

АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДЕТОКСИКАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗОНЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА

© 2009 О.А. Неверова¹, Е.Ю. Колмогорова¹, А.А. Быков²

¹ Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово

² Институт угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово

Проведена оценка детоксикационного потенциала рябины сибирской по активности пероксидазы и показателю жизненного состояния в зоне локальных очагов загрязнения выбросами автотранспорта. Установлено, что существующий уровень среднегодового загрязнения изучаемых перекрестков г. Кемерово выбросами автотранспорта не является критическим для произрастания растений, о чем свидетельствует удовлетворительный показатель жизненного состояния рябины сибирской, а повышение активности пероксидазы (на 88-147%) указывает на высокий детоксикационный потенциал данной древесной породы в отношении выбросов автотранспорта.

Ключевые слова: детоксикационный потенциал, древесные растения, выбросы автотранспорта

Увеличение количества автомобильного транспорта в г. Кемерово обеспечило в целом транспортному комплексу третье место по загрязнению атмосферного воздуха. В составе выбросов в атмосферу от транспортных средств содержатся более 200 соединений загрязняющих веществ, основными из которых, согласно [6], являются оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, углеводороды, в том числе бенз(а)пирен, свинец и его соединения и другие вещества [5]. Наибольшая доля загрязнения воздуха и почв от автотранспортных потоков приходится на автомагистрали и перекрестки города. Известно, что растения являются своеобразными «фитофилтрами», очищающими атмосферный воздух от газообразных токсикантов. Они способны усваивать газообразные токсиканты, в том числе и органические ксенобиотики, накапливать их, выделять в неизменном виде, включать непосредственно в обмен или обезвреживать их в результате деградации до стандартных

клеточных метаболитов и углекислого газа. При этом, как правило, такой способностью обладают растения с высокой устойчивостью к загрязнителям.

Достаточно много исследований посвящено изучению активности окислительных ферментов растений, в частности пероксидазы в условиях загрязнения атмосферного воздуха неорганическими и органическими загрязнителями. Выявлено повышение активности пероксидазы растений в условиях загрязнения окружающей среды кислыми газами [9, 12]. При действии кислых газов в растениях на свету могут образовываться перекиси, которые, по видимому, обуславливают субстратную активацию пероксидазы. Кроме того, имеются многочисленные сведения об участии пероксидазы в процессах окисления органических ксенобиотиков (ПАУ, в том числе бенз(а)пирена), в частности в реакциях их гидроксирования [3]. Таким образом, существуют растения с мощным детоксикационным потенциалом в отношении ксенобиотиков, для которых характерны высокая активность некоторых оксидаз (монооксигеназ, пероксидазы, фенолоксидазы) и удовлетворительные показатели жизненного состояния в зоне повышенного техногенного загрязнения. Эта способность растений может быть использована в целях ремедиации городских экосистем.

Неверова Ольга Александровна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией экологического биомониторинга. E-mail: nev11@yandex.ru

Колмогорова Елена Юрьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник

Быков Анатолий Александрович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник

Целью работы являлась оценка детоксикационного потенциала древесных растений в зоне локальных очагов загрязнения выбросами автотранспорта.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1) проведено моделирование среднегодового загрязнения атмосферного воздуха на исследуемых перекрестках города на основе данных инвентаризации выбросов в сумме от стационарных и передвижных источников, с учетом климатических параметров, влияющих на распространение примесей в атмосфере – направления и скорости ветра, состояния устойчивости атмосферы;

2) определены активность пероксидазы листьев древесных растений, произрастающих в зоне действия выбросов автотранспорта и их жизненное состояние;

3) сопоставлены показатели жизнедеятельности растений с уровнями среднегодового загрязнения на изучаемых перекрестках города.

Работа выполнена в рамках интеграционного проекта №84 СО РАН.

Объекты и методы исследований.

Исследования проведены в вегетационный период 2007 г. Объектом исследований являлась рябина сибирская в возрасте 30-40 лет, произрастающая вблизи двух перекрестков города, характеризующихся интенсивным движением автотранспорта – перекресток «пр. Кузнецкий - Сибиряков Гвардейцев» и перекресток «пр. Октябрьский – ул. Терешковой». В качестве сравнительных (условно контрольных) служили деревья, произрастающие во внутриквартальных посадках Ленинского района города.

