



УДК 577.4 (075.8)

Влияние техногенных загрязнений на физиологические показатели листьев древесных растений на примере г. Арзамаса

А. А. Ростунов, Т. А. Кончина

Арзамасский филиал Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, Арзамас
E-mail: tatyana.konchina@mail.ru

Аннотация. Проведено сравнительное изучение некоторых морфологических и физиолого-биохимических показателей листьев *Tilia cordata* Mill., *Populus tremula* L., *Salix fragilis* L., *Salix alba* L. из разных мест произрастания в г. Арзамасе, характеризующихся различным уровнем загрязнения. Установлено, что возрастание техногенной нагрузки в атмосфере приводило на фоне усиления некротизации к уменьшению поверхности листьев, снижению содержания в них фотосинтетических пигментов – хлорофиллов и каротиноидов, изменению структуры светособирающего комплекса в сторону увеличения относительной доли жёлтых пигментов, увеличению общей зольности тканей этих органов. Среди изученных видов древесных растений наиболее устойчивыми к загрязнениям оказались *T. cordata*, *S. fragilis*, *S. alba*.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, древесные растения, размеры листьев, степень развития некрозов, оводнённость и зольность листьев, концентрация фотосинтетических пигментов, устойчивость видов.

Введение

Арзамас является промышленным городом в Нижегородской области с населением более 100 тыс. человек и развитыми отраслями машиностроения, приборостроения, производства строительных материалов и др. Деятельность предприятий этих отраслей приводит к выбросу различных токсических продуктов, влияющих на городскую растительность. Негативное действие техногенных выбросов на функциональное состояние растений городов показано в целом в ряде работ [3; 12; 15].

Нарушение физиологических функций растительного организма в урбаносреде обусловлено целым комплексом негативных факторов, в первую очередь проникающими в клетки фитотоксикантами. Степень этой реакции проявляется у различных видов растений в зависимости от силы, продолжительности воздействия, химического состава загрязняющих веществ, их совокупного действия, а также от общего физиологического состояния растительного организма [3]. При этом древесные растения в городском

ландшафте выполняют целый ряд важнейших функций – средообразующую, рекреационную, эстетическую [8]. Важна роль древесной флоры в детоксикации газообразных веществ [10], а также в накоплении поллютантов в тканях листьев [6; 20]. Однако особенности физиологических процессов в условиях урбаноcреды к настоящему времени изучены далеко недостаточно. Вместе с тем без учёта эколого-биологических характеристик растений создание экологически эффективных насаждений не представляется возможным.

Критериями функционального состояния древесных растений в условиях техногенного загрязнения могут быть: ростовые показатели листьев, степень их повреждения и оводнённость, концентрация в них минеральных веществ, а также реакции весьма чувствительного к внешним факторам фотосинтетического аппарата, ассимиляционная деятельность которого определяет ростовые и другие физиологические процессы растительного организма [3; 5; 17; 19; 20].

Древесные растения являются преобладающим компонентом растительности г. Арзамаса, основная их доля приходится на лиственные породы. Комплексные исследования влияния загрязняющих веществ на физиологическое состояние лиственных деревьев в городе ранее не проводились. В этой связи целью настоящей работы стал сравнительный анализ некоторых морфологических (площадь листьев и степень их некротических повреждений) и физиолого-биохимических (содержание воды, золы, фотосинтетических пигментов) показателей листьев разных видов древесных растений, произрастающих в условиях различного уровня промышленного загрязнения.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были выбраны липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), осина или тополь дрожащий (*Pópulus trémula* L.), ива ломкая (*Sálix fragilis* L.) и ива белая или ветла (*Sálix álba* L.) из четырёх мест произрастания, характеризующихся различными уровнями загрязнения. Уровень загрязнения определяли по содержанию тяжёлых металлов в образцах почв. В качестве зоны условного контроля (ЗУК) был выбран наименее загрязнённый участок старой территории города на юго-западной окраине близ Арзамасского филиала ННГУ им. Н. И. Лобачевского (АФ ННГУ). Древесные растения исследовались на участках, прилегающих к промплощадкам Арзамасского машиностроительного завода (АМЗ) (средняя степень загрязнения) и завода по производству строительных смесей «Арзамикс», а также к территории старого полигона твёрдых бытовых отходов (ТБО). Уровень загрязнения в двух последних участках более высокий по сравнению с территорией АМЗ. Содержание тяжёлых металлов в образцах почвы исследуемых участков определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с применением прибора МГА-915 МД (Люмекс, Россия).

