

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА ПИГМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

© 2010 О.Л. Цандекова, О.А. Неверова

Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово

Поступила в редакцию 18.02.2010

Исследовано влияние выбросов автотранспорта на содержание пигментов в листьях древесных растений. Установлено, что высокая транспортная нагрузка на перекрестках г. Кемерово снижает количественные характеристики пигментного комплекса. Исследуемые показатели можно использовать для оценки состояния древесных растений в условиях загрязнения окружающей среды выбросами автотранспорта.

Ключевые слова: *загрязнение атмосферного воздуха, выбросы автотранспорта, перекрестки города, пигментный комплекс, древесные растения*

Загрязнение воздушного бассейна г. Кемерово относится к наиболее острой экологической проблеме. Существенную дополнительную нагрузку на атмосферу города оказывает увеличение автомобильного транспорта. Наибольшая доля загрязнения воздуха и почв от автотранспортных потоков приходится на автомагистрали и перекрестки города. В выхлопных газах автотранспорта содержится более 200 соединений загрязняющих веществ. Основными являются оксиды азота, оксид углерода, диоксид серы, свинец и его соединения, бенз(а)пирен, аммиак и другие вещества [1]. Загрязняющие вещества вызывают нарушение роста и развития растений, образование некрозов на листьях, преждевременное усыхание и опадание листвы, снижение декоративности, а также ослабление и усыхание деревьев. Высокая чувствительность деревьев к загрязнению связана, прежде всего, с угнетением и повреждением ассимиляционных органов [2-8]. Древесные растения можно использовать в качестве индикаторов загрязнения и оценки степени суммарной техногенной нагрузки на окружающую среду. С другой стороны, необходимо выявление наиболее устойчивых к загрязнению видов древесных растений, которые могут быть рекомендованы для озеленения в различных экологических зонах города.

Цель исследований – оценить влияние выбросов автотранспорта на пигментный комплекс листьев древесных растений и возможность его использования в качестве диагностического признака их состояния и загрязнения окружающей среды.

В задачу исследований входило:

- изучить количественные характеристики пигментного комплекса (содержание хлорофилла а, хлорофилла b, суммы хлорофиллов (a+b), суммы каротиноидов) у рябины сибирской и березы повислой в условиях транспортной нагрузки;

- выявить наличие зависимости между пигментным комплексом листьев древесных растений и максимально разовыми концентрациями загрязняющих веществ на перекрестках города выбросами автотранспорта.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в вегетационный период 2007-2009 гг. Объектами исследований служили рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedl.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.), произрастающие вблизи перекрестков города, наиболее загрязненных автотранспортом. Рябина сибирская, произрастала вблизи перекрестков г. Кемерово: «пр. Октябрьский – ул. Терешковой» и «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев», а береза повислая – «пр. Октябрьский – ул. Терешковой» и «пр. Химиков – ул. Тухачевского». Контрольные площадки располагались в жилом квартале Ленинского района (наименее загрязненного).

Для выявления степени загрязнения перекрестков выбросами автотранспорта А.А. Быковым [9] проведено моделирование среднегодового и максимально разового загрязнения на основе данных инвентаризации выбросов и климатического распределения метеопараметров. На основании данных моделирования рассчитан комплексный показатель (КП) загрязнения атмосферы. При расчете КП учитывались следующие загрязнители: свинец, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, бенз(а)пирен, сажа, формальдегид, бензин, керосин. По КП суммарного среднегодового загрязнения атмосферы перекрестки города Кемерово можно распределить в следующем

Цандекова Оксана Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник. E-mail: biomonitring@bk.ru
Неверова Ольга Александровна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией экологического биомониторинга. E-mail: nev11@yandex.ru

порядке: «пр. Химиков – ул. Тухачевского» (КП=4) < «пр. Октябрьский – ул. Терешковой» (КП=6) < «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев» (КП=10). Как показали расчеты, наиболее загрязнен перекресток «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев».

