообщения, 2013. 16 с.
15. Мэннинг У. Дж. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У. Дж. Мэннинг, У. А. Федер. М.: Гидрометеиздат, 1985. 143 с.
16. Петрова О. А. Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области. Тюмень / О. А. Петрова. Тюменский областной комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов, 1997. 165 с.
17. Рычко О. К. Комплексная оценка экологического состояния атмосферы в районе расположения типового предприятия ж/д транспорта как основы формирования системы мониторинга загрязнения воздушной среды / О. К. Рычко, М. В. Мешков // Вестник Оренбургского государственного университета. 2004. № 6 (31). С. 108-110.
18. Сергейчик С. А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды / С. А. Сергейчик. Минск: Наука и техника, 1984. 168 с.
19. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России в 2002 г. / под ред. Э. Ю. Безуглой. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 222 с.
20. Чепик Ф. А. Определитель деревьев и кустарников / Ф. А. Чепик. М.: Агропромиздат, 1985. 232 с.

**Sergei V. ARTEMENKO**

**Zhamila K. NARGUZHINA**

**Daria A. AGAFONOVA**

UDC 574.2

**VARIABILITY OF MORPHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF WOODY PLANTS IN TYUMEN IN A DIFFERENT DEGREE OF AIR POLLUTION**

<sup>1</sup> Cand. Sci. (Biol.), Assistant,  
Department of Ecology and Genetics,  
University of Tyumen  
s.v.artemenko@utmn.ru

<sup>2</sup> Laboratory Assistant,  
Department of Ecology and Genetics,  
University of Tyumen  
zhamila981@gmail.com

<sup>3</sup> Master Student, Institute of Biology,  
University of Tyumen  
agafonovadashenka@mail.ru

**Abstract**

One of the most complex forms of urban impact on the environment is air pollution, the main source of which in Tyumen is motor transport. The authors have established the predominance of light vehicles in all the 20 areas of study. They have calculated the concentration of carbon monoxide as a marker of the degree of atmospheric pollution; they have also detected a MPC excess of carbon monoxide in most of the studied points. In some cases, the authors observed excess of standards in 20 times.

The authors have used the ratios of leaves' width to length, as well as the concentration of photosynthetic pigments and ash. Relative resistance to air pollution has been noted and *Malus baccata* has been recommended for planting on the streets with a higher degree of

---

**Citation:** Artemenko S. V., Narguzhina Zh. K., Agafonova D. A. 2018. "Variability of Morphophysiological Features of Woody Plants in Tyumen in a Different Degree of Air Pollution". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 4, no 3, pp. 108-124. DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-3-108-124

---

atmospheric pollution. The authors have noted a high variability of morphological and physiological characteristics of *Syringa vulgaris*. *Salix fragilis* is under stress of environmental pollution, which is reflected in its physiological parameters, while morphologically it is stable. Correlation dependences of the deviations of the parameters of woody plants on the concentration of carbon monoxide, as well as the number of vehicles, have been revealed. An increase in the length of the leaf is observed with a decrease in width (the leaves are stretched) and with an increase in the amount of pollutants in the atmosphere. In areas with a greater degree of pollution, the concentration of ash and photosynthetic pigments increase. The authors suggest microclimate and other factors shape the conditions for the woody plants. The streets with the most unfavorable environment for plants and for finding people are designated: the crossroads of the streets 50 October — Melnikayte, as well as Lenina st. The lowest pollution is typical for suburban areas.

**Keywords**

*Syringa vulgaris*, *Malus baccata*, *Salix fragilis*, cars, photosynthetic pigments.

**DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-3-108-124**

**REFERENCES**

1. Ageyeva E. A., Kazantseva M. N. 2012. "Otsenka pyleuderzhivayushchey sposobnosti list'yev derev'yev i kustarnikov v nasazhdeniyakh g. Tyumeni" [Evaluation of the Dust Holding Capacity of Tree Leaves and Shrubs in Plantations of Tyumen]. Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa, no 31, pp. 88-91. Bryansk: BGITA.
2. Allayarova G. R. 2013. "Gigiyenicheskaya otsenka opasnosti vozdeystviya gornorudnykh predpriyatiy na okruzhayushchuyu sredyu i organizm cheloveka" [Hygienic Assessment of the Risk of Exposure of Mining Enterprises to the Environment and the Human Body]. Cand. Sci. (Biol.) diss. Moscow.
3. Artamonov V. I. 1986. Nauka Rasteniye i chistota prirodnoy sredy [Plant and Purity of the Natural Environment]. Moscow: Nauka.
4. Artemenko S. V. Tochki issledovaniya morfologii derev'yev v Tyumeni [Research Points of Tree Morphology in Tyumen]. <https://drive.google.com/open?id=1zJoZrV7jDRxSaTyoUVVIPS8vkcLsiJxX&usp=sharing>
5. Bezmenov N. A., Khrantsova A. B. 2014. "Otsenka sostoyaniya atmosfernogo vozdukha v gorode Tyumeni" [Evaluation of the State of Atmospheric Air in Tyumen]. Proceedings of the 16<sup>th</sup> International research Conference "Zemlya, voda, klimat Sibiri i Arktiki v XXI veke: problemy i resheniya", pp. 201-208.
6. Vidyakina A. A., Semenova M. V. 2012. "Vliyaniye zagryazneniya vozdukha na sostoyaniye drevesnykh rasteniya g. Tyumeni" [The Effect of Air Pollution on the State of Woody Plants in Tyumen]. Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya, no 12, pp. 49-53.
7. Vtorova B. P., Sergeeva T. K. 1999. "K voprosu otsenki sostoyaniya okruzhayushchey sredy" [On the Issue of Environmental Assessment]. Ekologiya, no 1, pp. 20-25.

8. Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V. 2003. Bol'shoy praktikum po fotosintezu [Great Workshop on Photosynthesis]. Moscow: Akademiya.
9. Gerasimova A. A. 2015. "Fenologicheskiy monitoring drevesno-kustarnikovoy rastitel'nosti g. Tyumeni" [Phenological Monitoring of Trees and Shrubs in Tyumen]. Cand. Sci. (Biol.) diss. Tyumen.
10. Germanova T. V., Kernozhitskaya A. F. 2013. "K voprosu zagryazneniya atmosfernogo vozdukh goroda Tyumeni avtomobil'nym transportom" [On the Issue of Air Pollution of Tyumen by Road Transport]. Vektor nauki TGU, no 2 (24), pp. 25-28.
11. Kazantsev P. A., Kazantseva M. N. 2009. "Zhiznennoye sostoyaniye i dekorativnost' derev'yev v gorodskikh nasazhdeniyakh g. Tyumeni" [The Vital Status and Decorativeness of Trees in the Urban Plantations of Tyumen]. Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa, no 23, pp. 173-176. Accessed on 22 July 2018. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznennoe-sostoyanie-i-dekorativnost-dereviev-v-gorodskih-nasazhdeniyah-g-tyumeni>
12. Korolev A. A., Bogdanov M. V., Nikitenko E. I., Kulikov A. V. 2003. Meditsinskaya ekologiya [Medical Ecology]. Moscow: Akademiya.
13. Martynchuk M. I. 2018. "Federal'naya ekologicheskaya informatsiya o tyumenskoj oblasti" [Federal Environmental Information about the Tyumen Region]. Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere prirodopol'zovaniya. Accessed on 2 May 2018. <http://72.rpn.gov.ru>
14. Muromtseva E. V. 2013. Metodicheskiye ukazaniya dlya vypolneniya laboratornoy raboty po distsipline "Ekologiya" [Methodical Instructions for Performing Laboratory Work on the Discipline "Ecology"]. Khabarovsk: DVGUPS.
15. Manning W. J., Feder W. A. 1985. Biomonitoring zagryazneniya atmosfery s pomoshch'yu rasteniy [Biomonitoring Air Pollutants with Plants]. Moscow: Gidrometeoizdat.
16. Petrova O. A. 1997. Ekologicheskoye sostoyaniye, ispol'zovaniye prirodnykh resursov, okhrana okruzhayushchey sredy Tyumenskoj oblasti. Tyumen' [Ecological State, Use of Natural Resources, Environmental Protection of the Tyumen Region. Tyumen]. Tyumenskiy oblastnoy komitet okhrany okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov.
17. Rychko O. K., Meshkov M. V. 2004. "Kompleksnaya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya atmosfery v rayone raspolozheniya tipovogo predpriyatiya zh/d. transporta kak osnovy formirovaniya sistemy monitoringa zagryazneniya vozdushnoy sredy" [Comprehensive Assessment of the Ecological State of the Atmosphere in the Area of a Typical Railway Enterprise of Transport as the Basis for the Formation of an Air Pollution Monitoring System]. Vestnik Orenburgskogo gos. Universiteta, no 6 (31), pp. 108-110.
18. Sergeychik S. A. 1984. Drevesnyye rasteniya i optimizatsiya promyshlennoy sredy. Minsk: Nauka i tekhnika.
19. Bezuglaja E. Yu. (ed.). 2003. Sostoyaniye zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii v 2002 g. [Status of Air Pollution in Cities on the Territory of Russia in 2002]. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat.
20. Chepik F. A. 1985. Opredelitel' derev'yev i kustarnikov [The Determinant of Trees and Shrubs]. Moscow: Agropromizdat.