Исследования выполнены в августе в течение двух вегетационных сезонов (2013–2014 гг.). Отбирались листья срединной формации на годичном вегетативном приросте с нижней трети кроны деревьев южной экспозиции. В каждой пробе анализировалось не менее ста листьев. В лабораторных условиях определяли площадь листьев, наличие или отсутствие некротических повреждений их тканей [1], содержание воды путём высушивания до постоянной массы при t 50–60 °С и золы после сжигания в муфельной печи при t 600–800 °С [9], концентрацию фотосинтетических пигментов спектрофотометрическим методом [7] с помощью спектрофотометра ПЭ-5400ВИ (Экохим, Россия). Анализы выполнены в трёх биологических и двух химических повторностях. Полученные результаты обработаны статистически [13], достоверность различий между контрольным и опытными вариантами оценивали с помощью критерия Стьюдента на 5%-ном уровне значимости, обеспечивающем 95%-ную доверительную вероятность ($P < 0,05$) с помощью программы BioStat 2008 v.5.2.5.0. для Windows.

Результаты и обсуждение

Анализ почв на накопление тяжёлых металлов свидетельствует о степени загрязнённости исследуемых участков. Показано, что наиболее загрязнёнными являются участки, прилегающие к территориям предприятия «Арзамикс» (по концентрации свинца и цинка) и ТБО по всем исследуемым элементам (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжёлых металлов в почвах разных районов г. Арзамаса

Показатель, мкг/г	Участок исследования			
	ЗУК	близ территории АМЗ	близ территории завода «Арзамикс»	близ полигона ТБО
Cu	7,3±0,7	11,5±1,1	9,8±0,9	45,6±2,3
Pb	25,0±1,3	36,8±2,5	48,1±3,2	56,0±4,5
Ni	6,8±0,6	10,9±1,0	7,9±0,4	20,2±2,0
Zn	10,2±0,9	14,5±1,3	22,1±2,8	34,3±2,3

Морфологические исследования показали, что площадь листьев всех изучаемых видов древесных растений в загрязнённых районах города меньше, чем в ЗУК (рис. 1). При этом степень сокращения листовой поверхности зависит как от места произрастания, так и от вида растения. Наименьшей площадью характеризуются листья растений с наиболее загрязнённых территорий – зон влияния полигона ТБО и завода «Арзамикс». На территории же, прилегающей к АМЗ, ингибирующее действие токсических веществ на развитие листовой поверхности проявляется в значительно меньшей степени. Так, средняя площадь листовой пластинки осины в районах полигона ТБО и завода «Арзамикс» составляет по отношению к ЗУК соответственно 24 % и 20 %, зато на территории близ АМЗ показатель значительно больше – 64 %; у ивы ломкой – 78, 73 и 86 % соответственно.

Анализ видовых различий показал, что в наибольшей степени от загрязнений страдают листья осины и в гораздо меньшей – ивы белой, а осо-

бенно ивы ломкой и липы. В зоне влияния выбросов завода «Арзамикс» поверхность листьев по отношению к контролю составляет у осины всего 20 %, тогда как у ивы белой – 56 %. Ещё значительнее эти показатели у ивы ломкой – 73 % и липы – 75 %.