Отбор растительных образцов проводили в середине июня, июля и августа. Для физиологических исследований использовали листья древесных растений среднего генеративного состояния (q^2) [10]. Листья собирали без видимых признаков повреждений с 5 модельных деревьев, хорошего и удовлетворительного жизненного состояния, собранных с нижней трети кроны с южной стороны с помощью секатора на шесте. Содержание хлорофилла *a*, *b*, их суммы, суммы каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом в трехкратной повторности [11]. Математическая обработка экспериментальных

данных проведена с помощью статистического пакета Statistika 6,0 для IBM-совместимых компьютеров.

Результаты и их обсуждение. Данные моделирования максимально разовых концентраций загрязняющих веществ и комплексного показателя загрязнения атмосферы на исследуемых перекрестках г. Кемерово приведены в таблице 1. Как показывают данные таблицы максимальное превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) на исследуемых перекрестках отмечено по свинцу, диоксиду азота, оксиду углерода и бенз(а)пирену. Наиболее существенное превышение загрязняющих веществ выявлено на перекрестке «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев», особенно по свинцу, диоксиду азота и оксиду углерода (более чем в 5-12 раз).

Таблица 1. Содержание максимально разовых концентраций загрязняющих веществ на исследуемых перекрестках г. Кемерово (в долях ПДК)

Перекрестки	Pb	No ₂	SO ₂	CO	Бенз(а)пирен	Сажа	Бензин	КП*
пр. Октябрьский – ул. Терешковой	5,53	4,15	0,33	6,26	1,85	0,37	0,72	6
пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев	5,77	12,04	0,31	7,49	2,20	0,43	0,95	10
пр. Химиков – ул. Тухачевского	1,71	5,97	0,10	2,19	0,64	0,12	0,26	4
ПДК _р , мг, м.куб	0,001	0,085	0,5	5,0	0,00001	0,15	5,0	

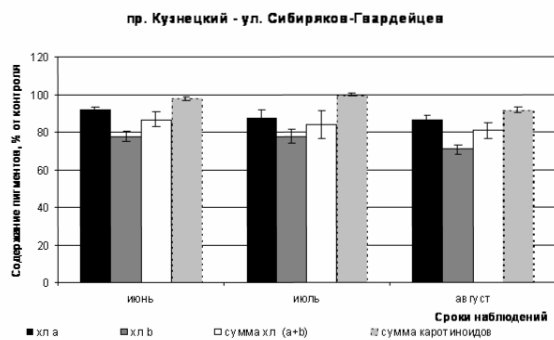
Из литературных источников известно, что древесные растения могут усваивать и вовлекать в метаболизм различные газообразные загрязнители, при этом в листьях наблюдается снижение уровня содержания пигментов. Наши исследования подтвердили данную закономерность. Анализ содержания пигментного комплекса в листьях древесных растений показал, что на перекрестках города у опытных древесных видов в течение вегетации наблюдались некоторые отличия количественных характеристик пигментного комплекса по сравнению с контролем. Так у растений отмечалось снижение среднего содержания хлорофилла *a* – на 9-14%, хлорофилла *b* – на 21-39%, суммы хлорофиллов – на 14-21%, суммы каротиноидов – на 3-8%. Как показали результаты исследований, у всех исследуемых видов древесных растений наиболее выражено снижение содержания хлорофилла *b* по сравнению с контролем, а менее выражено – снижение суммы каротиноидов.

Выявлена видовая специфика у исследуемых видов растений в реакциях пигментного комплекса на загрязнение автотранспортом, что, возможно свидетельствует, о различном адаптивном потенциале растений. За годы исследований у рябины сибирской, произрастающей вблизи перекрестков «пр. Октябрьский –

ул. Терешковой» и «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев», в течение вегетации отмечено достоверное снижение зеленых (хл *a*, хл *b*, сумма хлорофиллов (*a+b*)) в среднем на 8-24%, а желтых пигментов (сумма каротиноидов) – на 3% относительно контроля. У рябины сибирской, произрастающей вблизи перекрестка «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев» в течение вегетации выявлено наиболее существенное достоверное снижение хл *a* – в среднем на 11, хл *b* – на 24%, суммы хлорофиллов – на 16% по сравнению с контролем. Содержание суммы каротиноидов у рябины на исследуемом перекрестке в 2007 г. повышалось (июнь-июль) в среднем на 18%, в августе – понижалось на 8%, а в 2008 и 2009 гг. данный показатель снижался на 6 и 10% относительно контроля (рис. 1).

