

## ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА РАЗВИТИЕ КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО И СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ

Г.В. Пироговская<sup>1</sup>, С.С. Хмелевский<sup>1</sup>, Л.Ф. Кабашникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Растения в городах выполняют целый ряд важнейших функций, которые связаны с улучшением рекреационных, санитарно-защитных свойств и архитектурно-эстетических условий городской территории. Поглощая токсичные соединения растений обезвреживают загрязненный воздух, выделяя фитонциды, и оказывают положительное эмоциональное воздействие на городское население [1,2].

Условия произрастания зеленых насаждений в городах существенно отличаются от естественных. Растения испытывают неблагоприятное воздействие комплекса негативных факторов: загрязнение атмосферного воздуха, переуплотнение почвы, механические повреждения кроны и комлевой части стволов деревьев, увеличение дорожной сети и т.д. Одним из наиболее значимых факторов является загрязнение почв выбросами автотранспорта и промышленных предприятий [1,2,3].

При этом наибольшую антропогенную нагрузку испытывают придорожные древесные посадки по сравнению с деревьями, растущими в других ландшафтных структурах города (парках, скверах, дворовых посадках и др.). Автотранспорт привносит в почву различного рода загрязняющие вещества, в перечень которых входят и тяжелые металлы. Они способны не только в избыточных количествах накапливаться в растениях, но и при определенных условиях угнетать их рост и развитие [4,5,6].

Согласно проведенным исследованиям выявлено, что тяжелые металлы отрицательно влияют на активность в растениях ряда ферментов, тем самым, изменяя их химический состав [7].

Выявлена направленность негативных изменений ассимиляционного аппарата – после поражения растений тяжелыми металлами отмечается появление хлорозных пятен, которые через некоторое время сменяются некрозами, затем происходит скручивание или засыхание листьев. Результаты вегетативных опытов также показали слабое развитие корневой системы древесных растений в условиях хронического загрязнения почвы тяжелыми металлами [8].

Применение средств химизации (минеральных и органических удобрений, мелиорантов, регуляторов роста растений и др.) при уходе за городскими древесными насаждениями является обязательным агротехническим приемом, а также одним из условий повышения устойчивости древесных насаждений к загрязнению почв тяжелыми металлами и другим экстремальным факторам среды.

Целью наших исследований являлось определение загрязнения почвы отдельными тяжелыми металлами (свинцом, цинком и медью) в опыте с кленом остролистным, а также изучение влияния новых форм удобрений, мелиоранта на состояние древесных насаждений (биохимические показатели, прирост верхушечного и боковых побегов) клена остролистного.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки содержания химических элементов в почве и зеленых насаждениях был заложен полевой опыт (2006-2008 гг.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощных лессовидных суглинках почве, на озелененной территории вдоль МКАД по ул. Стебенева (ОАО «Рыбокомплекс», г. Минск). Опыт включал 25 вариантов, по 16 деревьев клена остролистного (*Acer platanoides L.*), в каждом варианте, всего в опыте 400 деревьев.

В качестве агротехнических приемов применяли стандартные и новые формы комплексных удобрений (хлорсодержащих и бесхлорных) с добавками микроэлементов, или микроэлементов и биологически активных веществ и мелиорант на основе фосфогипса (по патенту РБ № 6360).

Удобрения стандартные (ст.) и комплексные (хлорсодержащие и бесхлорные) вносились под деревья клена остролистного ежегодно (в ранневесенний период – апрель), а мелиорант на основе фосфогипса – только в первый год исследований (2006 г.) в этот же период.

Почвенные образцы отбирались по почвенному профилю, ориентированному перпендикулярно направлению автомобильной дороги, на расстоянии 30, 50 и 90 м от автомобильной дороги. Отбор почвенных образцов производился с верхнего горизонта (0-25 см) в весенний (апрель) и осенний (октябрь) период, в которых определяли содержание подвижных форм тяжелых металлов (свинец,

медь и цинк) в 1 М НСl методом атомно-адсорбционной спектрометрии [9]. Определение значений контролируемых показателей проводилось по действующим общепринятым в почвоведении и агрохимии методам исследований, соответствующим ГОСТ или ОСТ.