Для определения активности пероксидазы из 10 модельных деревьев на каждой опытной площадке выбирали 3 дерева схожего удовлетворительного жизненного состояния. Листья собирали в утренние часы без видимых признаков повреждений из нижней части кроны с южной стороны. Активность пероксидазы определяли 3 раза за вегетацию – в июне, июле и августе методом А.Н. Бояркина [11] в трехкратной повторности. Жизненное состояние растений (ЖС) определяли в середине июля визуальным методом по степени нарушения ассимиляционного аппарата и крон [10].

Выборка составляла 10 деревьев с каждого исследуемого участка. Математическая обработка результатов проведена с использованием статистического пакета *Statistica 5,5* для IBM-совместимых компьютеров. Для оценки информативности используемых показателей состояния растений проводили корреляционный анализ с показателями среднегодового загрязнения атмосферного воздуха на исследуемых перекрестках, поскольку известно, что хроническое воздействие низких концентраций загрязняющих веществ может приводить к их аккумуляции и негативно воздействовать на физиолого-биохимические процессы растений и здоровье человека.

Моделирование среднегодового загрязнения атмосферного воздуха на исследуемых перекрестках города осуществлено на основе данных инвентаризации выбросов в сумме от всех стационарных и передвижных источников, входящих в состав сводного тома ПДВ г.Кемерова за 2002 г. [1]. Расчеты среднегодовых концентраций были проведены в расчетных точках перекрестков по трем различным моделям (рис. 1): известной модели Гауссовского факела (Гауссова модель); модели расчета среднегодовых концентраций, приведенной в [7] (методика 1995) и разработанной ГГО им. А.И. Воейкова долгопериодной модели [8], являющейся дополнением к ОНД-86 (методика 2005). Распределение ветра по направлению получено из среднегодовой многолетней розы ветров методом интерполяции, рекомендованным в [8]. Распределение ветра по скоростям и классам устойчивости для Гауссовской модели было ранее получено по данным стандартных метеонаблюдений [2]. Параметры распределений скорости ветра и показателя устойчивости λ , необходимые для модели [8], приближенно оценены по известным климатическим характеристикам г. Кемерова [4]. Все три модели входят в состав программного комплекса ЭРА (подробнее см. www.logos-plus.ru). Приведенное на рис. 1 сопоставление показывает, что все модели достаточно синхронно описывают среднегодовое загрязнение г. Кемерова по загрязняющим веществам, выбрасываемым автотранспортом. В таблице 1 использованы результаты методики [7].

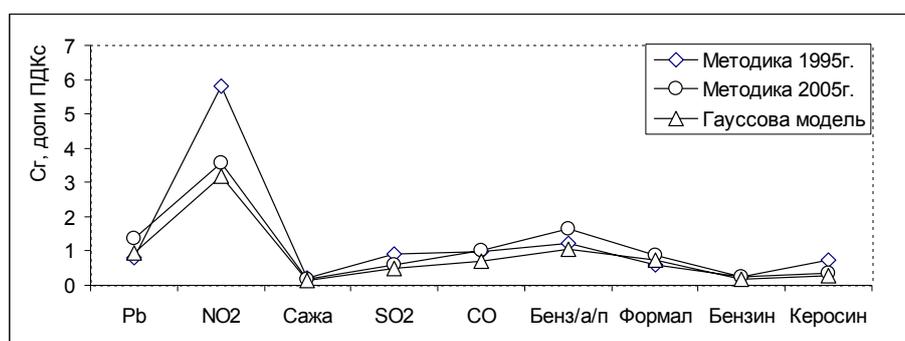


Рис. 1. Сопоставление среднегодового загрязнения г. Кемерово выбросами автотранспорта по трем различным моделям

Результаты и их обсуждение. Анализ загрязняющих веществ, представленных в таблице 1, показывает, что на исследуемых перекрестках среднегодовые концентрации большинства загрязняющих веществ не превышают ПДКс. Исключение составляют лишь диоксид азота и бенз(а)пирен, среднегодовые концентрации которых превышают ПДКс в 5,66 и 3,37 раза в первом случае (на перекрестках «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардей-

цев» и «пр. Октябрьский – ул. Терешковой» соответственно) и в 1,02 раза во втором случае на перекрестке «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев». Следует отметить, что среднегодовое содержание большинства загрязняющих веществ выше на перекрестке «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев» в сравнении с перекрестком «пр. Октябрьский – ул. Терешковой».