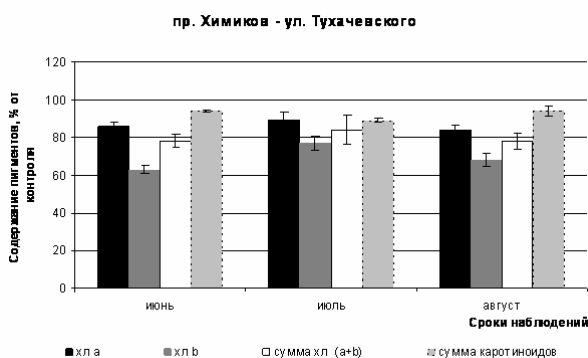
У березы повислой, произрастающей вблизи перекрестков «пр. Октябрьский – ул. Терешковой» и «пр. Химиков – ул. Тухачевского» отмечено достоверное снижение зеленых пигментов относительно контроля. Так, сумма хлорофиллов у березы варьировала в среднем в пределах 0,74-1,88 мг/г, сумма каротиноидов – 0,47-0,59 мг/г, что ниже контрольных значений на 19% и на 6-13% соответственно. Однако в июне 2007 г. сумма каротиноидов у березы на

исследуемых перекрестках превысило контроль на 15%. У березы повислой, произрастающей вблизи перекрестка «пр. Химиков – ул. Тухачевского» в течение вегетации отмечено наиболее существенное достоверное снижение хл *a* – в среднем на 14%, хл *b* – на 31%, суммы хлорофиллов – на 20%, суммы каротиноидов – на 8% по сравнению с контролем (рис. 2).



Примечание: контроль – 100%. Содержание пигментов в контроле(мг/г): июнь: хлорофилл *a* – 0,77; хлорофилл *b* – 0,5; сумма хлорофиллов – 1,27; сумма каротиноидов – 0,54; июль: хлорофилл *a* – 1,28; хлорофилл *b* – 0,85; сумма хлорофиллов – 2,13; сумма каротиноидов – 0,63; август: хлорофилл *a* – 0,55; хлорофилл *b* – 0,34; сумма хлорофиллов – 0,89; сумма каротиноидов – 0,51.

Рис. 1. Содержание пигментов в листьях рябины сибирской на перекрестке «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев» (средние данные за 2007-2009 гг.)



Примечание: контроль – 100%. Содержание пигментов в контроле(мг/г): июнь: хлорофилл *a* – 0,72; хлорофилл *b* – 0,40; сумма хлорофиллов – 1,12; сумма каротиноидов – 0,51; июль: хлорофилл *a* – 1,29; хлорофилл *b* – 0,83; сумма хлорофиллов – 2,12; сумма каротиноидов – 0,63; август: хлорофилл *a* – 0,57; хлорофилл *b* – 0,38; сумма хлорофиллов – 0,95; сумма каротиноидов – 0,51.

Рис. 2. Содержание пигментов в листьях березы повислой на перекрестке «пр. Химиков – ул. Тухачевского» (средние данные за 2007-2009 гг.)

Как показали результаты исследований, наименьшим изменениям при действии выбросов автотранспорта подвержено содержание каротиноидов. В литературе имеются сведения о защитной реакции каротиноидов в окислительной деградации пигментов, что, очевидно, отмечается и в наших исследованиях [12, 13]. Корреляционный анализ показал, что выявлена отрицательная достоверная корреляционная связь между содержанием пигментов в листьях древесных растений и максимально разовыми концентрациями загрязняющих веществ на изучаемых перекрестках. Наибольшая взаимосвязь отмечена между содержанием хлорофилла *b*, суммой хлорофиллов (*a+b*) и содержанием свинца, и бенз(а)пирена на перекрестках города ($r = -0,60$ - $-0,64$ при $p < 0,05$, $N = 540$).