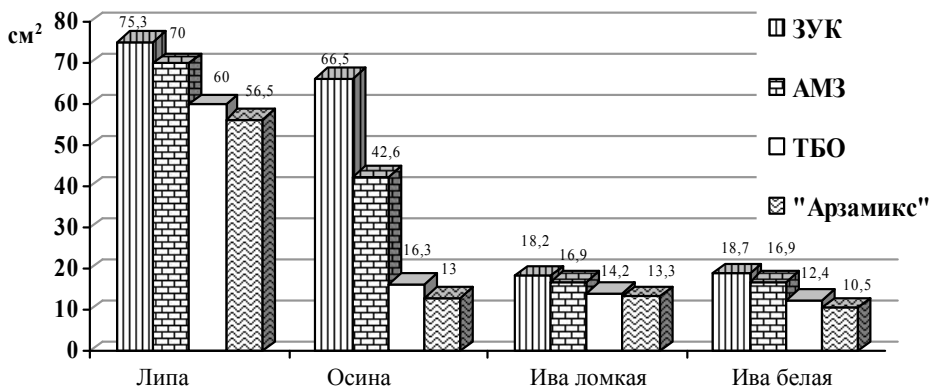


Рис. 1. Площадь листьев (см²) деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

Наряду с уменьшением площади листовой пластинки при усилении загрязнённости территории у всех без исключения растений растёт число листьев, имеющих некротические повреждения (рис. 2).

Особенно это выражено в наиболее загрязнённых районах. Так, если на территории, прилегающей к АМЗ, процент увеличения в зависимости от вида растения колеблется в пределах 107–114 %, то близ свалки и территории «Арзамикса» он значительно возрастает: на 132–138 % и 136–168 % соответственно.

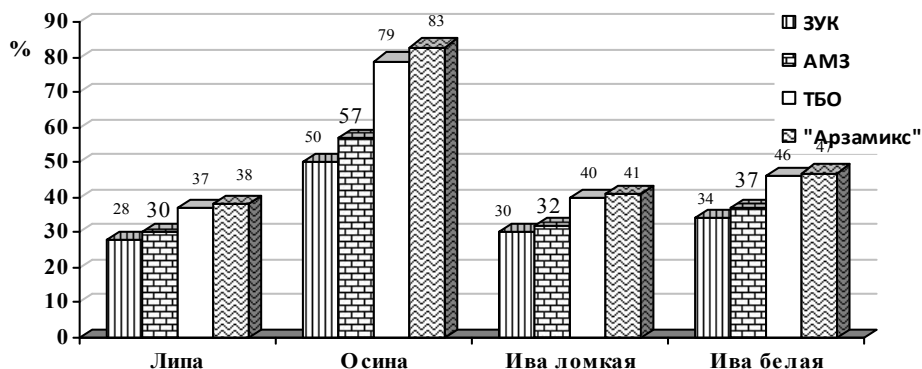


Рис. 2. Доля некротированных листьев (% от численности выборки) деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

Наибольшей некротизации подвергаются листья осины: если у липы в районе АМЗ количество повреждённых листьев по отношению к ЗУК увеличивается на 7 %, а на более загрязнённых территориях на 32 % и 36 %, то для осины эти значения составляют соответственно 14 %, 58 % и 66 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что загрязнение поллютантами приводит к выраженному изменению морфологии листьев изучаемых видов древесных растений – уменьшению размеров листовой пластинки и росту числа повреждённых некрозом листьев. Как известно, эти изменения являются результатом нарушения функционирования регуляторных механизмов (в первую очередь, ингибирования синтеза АТФ и снижения активности ферментов [3]) под действием токсикантов и, как следствие, приводят к подавлению роста клеток, тканей и органов [8; 19].

Для нормальной жизнедеятельности клетки и ткани растений должны быть достаточно насыщены водой [3]. Недостаток воды приводит в первую очередь к нарушению деятельности фотосинтетического аппарата, вызывая при этом изменения других физиологических процессов, что проявляется в снижении темпов роста органов растений [5]. Результаты определения содержания воды в листьях древесных растений показывают, что в загрязнённых районах показатель оказывается достоверно меньше по сравнению с ЗУК только в листьях осины (рис. 3). С ростом степени загрязнённости этот показатель становится ниже.