На вышеуказанных отдалениях от автомобильной дороги производился отбор (май, июнь, август, сентябрь-октябрь) растительных проб (листьев) зеленых насаждений, в которых определяли содержание тяжелых металлов – атомно-абсорбционным методом, содержание хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов – спектроскопическим методом в ацетоновых экстрактах из листьев [10].

В статье приводятся данные по содержанию тяжелых металлов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и листьях клена остролистного, по тем вариантам, где изучалось влияние агротехнических приемов на изменение содержания пластидных пигментов в листьях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опыте на озелененной территории вдоль МКАД (Рыбокомплекс) содержание тяжелых металлов в почве приводится за время исследований: 2006 г. (весна), 2008 г. (весна) на расстояниях 30, 50 и 90 м от автомобильной дороги в слое почвы 0-25 см (табл. 1). На этих же расстояниях изучалась оценка состояния древесных насаждений (листьев) по содержанию тяжелых металлов.

Таблица 1

### Содержание подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2006-2008 гг.

Варианты	Содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг (экстрагент 1 М НСl)					
	30 м от автодороги			50 м от автодороги		
	2006 г.	2008 г.	2008 +/- к 2006 г.	2006 г.	2008 г.	2008 +/- к 2006 г.
<b>Свинец</b>						
Контроль - без удобрений	4,58	5,02	0,44	6,10	5,72	-0,38
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	5,44	5,71	0,27	6,34	5,70	-0,64
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	5,18	4,79	-0,39	6,73	5,99	-0,74
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	5,78	4,53	-1,25	6,85	5,84	-1,01
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	5,71	4,73	-0,98	6,12	5,60	-0,52
НСР <sub>05</sub>	0,27	0,32	0,35	0,35	0,29	0,41
ОДК	более 25,0 мг/кг почвы					
<b>Цинк</b>						
Контроль - без удобрений	5,04	5,62	0,58	7,80	8,00	0,20
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	5,91	6,21	0,30	7,71	7,43	-0,28
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	6,07	6,19	0,12	7,28	6,92	-0,36
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	5,90	6,05	0,15	7,40	7,34	-0,06
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	7,75	7,99	0,24	9,94	8,51	-1,43
НСР <sub>05</sub>	0,33	0,36	0,42	0,43	0,38	0,51
ОДК	более 18,0 мг/кг почвы					
<b>Медь</b>						
Контроль - без удобрений	2,87	2,76	-0,11	2,08	1,84	-0,24
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	2,04	1,72	-0,32	2,35	2,12	-0,23
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	2,61	2,23	-0,38	2,54	2,08	-0,46
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	2,85	2,67	-0,18	3,20	3,45	-0,25
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	2,76	2,28	-0,48	3,95	2,64	-1,31
НСР <sub>05</sub>	0,16	0,12	0,18	0,18	0,13	0,20
ОДК	более 13,5 мг/кг почвы					

Данные, приведенные в табл. 1 показывают, что на начало исследований на месте закладки полевого опыта с кленом остролистным не наблюдалось превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) на расстоянии 30, 50 м от автодороги по свинцу, цинку и меди в слое почвы 0-25 см. Сравнительная оценка исходных показателей с показателями 2008 г. по вариантам опыта свидетельствует, что применение агротехнических приемов (стандартных и новых форм удобрений с добавками регулятора роста растений «эпин», микроэлементов, а также мелиорантов на основе фосфогипса на фоне NPK) обеспечило в большей степени снижение содержания тяжелых металлов в почве, по сравнению с контрольным вариантом без применения минеральных удобрений. Аналогичные закономерности наблюдаются и на расстоянии 90 м от автомобильной дороги.

Применение комплекса агротехнических мероприятий оказало влияние и на содержание этих тяжелых металлов в листьях клена остролистного (табл. 2-4).