Таблица 1. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ перекрестков г. Кемерово, наиболее загруженных автотранспортом (в долях ПДК)

Перекрестки	Pb	NO ₂	SO ₂	CO	бенз(а)пи-рен	сажа	фор-маль-дегид	бен-зин
Пр.Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев	0,56	5,66	0,89	0,88	1,02	0,16	0,43	0,23
Пр.Октябрьский - ул. Терешковой	0,48	3,37	0,69	0,65	0,69	0,12	0,42	0,17
ПДКс, мг/м куб.	0,0003	0,04	0,05	3,0	0,000001	0,05	0,003	1,5

Примечание: для каждого вещества взята концентрация, осредненная по всем расчетным точкам на перекрестке

Данные физиологических исследований показали, что у рябины сибирской, как контрольного, так и опытного вариантов максимальная активность пероксидазы отмечается в июле – в период максимальной физиологической активности листьев (рис. 2). У растений, произрастающих вблизи изучаемых перекрестков города, активность фермента существенно возрастает в сравнении с контролем во все сроки наблюдений, причем в большей степени вблизи перекрестка «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев» (за исключением августа) (рис. 2). Так, в июне активность пероксидазы у рябины возросла на 147% и 102%, в июле на 141% и 88% и в августе – на 45% и 112% соответственно на перекре-

стках «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев» и «пр. Октябрьский – ул. Терешковой». Анализ характеристик жизненного состояния рябины сибирской показывает, что вблизи изучаемых перекрестков отмечается хотя и достоверное, но незначительное снижение балла ЖС. Это происходит в основном за счет снижения процента живых ветвей в кроне и в меньшей степени за счет ухудшения других показателей – степени облиственности, количества листьев без некрозов и процента живой площади листа (табл. 2). Тем не менее, как показывают данные таблицы 2, рябина сибирская характеризуется вполне удовлетворительными показателями ЖС – 37-38 баллов (в контроле – 39,4 б).

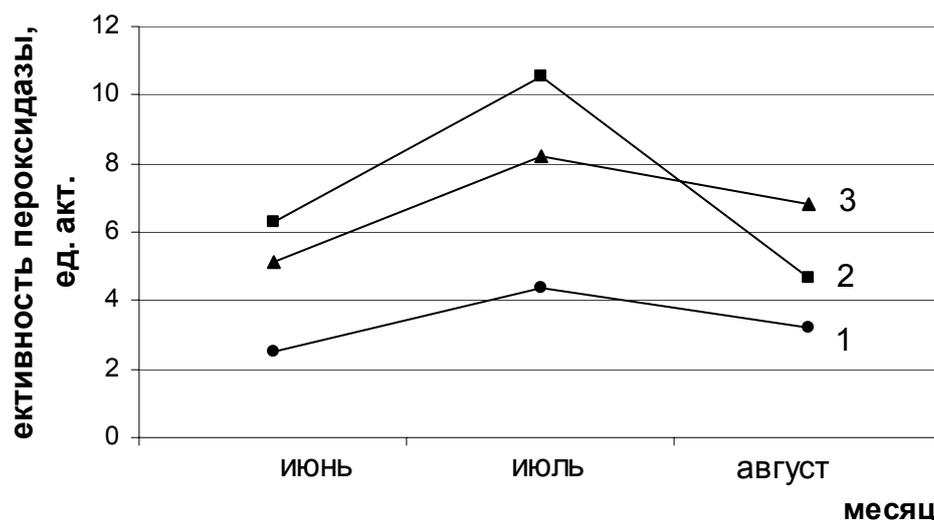


Рис. 2. Активность пероксидазы в листьях рябины сибирской, произрастающей вблизи перекрестков г. Кемерово: 1 – контроль; 2 – перекресток «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев»; 3 – перекресток «пр. Октябрьский – ул. Терешковой»

Таблица 2. Характеристика жизненного состояния рябины сибирской, произрастающей вблизи изучаемых перекрестков г. Кемерово

Постоянные площадки наблюдения	% живых ветвей в кроне	Степень облиственности, %	% живых (без некрозов) листьев в кроне	Средний % живой площади листа,	Жизненное состояние, балл
Контроль	98±0,4	100±0,0	98±0,5	98±0,7	39,4±0,5
Ул. Терешковой – пр. Октябрьский	90±0,6*	95±1,1*	100±0,0	95±1,0*	38,0±0,4*
Ул. Сибиряков Гвардейцев – пр. Кузнецкий	85±0,5*	95±1,2*	95±0,7*	95±1,2*	37,0±0,9*