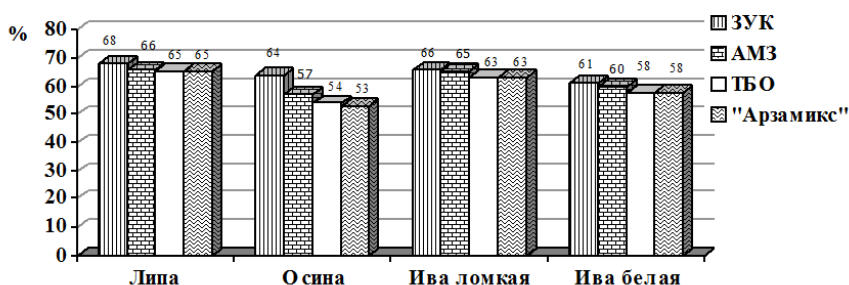


Рис. 3. Массовая доля воды в листьях деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

Если на территории, прилегающей к АМЗ, содержание воды в листьях осины составляет 89 % по отношению к среднему показателю растений из ЗУК, то в районах действия полигона ТБО и завода «Арзамикс» – 84 % и 83 % соответственно, что свидетельствует о более низкой водоудерживающей способности её листьев по сравнению с липой и обоими видами ив. Известно, что количественное содержание воды в клетках и тканях влияет на устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды и этот показатель может служить критерием оценки устойчивости растений [17]. К тому же показано, что у неустойчивых видов в условиях загрязнён-

ной среды растёт проницаемость клеточных мембран, что приводит к быстрой потере воды клетками [5].

Об аккумулярующей способности листьев по отношению к загрязнителям может свидетельствовать накопление зольных элементов, что позволяет использовать эту характеристику как показатель качества окружающей среды. Нами выявлено, что в условиях повышенной техногенной нагрузки общая зольность листьев у всех изучаемых видов древесных растений достоверно возрастает, за исключением листьев осины в районе АМЗ, где не наблюдается различий в показателях по отношению к ЗУК (рис. 4).

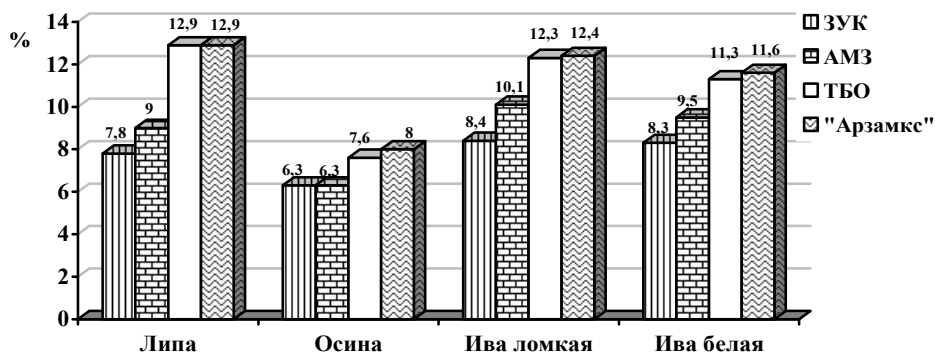


Рис. 4. Массовая доля золы в листьях (%) деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

Так, у липы в контрольной зоне зольность листьев равна 7,8 %, в районе АМЗ – 9 %, а близ полигона ТБО и завода «Арзамикс» – по 12,9 %; у ивы ломкой эти значения соответственно равны 8,4; 10,1; 12,3 и 12,4 %. Подобные результаты на различных видах древесных растений получены и другими авторами [11; 14]. Такую закономерность нельзя объяснить благоприятностью условий минерального питания. Скорее всего – это результат накопления целого ряда элементов вследствие поглощения листьями загрязняющих веществ, либо нарушения обменных процессов.