Таблица 2

**Содержание свинца в листьях клена обыкновенного, 2006-2007 гг.**

Расстояние от автодороги, м	Номер варианта	Содержание в листьях, мг/кг сухого вещества						
		весна				осень		
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее	2006 г.	2007 г.	среднее
30 м	Контроль без удобрений	3,39	3,00	3,29	<b>3,23</b>	5,31	5,97	<b>5,64</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	3,38	3,18	3,25	<b>3,27</b>	4,40	3,61	<b>4,01</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	3,31	3,10	3,19	<b>3,20</b>	3,92	3,48	<b>3,70</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, В, Zn, Fe, Mo	3,54	3,22	3,27	<b>3,34</b>	4,40	4,87	<b>4,64</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	3,78	3,38	3,39	<b>3,52</b>	4,43	4,10	<b>4,27</b>
50 м	Контроль без удобрений	3,32	3,11	3,20	<b>3,21</b>	5,60	5,61	<b>5,61</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	3,81	3,56	3,62	<b>3,66</b>	4,01	4,98	<b>4,50</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	3,79	3,45	3,49	<b>3,58</b>	4,01	4,86	<b>4,44</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, В, Zn, Fe, Mo	3,47	3,16	3,27	<b>3,30</b>	4,44	4,39	<b>4,42</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	3,76	3,42	3,51	<b>3,56</b>	4,20	4,18	<b>4,19</b>
90 м	Контроль без удобрений	3,67	3,51	3,55	<b>3,58</b>	7,51	6,12	<b>6,82</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	3,76	3,31	3,40	<b>3,49</b>	5,80	5,34	<b>5,57</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	3,62	3,19	3,24	<b>3,35</b>	5,42	5,44	<b>5,43</b>
НСР <sub>05</sub>		0,18	0,16	0,19	<b>0,26</b>	0,27	0,29	<b>0,34</b>

Известно, что свинец не играет специфической биологической роли и поглощается организмами пассивно. Накопление его в тканях растений ведет к снижению интенсивности процессов окисления, фотосинтеза и метаболизма жиров. Одновременно свинец вызывает уменьшение количества поглощаемой воды и увеличение потребности в кислороде, замедляет рост растений и даже приводит к гибели растений [4].

Полученные нами данные свидетельствуют о сезонном колебании содержания свинца в листьях клена остролистного, при этом его наибольшее содержание отмечалось в осенний период (в 1,16-1,91 раз) в зависимости от вариантов опыта. Следует также отметить, что не выявлено существенной разницы в содержании свинца в листьях клена остролистного в годы исследований в весенний период. При этом выявлена тенденция снижения содержания свинца в осенний период в листьях клена, в вариантах со стандартными и новыми формами удобрений и мелиоранта на всех расстояниях от автомобильной дороги, по сравнению с контрольными вариантами. На данном объекте исследований не наблюдается снижения содержания свинца в листьях клена остролистного, а даже незначительное увеличение по мере удаления от автомобильной дороги, что, по-видимому, связано с близким расположением промышленных предприятий.

Медь – является биофильным элементом, необходимым для растений. Вместе с тем повышенное ее содержание в тканях растений снижает интенсивность дыхания, образование

хлорофилла и активность некоторых пигментов. Отмечается также меньшая подвижность в растениях по сравнению с другими элементами [4].

В опыте с кленом остролистным отмечено в 2006 г. более высокое содержание меди в листьях клена весной (1,15-3,06 раза), по сравнению с 2007-2008 гг. При этом следует отметить, что самое высокое содержание меди, а также цинка, в 2006 г. отмечалось на расстоянии 30 и 50 м от автомобильной дороги, что, по-видимому, связано с выбросами как автомобильного транспорта, так и промышленных предприятий (в частности, керамических производств). Содержание меди в листьях клена остролистного в осенний период в годы исследований различается незначительно (табл. 3, 4).