Примечание: * отмечены достоверные отличия при $p < 0,05$

Выявлена корреляционная связь между активностью пероксидазы в листьях рябины и среднегодовыми концентрациями в воздухе изучаемых перекрестков города соединений свинца ($r=0,67$, $p < 0,05$, $n=27$), диоксида азота ($r=0,62$, $p < 0,05$, $n=27$) и бенз(а)пирена ($r=0,61$, $p < 0,05$, $n=27$). Данные корреляционного анализа позволяют предполагать, что повышение активности пероксидазы (на 88-147%) является ответной реакцией на загрязнение атмосферного воздуха перекрестков соединениями свинца, диоксидом азота и бенз(а)пиреном, которая обеспечивает сопротивляемость организма и способствует обезвреживанию вредных соединений.

Выводы: существующий уровень среднегодового загрязнения изучаемых

перекрестков г. Кемерово выбросами автотранспорта не является критическим для произрастания растений, о чем свидетельствует удовлетворительный показатель жизненного состояния рябины сибирской, а повышение активности пероксидазы (на 88-147%) указывает на высокий детоксикационный потенциал данной древесной породы в отношении выбросов автотранспорта. Результаты полученной работы позволяют рекомендовать рябину сибирскую к более широкому использованию в озеленении перекрестков и магистралей городов, характеризующихся повышенным уровнем загрязнения выбросами автотранспорта с целью оптимизации окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ажиганич, Т.Е.* Проведение сводных расчетов загрязнения атмосферы г. Кемерово для нормирования выбросов и диагностических оценок / *Т.Е. Ажиганич, Т.Г. Алексейченко, А.А. Быков* и др. // В кн. «Экология города. Проблемы. Решения» – труды V городской научно-практической конференции. – Кемерово, 2003. – С. 41-45
2. *Быков, А.А.* Разработка и применение математических моделей для управления чистотой атмосферы по среднегодовым показателям. Автореферат канд. дисс. - М.: Лаборатория мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета и АН СССР, 1988. – 22 с.
3. *Квеситадзе, Г.И.* Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях / *Г.И. Квеситадзе, Г.А. Хатисаишвили, Т.А. Садунишвили, З.Г. Евстигнеева* // М.: Наука, 2005. – 199 с.
4. Климат Кемерово. / под.ред. *С.Д. Кошинского, Ц.А. Шверл*. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 166 с.
5. Материалы к Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2005 году» / Администрация Кемеровской области. – Кемерово: ИНТ, 2006. – 320 с.
6. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. – СПб., 1999. – 85 с.
7. Методика экологической экспертизы предпроектных и проектных материалов по охране атмосферного воздуха, Мин-во охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. – М., 1995. – 54 с.
8. Методика расчета осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ (дополнение к ОНД-86). – С-Пб.: ГГО им. А.И.Воейкова, 2005. – 15 с.
9. *Николаевский, В.С.* Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 275 с.
10. *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, 2 (7) май, 1999. – С. 76-77.
11. *Плешков, Б.П.* Практикум по биохимии растений. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Колос, 1976. – 204 с.
12. *Рачковская, М.М.* Изменение активности некоторых оксидаз как показатель адаптации растений к условиям промышленного загрязнения / *М.М. Рачковская, Л.О. Ким* // Газоустойчивость растений. – Новосибирск: Наука, 1980. – С.117-126.

**PEROXIDASE ACTIVITY AS THE PARAMETER OF
DETOXICATIONAL POTENTIAL OF WOOD PLANTS
IN VEHICLE EMISSIONS ZONE**

© 2009 О.А. Neverova¹, Е.Yu. Kolmogorova¹, А.А. Bykov²

¹ Institutes of Ecology of the Person SB RAS, Kemerovo

² Institute of Coal and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo

The estimation of detoxication potential of Siberian mountain ash on peroxidase activity and parameter of vital condition in vehicle emission local zone is lead. It is established, that the existing level of mid-annual vehicle emissions of studied crossroads in Kemerovo city is not critical for plants growth to what the satisfactory parameter of Siberion mountain ash vital condition testifies, and increase of peroxidase activity (88-147%) specifies on high detoxication potential of the given wood breed concerning vehicle emissions.

Key words: detoxication potential, wood plants, vehicle emissions

*Olga Neverova, Doctor of Biology, Professor, Head
of the Ecological Biomonitoring Laboratory. E-mail:
nev11@yandex.ru*

*Elena Kolmogorova, Candidate of Biology, Research Fellow
Anatoliy Bykov, Candidate of Physics and Mathematics,
Research Fellow*