Что касается видовых особенностей накопления поллютантов, здесь повышение аккумулярующей способности листьев при усилении загрязнённости территории наиболее заметно у липы и ивы ломкой и в несколько меньшей степени – у ивы белой. Массовая доля золы в листьях последней составляет 8,3 % в ЗУК, 9,5 % – в зоне среднего загрязнения (АМЗ), 11,3 и 11,6 % – в зонах сильного загрязнения. У липы соответствующие показатели равны 7,8; 9,0; 12,9 и 12,9 %. При этом наименьший рост содержания зольных элементов в условиях сильной загрязнённости зарегистрирован для осины – 6,3; 6,3; 7,6 и 8,1 %. Различная аккумулярующая активность листьев изучаемых видов древесных растений, по-видимому, является следствием особенностей их физиологического состояния. Высокая способность к накоплению загрязняющих веществ листьями липы и ивы ломкой в условиях

сильной загрязнённости среды может быть обусловлена большей устойчивостью этих видов за счёт более эффективного связывания поллютантов клетками данных видов растений [20].

В качестве показателя физиологического состояния древесных растений в условиях урбаноcреды может выступать состояние фотосинтетического аппарата, одним из главных компонентов которого является пигментная система. Фотосинтетическая деятельность является, по сути, индикатором общего состояния растительного организма, поскольку многие выбрасываемые техногенные газы, оказывая влияние на структурно-функциональную деятельность хлоропластов, ингибируют фотосинтез [3; 8]. В наших исследованиях было выявлено, что увеличение степени техногенной загрязнённости территории приводит к существенным нарушениям в пигментном комплексе в листьях всех изучаемых видов древесных растений. Выявлено снижение содержания по сравнению с ЗУК всех фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), лишь в листьях липы в зоне, прилегающей к зоне влияния завода «Арзамикс», не отмечается достоверного падения содержания каротиноидов (рис. 5; 6; 7).

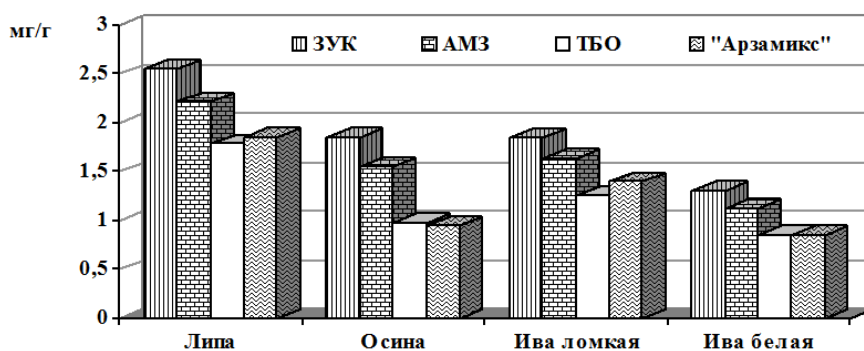


Рис. 5. Содержание хлорофилла а (мг/г сырой массы) в листьях деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

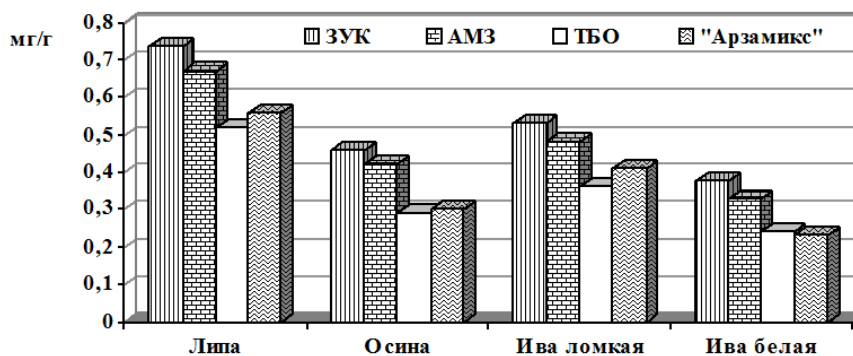


Рис. 6. Содержание хлорофилла b (мг/г сырой массы) в листьях деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