Таблица 3

**Содержание меди в листьях клена обыкновенного, 2006-2007 гг.**

Расстояние от автодороги, м	Номер варианта	Содержание в листьях, мг/кг сухого вещества						
		весна				осень		
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее	2006 г.	2007 г.	среднее
30 м	Контроль без удобрений	11,17	4,18	4,52	<b>6,62</b>	6,50	5,90	<b>6,20</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	11,07	4,57	4,54	<b>6,73</b>	4,11	5,28	<b>4,70</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	11,01	3,97	4,23	<b>6,40</b>	3,73	4,21	<b>3,97</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	11,15	4,11	4,19	<b>6,48</b>	4,53	3,07	<b>3,80</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	11,17	3,65	4,13	<b>6,32</b>	3,82	3,89	<b>3,86</b>
50 м	Контроль без удобрений	10,56	4,97	5,07	<b>6,87</b>	6,19	5,59	<b>5,89</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	10,46	4,71	4,89	<b>6,69</b>	5,53	5,46	<b>5,50</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	10,50	4,87	4,85	<b>6,74</b>	4,96	5,90	<b>5,43</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	10,36	3,98	4,13	<b>6,16</b>	4,24	4,32	<b>4,28</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	10,51	4,61	4,78	<b>6,63</b>	4,55	4,71	<b>4,63</b>
90 м	Контроль без удобрений	6,42	6,59	6,48	<b>6,50</b>	9,43	7,91	<b>8,67</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	6,32	5,44	5,50	<b>5,75</b>	6,44	6,23	<b>6,34</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	6,45	4,92	5,11	<b>5,49</b>	4,87	5,01	<b>4,94</b>
НСР <sub>05</sub>	-	0,34	0,26	0,27	<b>0,45</b>	0,30	0,31	<b>0,37</b>

Таблица 4

**Содержание цинка в листьях клена обыкновенного, 2006-2007 гг.**

Расстояние от автодороги, м	Номер варианта	Содержание в листьях, мг/кг сухого вещества						
		весна				осень		
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее	2006 г.	2007 г.	среднее
30 м	Контроль без удобрений	43,68	21,83	23,38	<b>29,63</b>	29,10	28,10	<b>28,60</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	43,62	21,82	23,27	<b>29,57</b>	28,30	25,44	<b>26,87</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	43,58	18,41	19,99	<b>27,33</b>	20,50	21,22	<b>20,86</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	43,59	21,34	22,87	<b>29,27</b>	25,25	24,26	<b>24,76</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	43,61	16,25	19,68	<b>26,51</b>	28,55	19,01	<b>23,78</b>
50 м	Контроль без удобрений	31,36	20,63	22,59	<b>24,86</b>	24,00	23,87	<b>23,94</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	31,30	19,02	21,11	<b>23,81</b>	20,60	20,31	<b>20,46</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	31,31	18,59	20,16	<b>23,35</b>	21,35	20,49	<b>20,92</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	31,29	16,10	17,12	<b>21,50</b>	17,25	18,10	<b>17,68</b>

	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	31,31	16,20	17,03	<b>21,51</b>	16,90	17,13	<b>17,02</b>
90 м	Контроль без удобрений	15,56	16,42	17,58	<b>16,52</b>	22,60	17,41	<b>20,0</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	15,54	14,99	15,6	<b>15,38</b>	20,30	15,44	<b>17,87</b>
	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	15,50	14,78	15,62	<b>15,30</b>	19,95	14,78	<b>17,37</b>
HCP <sub>05</sub>	-	1,62	0,85	1,20	<b>1,96</b>	1,18	1,10	<b>1,41</b>

Установлена аналогичная закономерность по снижению содержания меди на 0,39-3,73 мг/кг сухого вещества (в зависимости от вариантов опыта и удаления от автодороги), как и свинца, в вариантах с внесением удобрений и мелиоранта, по сравнению с контрольными вариантами без их внесения (табл.3).

Цинк является биофильным элементом. При избыточных его концентрациях в растении наблюдается недоразвитие органов и тканей, карликовость, подавление роста, угнетение накопления биомассы, межжилковые хлорозы с последующим пожелтением и покраснением листьев, некрозы, снижение поглощения воды [4].

Данные, приведенные в табл. 4, показывают, что содержание цинка в листьях в 2006-2008 гг. в опыте с кленом остролистным находилось в пределах 14,78 – 43,68 мг/кг сухого вещества. При этом отмечается на удалении 30-50 м от автодороги в весенний период 2006 г. более высокое его содержание в 1,52 – 2,37 раза, по сравнению с 2007 г. и в 1,39-2,22 раза – с 2008 г. Полученные данные по сезонному содержанию цинка в листьях клена остролистного весьма противоречивы. Вместе с тем, выявлена аналогичная закономерность положительного влияния новых форм удобрений и мелиоранта на поступление цинка в растения клена остролистного, как по свинцу и меди.