Выводы:

1. На перекрестках города «пр. Октябрьский – ул. Терешковой», «пр. Химиков – ул. Тухачевского» и «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев» отмечен высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, особенно по свинцу, диоксиду азота, оксиду углерода и бензо(а)пирену. Наибольшей степенью загрязнения характеризовался перекресток «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков-Гвардейцев» (КП=10).

2. У древесных растений, произрастающих в локальных очагах загрязнения выбросами автотранспорта, в течение вегетации отмечалось снижение содержания всех пигментов, в большей степени, концентрации хлорофилла *b*, содержание которого можно использовать в качестве диагностического признака состояния растений.

3. Наличие отрицательной достоверной корреляционной связи между содержанием хлорофилла *b*, суммы хлорофиллов в листьях древесных растений и максимально разовыми концентрациями загрязняющих веществ на исследуемых перекрестках города подтверждает возможность использования данных показателей для оценки степени загрязнения перекрестков города выбросами автотранспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Материалы к Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2005 году» / Администрация Кемеровской области. – Кемерово: ИНТ, 2006. – 320 с.
2. Алиев, Р.Р. Биоиндикация загрязнения природной среды с помощью биохимических и флуоресцентных параметров древесных растений: Автореф. дис. ...канд.биол.наук. – Ташкент, 1993. – 22 с.
3. Гудериан, Р. Загрязнение воздушной среды. – М.: Мир, 1979. – 200 с.

4. *Неверова, О.А.* Биоэкологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха по состоянию древесных растений. – Новосибирск: Наука, 2001. – С. 51-67.
5. *Николаевский, В.С.* Методы оценки состояния древесных растений и степени влияния на них неблагоприятных факторов / *В.С. Николаевский, Н.Г. Николаевская, Е.А. Козлова* // Лесной вестник. – 1992, (7) май. – С. 76-77.
6. *Крамер, П.Д.* Физиология древесных растений: Пер. с англ. / *П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский*. – М.: Лесн. пром.-сть, 1983. – С. 136-142.
7. *Майдебура, И.С.* Влияние загрязнения городской среды на биохимические показатели древесных растений (на примере г. Калининграда) // Естественные и технические науки. – М.: Изд-во «Компания Спутник+». – 2006. - № 4 (24). – С. 136-141.
8. *Черкашина, М.В.* Влияние техногенной нагрузки на изменение содержания пигментов фотосинтеза и степени окраски древесных и травянистых растений / *М.В. Черкашина, Г.А. Петухова* // Современные наукоемкие технологии. – 2007. - № 5. – С.81.
9. *Быков, А.А.* Разработка и применение математических моделей для управления чистотой атмосферы по среднегодовым показателям. Автореф. дис. канд. хим. наук. – М., 1988. – 22 с.
10. *Смирнова, О.В.* Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов Европейской части России) / *О.В. Смирнова, А.А. Чистякова, Р.В. Попатюк* и др. – Пушкино, 1990. – 92 с.
11. *Гавриленко, В.Ф.* Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Учеб. пособие. / *В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина*. – М.: Высшая школа, 1975. – 391 с.
12. *Мерзляк, М.Н.* Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки // Итоги науки и техники. Сер. Физиология растений. М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 6. – 167 с.
13. *Мерзляк, М.Н.* Пигменты, оптика листа и состояние растений // Соросовский образовательный журнал. – 1997. - № 4. – С. 19-24.

INFLUENCE OF MOTOR TRANSPORT EMISSIONS ON THE WOOD PLANTS LEAVES PIGMENTARY COMPLEX

© 2010 O.L. Tsandekova, O.A. Neverova

Institute of Human Ecology SB RAS, Kemerovo

Influence of motor transport emissions on the pigments contents in leaves of wood plants is researched. It is established, that high transport loading on crossroads of Kemerovo city reduces quantity indicators of pigmentary complex. Researched parameters can be used for the estimation of wood plants state in conditions of environmental pollution by motor transport emissions.

Key words: *atmospheric air pollution, motor transport emissions, city crossroads, pigmentary complex, wood plants*