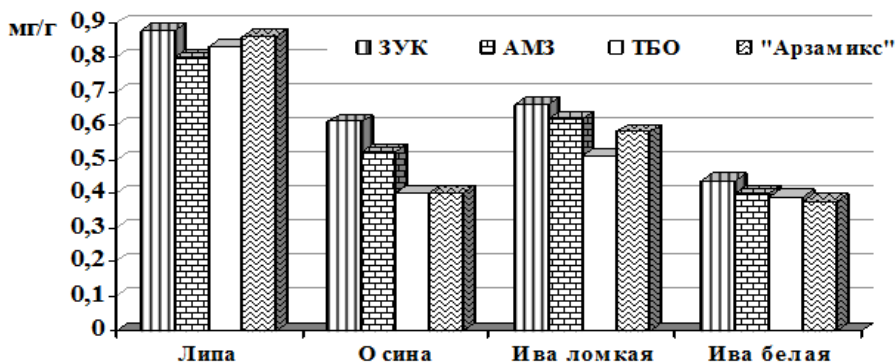


Рис. 7. Содержание каротиноидов (мг/г сырой массы) в листьях деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

Так, у ивы ломкой концентрация хлорофилла а на среднезагрязнённой территории, прилегающей к АМЗ, снижается на 12 %, тогда как в более загрязнённых районах близ полигона ТБО и завода «Арзамикс» показатель падает значительно сильнее – на 32 и 24 %; концентрация хлорофилла в снижается соответственно на 9, 32 и 23 %. При этом существенных изменений в соотношении этих двух форм хлорофилла не происходит, за исключением осины, в листьях которой по мере увеличения степени загрязнения наблюдается относительное изменение показателя a/b в сторону роста концентрации хлорофилла в (табл. 2). Это может быть адаптивным признаком наиболее страдающего от загрязнений и соответственно менее устойчивого к повышенным концентрациям поллютантов вида древесных растений [14].

Таблица 2

Соотношение содержания пигментов в листьях деревьев лиственных пород в разных по степени загрязнённости местообитаниях г. Арзамаса

Вид растения	Местообитание			
	ЗУК	близ территории АМЗ	близ полигона ТБО	близ территории завода «Арзамикс»
a/b				
Липа	3,4	3,3	3,4	3,3
Осина	4,0	3,7	3,4	3,2
Ива ломкая	3,5	3,4	3,4	3,4
Ива белая	3,4	3,4	3,6	3,6
$a + b$ / каротиноиды				
Липа	3,8	3,6	2,8	2,8
Осина	3,8	3,8	3,2	3,1
Ива ломкая	3,6	3,4	2,4	2,3
Ива белая	3,8	3,6	2,8	2,8

Аналогичные данные по устойчивости к загрязнителям получены и на других видах растений [4; 16]. По мнению авторов, увеличение отношения содержания хлорофиллов а/в наблюдается у наиболее устойчивых видов, этот показатель может характеризовать потенциальную фотохимическую активность листьев. При этом высокая величина соотношения а/в может служить признаком большей потенциальной интенсивности фотосинтеза, что в нашем случае может быть характерно, по целому ряду вышеприведённых показателей (площадь листьев, некрозы, содержание воды и зольных элементов), для более устойчивых к техногенным загрязнениям видов деревьев – липы, ивы белой и ломкой.

На этом фоне на участках с сильным загрязнением (полигон ТБО и завод «Арзамикс») у всех изучаемых видов растений темп падения концентрации каротиноидов значительно меньше по сравнению с хлорофиллами. Особенно заметно это проявляется в листьях липы и ивы белой. Так, если у липы суммарное содержание хлорофиллов (а + б) в районах влияния полигона ТБО уменьшается на 30 %, а завода «Арзамикс» – на 27 %, то концентрация каротиноидов на первом участке снижается только на 6 %, а во втором и вовсе остаётся на уровне контроля. У ивы белой концентрация хлорофиллов уменьшается соответственно на 35 % и 37 %, а каротиноидов – всего на 11 % и 14 %. У осины же разница в приведённых показателях значительно менее выражена – содержание хлорофиллов в районах полигона ТБО и завода «Арзамикс» соответственно снижается на 45 % и 46 %, а каротиноидов в обоих случаях – на 33 %.

