



ЭКОЛОГИЯ

УДК 502:504.05/06

М.В. Ларионов

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ ФИТОИНДИКАЦИИ

В работе представлены результаты фитоиндикации атмосферного воздуха древесными растениями из группы неустойчивых.

Установлено, что в наибольшей степени подвержены некрозу листья (хвоя) древесных насаждений в городах с высокой техногенной нагрузкой на окружающую среду (Саратов, Кузнецк, Волжский, Димитровград).

Ключевые слова: атмосферный воздух, виды-биоиндикаторы, древесные насаждения, урбанизованная среда.

M.V. Larionov

ATMOSPHERIC AIR CONDITION ANALYSIS IN THE URBAN ENVIRONMENT CONDITIONS WITH THE HELP OF PHYTO-INDICATION

The results of the atmospheric air phyto-indication by unstable sort woody plants are presented in the article. It is determined that woody plantation leaves (needles) are exposed to necrosis in the greatest degree in cities with a high anthropogenic load on the environment (Saratov, Kuznetsk, Volzhskiy, Dimitrovgrad).

Key words: atmospheric air, species-bioindicators, woody plantations, urban environment.

Атмосферный воздух является пограничной средой между почвенным покровом, водной средой и живыми организмами. Поэтому, имея представление об экологических параметрах атмосферного воздуха, можно судить о состоянии окружающей среды в целом, а также о возможных рисках загрязнения сопредельных депонирующих сред.

Многие исследователи рассматривают растения как наиболее чувствительные и надежные индикаторы загрязненности атмосферы [1–3].

Целью исследований, проведенных в 2007–2011 годах, было определение степени загрязненности приземного слоя воздуха в городах Среднего и Нижнего Поволжья (г. Балашов, Саратов, Сердобск, Кузнецк, Камышин, Волжский, Инза, Димитровград) с помощью фитоиндикации древесными растениями, которые относятся к группе неустойчивых [4, 5].

В городах района исследований на пробных площадях размером 2500 м² (50×50 м²) были зарегистрированы и отобраны семь наиболее распространенных видов деревьев 25–30-летнего возраста по общепринятой методике [4, 5]: *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Abies sibirica* Ledeb., *Betula verrucosa* Ehrh., *Aesculus hippocastanum* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus alba* L.

Методы, использованные в работе, основаны на выявлении степени повреждения (некроза) растений токсичными веществами в процентах [4, 5].

Результаты исследований процентов повреждения листьев (хвоинок) на территории г. Балашова (Саратовская область) приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки)
у видов-биоиндикаторов в г. Балашове**

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15	До 50	Свыше 50	
2007	-	7,8±0,23	-	-	1
2008	-	-	17,4±0,68	-	2
2009	-	9,5±0,37	-	-	1
2010	-	-	32,3±1,2	-	2
2011	-	-	19,4±0,46	-	2
Средний балл					1,6

В 2007 году среднеарифметический процент поврежденной площади листа (хвоинки) составил 7,8±0,23, что соответствует категории «слабой» загрязненности (1 балл) атмосферного воздуха. В 2010 и 2011 годах степень загрязненности воздуха достигла «среднего» значения (2 балла): 32,3±1,2 и 19,4±0,46 % соответственно.

В таблице 2 содержатся результаты биоиндикации древесными растениями на территории г. Саратова.

Таблица 2

**Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки)
у видов-биоиндикаторов в г. Саратове**

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15	До 50	Свыше 50	
2007	-	-	21,5±0,65	-	2
2008	-	-	18,2±0,43	-	2
2009	-	-	24,7±0,59	-	2
2010	-	-	-	51,1±1,8	3
2011	-	-	25,6±0,57	-	2
Средний балл					2,2

Из таблицы 2 следует, что в течение всего периода биоиндикационных исследований выявлен «средний» уровень (2,2 балла) площади повреждения листовых пластинок (хвоинок) у видов-биоиндикаторов. Максимум процент повреждения листьев (хвоинок) достиг в 2010 (46,1±1,6 %) и 2011 годах (46,1±1,6 %), что наглядно свидетельствует о возрастании прессинга токсических веществ аэротехногенного происхождения.