Влияние новых форм удобрений и мелиоранта на изменение пигментного аппарата клена остролистного в условиях влияния МКАД приведены в табл. 5.

Таблица. 5.

**Содержание пигментов в листьях опыте с кленом обыкновенным, 2007-2008 гг.**

Показатели, мг/г	Июнь					Август				
	Контроль без удобрений	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	Контроль без удобрений	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)
30 м от автодороги										
Хлорофилл а	0,89 ± 0,22	1,38 ± 0,08	1,19 ± 0,23	2,25 ± 0,09	1,75 ± 0,20	1,00 ± 0,17	1,47 ± 0,14	1,71 ± 0,17	2,10 ± 0,06	2,21 ± 0,03
Хлорофилл b	0,33 ± 0,09	0,64 ± 0,10	0,85 ± 0,27	0,88 ± 0,07	0,71 ± 0,10	0,43 ± 0,07	0,57 ± 0,05	0,63 ± 0,07	0,84 ± 0,04	0,92 ± 0,03
Хлорофилл (a + b)	1,22 ± 0,30	2,02 ± 0,18	2,04 ± 0,26	3,13 ± 0,16	2,46 ± 0,30	1,43 ± 0,24	2,04 ± 0,20	2,34 ± 0,22	2,95 ± 0,10	3,13 ± 0,04
Каротиноиды	0,36 ± 0,07	0,47 ± 0,09	0,54 ± 0,11	0,68 ± 0,04	0,61 ± 0,09	0,34 ± 0,04	0,49 ± 0,04	0,56 ± 0,07	0,64 ± 0,01	0,74 ± 0,02
Хлорофилл а/ Хлорофилл b	2,73 ± 0,04	2,19 ± 0,25	1,84 ± 0,27	2,56 ± 0,11	2,48 ± 0,11	2,33 ± 0,10	2,56 ± 0,02	2,70 ± 0,16	2,50 ± 0,06	2,40 ± 0,05
Хлорофилл (a+b)/ Каротиноиды	3,39 ± 0,13	4,49 ± 0,21	4,20 ± 0,31	4,58 ± 0,23	4,03 ± 0,11	4,22 ± 0,30	4,19 ± 0,15	4,16 ± 0,18	4,63 ± 0,07	4,23 ± 0,14
Хлорофилл (a + b), (%)	<b>100</b>	<b>171,6</b>	<b>167,5</b>	<b>256,2</b>	<b>201,8</b>	<b>100</b>	<b>142,5</b>	<b>163,2</b>	<b>205,7</b>	<b>218,4</b>
Каротиноиды, (%)	<b>100</b>	<b>143,5</b>	<b>150,3</b>	<b>191,6</b>	<b>172,2</b>	<b>100</b>	<b>144,2</b>	<b>167,1</b>	<b>188,7</b>	<b>219,6</b>
50 м от автодороги										

Хлорофилл <i>a</i>	0,99 ± 0,06	1,24 ± 0,06	1,53 ± 0,10	2,00 ± 0,12	1,79 ± 0,09	1,24 ± 0,08	1,30 ± 0,07	1,69 ± 0,15	1,78 ± 0,19	2,40 ± 0,14
Хлорофилл <i>b</i>	0,38 ± 0,03	0,46 ± 0,02	0,58 ± 0,03	0,74 ± 0,06	0,66 ± 0,05	0,49 ± 0,03	0,52 ± 0,02	0,69 ± 0,11	0,68 ± 0,14	0,93 ± 0,11
Хлорофилл ( <i>a+b</i> )	1,37 ± 0,09	1,70 ± 0,07	2,10 ± 0,15	2,75 ± 0,18	2,45 ± 0,14	1,73 ± 0,10	1,82 ± 0,09	2,38 ± 0,16	2,45 ± 0,13	3,33 ± 0,15
Каротиноиды	0,36 ± 0,02	0,37 ± 0,03	0,50 ± 0,02	0,67 ± 0,04	0,58 ± 0,03	0,38 ± 0,03	0,47 ± 0,10	0,52 ± 0,10	0,52 ± 0,09	0,68 ± 0,07
Хлорофилл <i>a</i> / Хлорофилл <i>b</i>	2,61 ± 0,10	2,72 ± 0,07	2,66 ± 0,08	2,70 ± 0,09	2,71 ± 0,05	2,54 ± 0,02	2,48 ± 0,05	2,47 ± 0,07	2,61 ± 0,10	2,59 ± 0,08
Хлорофилл ( <i>a+b</i> )/ Каротиноиды	3,80 ± 0,18	4,64 ± 0,26	4,17 ± 0,15	4,13 ± 0,27	4,19 ± 0,16	4,62 ± 0,20	4,10 ± 0,21	4,65 ± 0,23	4,74 ± 0,23	4,89 ± 0,04
Хлорофилл ( <i>a+b</i> ), (%)	<b>100</b>	<b>124,0</b>	<b>153,6</b>	<b>200,9</b>	<b>178,9</b>	<b>100</b>	<b>104,9</b>	<b>137,2</b>	<b>141,5</b>	<b>191,9</b>
Каротиноиды, (%)	<b>100</b>	<b>103,1</b>	<b>140,0</b>	<b>185,6</b>	<b>162,2</b>	<b>100</b>	<b>123,6</b>	<b>136,9</b>	<b>137,4</b>	<b>180,4</b>