Наиболее ярко существенное возрастание отношения а + б / каротиноиды на сильно загрязнённых участках проявляется в листьях ивы ломкой и, в несколько меньшей степени, в листьях липы и ивы белой. Аналогичные данные по повышению содержания каротиноидов с нарастанием степени загрязнения территорий получены и на других видах древесных растений [4; 14]. Повышенная доля каротиноидов в фотосинтетическом аппарате свидетельствует об усилении защитной роли этих пигментов в условиях сильного загрязнения поллютантами. Очевидно, ива белая, липа, а особенно ива ломкая по сравнению с осиной являются по этому показателю более устойчивыми к техногенным загрязнениям. Полученные в ходе наших исследований данные по падению количества хлорофиллов и относительному увеличению содержания жёлтых пигментов в листьях растений при возрастании техногенных нагрузок в определённой степени коррелируют со снижением в них содержания воды. Подобные результаты на различных видах растений были получены и ранее [14; 18].

Заключение

Таким образом, загрязнение воздушной среды г. Арзамаса выбросами промышленных предприятий отрицательно действует как на анатомо-морфологические, так и на физиолого-биохимические показатели листьев произрастающих здесь деревьев. У всех исследованных видов уменьшается

площадь листовой пластинки, оводнённость клеток, концентрация фотосинтетических пигментов, сопровождающаяся, однако, увеличением доли каротиноидов, выполняющих защитную антиполлутантную функцию. Вместе с тем растёт общая зольность и количество некротизированных листьев. С увеличением степени техногенного загрязнения территории произрастания у всех изученных видов древесных растений растёт и степень негативного воздействия вредных веществ на физиологические показатели листьев.

Для обустройства санитарно-защитных насаждений, обладающих газопоглолительными свойствами, в условиях г. Арзамаса возможно использовать некоторые изученные нами виды древесных растений, сочетающие в себе повышенную газоустойчивость и аккумулирующую поллутанты ёмкость листьев. Наилучшими в этом плане свойствами обладают липа, ива ломкая и в несколько меньшей степени ива белая. Для листьев этих видов в условиях сильного загрязнения среды характерны наименьшие снижение площади листьев, оводнения их тканей, концентрации зелёных и жёлтых пигментов, встречаемость некрозов, а также повышенное значение зольных элементов.

Список литературы

1. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / ред. Р. Шуберт. – М. : Мир, 1988. – 350 с.
2. Булыгин Н. Е. Дендрология / Н. Е. Булыгин. – М. : Агропромиздат, 1985. – 280 с.
3. Бухарина И. Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях / И. Л. Бухарина, А. А. Двоглазова. – Ижевск : Изд-во Удмурт. ун-та, 2010. – 184 с.
4. Бухарина И. Л. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в условиях городской среды (на примере г. Набережные Челны) / И. Л. Бухарина, П. А. Кузьмин, И. И. Гибадулина // Вест. Удмурт. ун-та. – 2013. – Вып. 1. – С. 20–25.
5. Волжанина Е. М. Оценка устойчивости интродуцированных видов сосен по показателям водоудерживающей способности хвои / Е. М. Волжанина // Вестн. Нижегород. ун-та. – 2004. – № 8, вып. 2. – С. 94–99.
6. Воробейчик Е. Л. Реакция лесных фитоценозов на техногенное загрязнение: зависимость доза-эффект / Е. Л. Воробейчик, Е. В. Хантемирова // Экология. – 1994. – № 3. – С. 31–43.
7. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по физиологии растений / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина. – М. : Высш. шк., 1975. – 392 с.
8. Горышина Т. К. Фотосинтетический аппарат растений в условиях среды / Т. К. Горышина. – Л. : ЛГУ, 1989. – 202 с.
9. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Яраш. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 400 с.
10. Иванова А. А. Биоиндикация на стресс *Betula pendula* Roth в условиях антропогенного загрязнения / А. А. Иванова, В. К. Великова // Физиология растений. – 1990. – Т. 16, № 3 – С. 76–82.
11. Кавеленова Л. М. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Сама-

ры) / Л. М. Кавеленова, А. Г. Здетовский, А. Я. Огневенко // Химия растит. сырья. – 2001. – № 3. – С. 85–90.