В г. Сердобске (Пензенская область) на видах-биоиндикаторах проведены учеты площади поврежденных листьев (хвоинок) и получены соответствующие результаты в процентах, отраженные в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки)
у видов-биоиндикаторов в г. Сердобске**

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15	До 50	Свыше 50	
2007	-	-	16,6±0,73	-	2
2008	-	13,4±0,41	-	-	1
2009	-	11,2±0,28	-	-	1
2010	-	-	23,5±0,86	-	2
2011	-	-	21,1±0,39	-	2
Средний балл					1,6

На территории данного населенного пункта «слабая» степень повреждения листовой поверхности деревьев установлена в 2008 ($13,4 \pm 0,41$) и 2009 ($11,2 \pm 0,28$) годах. В 2007, 2010 и 2011 годах отмечен динамичный рост среднего процента площади повреждения листьев (хвоинок) у древесных растений: $16,6 \pm 0,73$, $23,5 \pm 0,86$ и $21,1 \pm 0,39$ % соответственно для каждого года наблюдений, что соответствует «средней» степени повреждения листовой поверхности (2 балла).

Результаты биоиндикации листьев (хвоинок) растений-биоиндикаторов, произрастающих на территории г. Кузнецка (Пензенская область), представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки) у видов-биоиндикаторов в г. Кузнецке

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15 %	До 50 %	Свыше 50 %	
2007	-	$14,7 \pm 0,62$		-	1
2008	-	-	$21,7 \pm 0,51$	-	2
2009	-	-	$22,3 \pm 0,64$	-	2
2010	-	-	$34,4 \pm 1,2$	-	2
2011	-	-	$29,5 \pm 0,83$	-	2
Средний балл					1,8

«Слабая» степень повреждения листьев (хвоинок) древесных растений из числа биоиндикаторов установлена в 2007 году ($14,7 \pm 0,62$ %). «Средняя» степень повреждения листовой поверхности биоиндикаторов наблюдалась в последующие годы (2008–2011).

В таблице 5 представлены проценты поврежденности листьев (хвоинок) у растений-биоиндикаторов в г. Камышине (Волгоградская область).

Таблица 5

Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки) у видов-биоиндикаторов в г. Камышине

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15	До 50	Свыше 50	
2007		$8,5 \pm 0,31$	-		1
2008			$17,2 \pm 0,56$		2
2009		$14,8 \pm 0,35$			1
2010			$25,6 \pm 0,68$		2
2011			$23,4 \pm 0,57$		2
Средний балл					1,6

На данной территории отчетливо прослеживается следующая общая тенденция: с 2007 ($8,5 \pm 0,31$ % – «слабый» уровень повреждения поверхности листьев) по 2008 год ($17,2 \pm 0,56$ % – «средний» уровень повреждения листовой поверхности) происходило интенсивное увеличение площади поражения листьев (хвоинок), затем в 2009 году ($14,8 \pm 0,35$ % – «слабый» уровень повреждения) она незначительно сократилась и вновь повысилась в 2010 ($25,6 \pm 0,68$ – «средний» уровень повреждения) – 2011 годах ($23,4 \pm 0,57$ % – «средний» уровень антропогенного повреждения листьев деревьев).

Биоиндикационные исследования поврежденной поверхности листьев (хвоинок) древесных растений в пределах г. Волжского (Волгоградская область) позволили получить следующие результаты (табл. 6).

Таблица 6

**Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки)
у видов-биоиндикаторов в г. Волжском**

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15 %	До 50 %	Свыше 50 %	
2007	-	12,3±0,48	-	-	1
2008	-	14,8±0,63	-	-	1
2009	-	-	24,5±0,67	-	2
2010	-	-	-	53,3±1,2	3
2011	-	-	23,8±0,74	-	2
Средний балл					1,8

Как следует из таблицы 6, в 2007–2008 годах средние проценты составили 12,3±0,48 и 14,8±0,63 соответственно, что подтверждает «слабый» уровень повреждения листьев (хвоинок) древесных растений (1 балл). В 2009 и 2011 годах получены «средние» проценты поврежденной поверхности листьев (хвоинок): 24,5±0,67 и 23,8±0,74 % (2 балла), в 2010 году – «высокий» процент некроза листьев (хвоинок).

В таблице 7 отражены результаты биоиндикации поверхности листьев (хвоинок) древесных растений в границах г. Инзы (Ульяновская область).