12. Кулагин А. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А. А. Кулагин, Ю. А. Шагиева. – М. : Наука, 2005. – 190 с.

13. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.

14. Маракаев О. А. Техногенный стресс и его влияние на листовые древесные растения (на примере парков г. Ярославля) / О. А. Маракаев, Н. С. Смирнова, Н. В. Загоскина // Экология. – 2006. – № 6. – С. 410–414.

15. Неверова О. А. Экологическая оценка состояния древесных растений и загрязнения окружающей среды промышленного города (на примере г. Кемерово) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О. А. Неверова. – М., 2004. – 36 с.

16. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Новосибирск : Наука, 1979. – 275 с.

17. Половникова М. Г. Изменения показателей водного режима газонных трав в условиях городской среды / М. Г. Половникова, О. Л. Воскресенская // Особь и популяция – стратегии жизни : сб. материалов IX Всерос. популяц. семинара (Уфа, 2–6 окт. 2006 г.). – Уфа : Вили Окслер, 2006. – Ч. 1. – С. 398–402.

18. Тарчевский В. В. Влияние дымо-газовых выделений промышленных предприятий Урала на растительность / В. В. Тарчевский // Растения и промышленная среда. – Свердловск, 1964. – С. 5–9.

19. Чукпарова А. У. Изучение состояния сосновых насаждений в условиях аэротехнического загрязнения / А. У. Чукпарова // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 208–210.

20. Шенхер Е. Проникновение в лист и накопление органических соединений в кутикуле растений / Е. Шенхер, М. Ридерер // Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикологии. – М. : Мир, 1993. – С. 11–83.

The Effect of the Technogenic Pollution on the Physiological Indexes of Leaves of Woody Plants in Arzamas City

A. A. Rostunov, T. A. Konchina

Arzamas Branch of N. I. Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Arzamas

Abstract. It was conducted the comparative study of some morphological, physiological and biochemical indices of leaves of *Tilia cordata* Mill., *Populus tremula* L., *Salix fragilis* L., *Salix alba* L. from different habitats of Arzamas, characterized by different levels of contamination. It was found that the increase of technogenic load in the atmosphere led, amid increasing necrotization, to the decrease in the surface of leaves, reduction in their photosynthetic pigments – chlorophylls and carotenoids, change the structure of the light-harvesting complex in the direction of increasing the relative proportion of the yellow pigments, increasing the total ash content of the tissues of these organs. The most resistant to contamination are appeared *T. cordata*, *S. fragilis* and *S. alba*.

Keywords: technogenic pollution, woody plants, size of leaves, degree of necrosis, water content and ash content of leaves, concentration of photosynthetic pigments, species resistance.

Ростунов Александр Анатольевич
кандидат биологических наук, доцент
Арзамасский филиал Национального
исследовательского Нижегородского
государственного университета
им. Н. И. Лобачевского
607220, г. Арзамас, ул. К. Маркса, д. 36
тел.: (83147)7–10–28
e-mail: rostunov1959@mail.ru

Rostunov Aleksandr Anatolyevich
Candidate of Sciences (Biology),
Associate Professor
Arzamas Branch of N. I. Lobachevsky Niz-
hny Novgorod State University
36, K. Marx st., Arzamas, 607220
tel.: (83147)7–10–28
e-mail: rostunov1959@mail.ru

Кончина Татьяна Александровна
кандидат биологических наук, доцент
Арзамасский филиал Национального
исследовательского Нижегородского
государственного университета
им. Н. И. Лобачевского
607220, г. Арзамас, Нижегородская
область, ул. К. Маркса, д. 36
тел.: (83147)9–40–38
e-mail: tatyana.konchina@mail.ru

Konchina Tatyana Aleksandrovna
Candidate of Sciences (Biology),
Associate Professor
Arzamas Branch of N. I. Lobachevsky Niz-
hny Novgorod State University,
36, K. Marx st., Arzamas, 607220
tel.: (83147)9–40–38
e-mail: tatyana.konchina@mail.ru