Таблица 7

**Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки)
у видов-биоиндикаторов в г. Инзе**

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15 %	До 50 %	Свыше 50 %	
2007	-	13,5±0,48	-	-	1
2008	-	11,2±0,43	-	-	1
2009	-	14,4±0,49	-	-	1
2010	-	-	19,7±0,72	-	2
2011	-	-	20,1±0,76	-	2
Средний балл					1,4

В пределах г. Инзы в 2007–2009 годы исследований установлены «слабые» (1 балл) значения процента поврежденной поверхности листьев (хвоинок): 13,5±0,48, 11,2±0,43 и 14,4±0,49. В остальные годы наблюдений отмечен незначительный рост процентов повреждений листовых пластинок (хвоинок), что соответствует «среднему» значению (2 балла).

Распределение процентов поврежденной поверхности листьев растений-биоиндикаторов в пределах г. Димитровграда (Ульяновская область) имеет свою специфику (табл. 8).

Таблица 8

**Результаты учета поврежденной площади листовой пластинки (хвоинки)
у видов-биоиндикаторов в г. Димитровграде**

Год	Процент поврежденной площади к общей площади				Балл
	0	До 15 %	До 50 %	Свыше 50 %	
2007	-	-	15,6±0,62	-	2
2008	-	-	20,4±0,53	-	2
2009	-	9,8±0,39	-	-	1
2010	-	-	24,9±0,84	-	2
2011	-	-	21,7±0,66	-	2
Средний балл					1,8

Результаты таблицы 8 показывают, что «слабый» уровень повреждения поверхности листовых пластинок (хвоинок) установлен у видов-биоиндикаторов в 2009 году ($9,8 \pm 0,39$ %), а «средний» – в остальные годы исследований. Максимальные проценты поврежденной поверхности листьев (хвоинок) биоиндикаторов выявлены в 2010 ($24,9 \pm 0,84$) и 2011 ($21,7 \pm 0,66$) годах.

Таким образом, в период с 2007 по 2011 год происходило увеличение поврежденной поверхности листьев (хвоинок) у древесных растений-биоиндикаторов во всех рассмотренных городах. В 2010 году отмечен резкий рост площади повреждений листьев (хвоинок), что можно объяснить усилившимся прессингом техногенных загрязнителей атмосферы в комплексе с установившейся на продолжительный срок (июль-август) аномально высокой температуры воздуха в Среднем и Нижнем Поволжье.

Максимальная площадь поврежденной поверхности листьев (хвоинок) характерна городам Саратову (2,2 балла), Кузнецку (1,8 баллов), Волжскому (1,8 баллов) и Димитровграду (1,8 баллов). Состояние атмосферного воздуха в этих городах оценивается как напряженное.

На территории городов Балашова (1,6 баллов), Сердобска (1,6 баллов), Камышина (1,6 баллов) и Инзы (1,4 балла) листья (хвоинки) подвергались аэротехногенному прессингу в относительно меньшей степени.

Учитывая выявленную тенденцию к значительному увеличению площади поврежденных листьев (хвои) древесных насаждений и устойчивый рост концентраций поллютантов в атмосферном воздухе в последние годы, правомерно утверждать, что листья (хвои) древесных насаждений в дальнейшем продолжат интенсивно повреждаться и деградировать. Это вызывает экологическую проблему нарушения существующей структуры насаждений и, следовательно, снижение суммарной способности древесных насаждений аккумулировать загрязняющие вещества из воздуха.

Наиболее подверженными воздействию техногенных химических загрязнений оказались представители хвойных: *P. sylvestris* L. (самый неустойчивый к загрязнению воздуха вид), *A. sibirica* Ledeb. и *P. abies* (L.) Karst. Из лиственных пород наименее устойчивыми к загрязнениям атмосферного воздуха являются *B. verrucosa* Ehrh., *A. hippocastanum* L., *P. alba* L.

Виды древесных растений-биоиндикаторов в условиях урбанизированной среды Среднего и Нижнего Поволжья можно расположить в следующем порядке по уменьшению устойчивости к техногенному фактору: *R. pseudoacacia* L. → *P. alba* L. → *A. hippocastanum* L. → *B. verrucosa* Ehrh. → *P. abies* (L.) Karst. → *A. sibirica* Ledeb. → *P. sylvestris* L.

Литература

1. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
2. Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45–50.
3. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. – Киев: Наук. думка, 1971. – 146 с.
4. Мониторинг состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы / Е.Г. Мозолевская [и др.] // Экология большого города: альм. Вып.2. Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – М.: Прима-Пресс, 1997. – 176 с.
5. Сергейчик С.А. Древесные растения и окружающая среда. – Минск: Ураджай, 1985. – 111 с.