При анализе контрольных растений (без удобрений) в июне установлено, что содержание каротиноидов в листьях клена остролистного было практически одинаково в трех разноудаленных от автомагистралей участках опыта (30 м, 50 м, 90 м), в то время как содержание хлорофилловых пигментов (хлорофиллов *a* и *b*) снижалось по мере приближения к автострате. При этом в листьях деревьев, расположенных в 30 м от МКАД, содержание суммарного хлорофилла было снижено на 16% по сравнению с растениями, удаленными на 90 м. В результате наблюдалось снижение соотношения хлорофилловых пигментов и каротиноидов в листьях клена вблизи автомагистрали. Известно, что в стрессовых условиях каротиноиды являются фотопротекторами и защищают аппарат фотосинтеза от развития деструктивных процессов в мембранах хлоропластов [11,12]. Возможно, более медленное снижение содержания каротиноидов в листьях клена остролистного является определенной защитной реакцией пигментного аппарата на воздействие ионов тяжелых металлов.

Вместе с тем, проведенный в конце лета (август) анализ этих показателей не выявил закономерностей, установленных в более ранний период развития растений, что может быть связано с началом процессов старения и разрушением пигментного фонда.

Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии новых форм удобрений и мелиоранта (табл. 5) на содержание пигментов (хлорофилл *a*, хлорофилл *b* и каротиноидов) в листьях клена остролистного. Количество фотосинтетических пигментов по всем вариантам опыта превышало уровень контроля (без удобрений) на 103,2-289,7%. Следует также отметить, что защитный эффект примененных агротехнических приемов на пигментный аппарат клена наиболее сильно проявлялся на расстоянии 30 м и был менее выражен в вариантах опыта на большем удалении от МКАД. При использовании удобрений и мелиоранта в июне отмечено увеличение отношения «хлорофилл (*a+b*)/каротиноиды» за счет преимущественного повышения содержания хлорофилловых пигментов в листьях клена независимо от расположения посадок. В августе такие изменения отмечены только при использовании комплексного удобрения NPK с Mg, B, Zn, Fe, Mo (в дозе N<sub>80</sub>P<sub>43</sub>K<sub>105</sub>) на расстоянии 30 м и 50 м от источника загрязнения и мелиоранта в дозе 3,5 т/га на фоне N<sub>80</sub>P<sub>43</sub>K<sub>105</sub> на расстоянии 50 м и 90 м от МКАД. Полученные данные свидетельствуют о нормализации процессов биосинтеза фотосинтетических пигментов, при использовании новых форм удобрений и мелиоранта в листьях клена остролистного, в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Растения в городских условиях находятся под постоянным стрессовым воздействием и вынуждены адаптироваться к нему с помощью биохимических и анатомо-морфологических перестроек. Основными морфометрическими признаками ослабления деревьев, испытывающими влияние техногенного загрязнения и антропогенной нагрузки, служат: уменьшение прироста ствола по высоте и диаметру, замедление роста боковых побегов и их отмирание, преждевременное пожелтение и опадение листьев, появление хлорозов и некрозов листьев и др. [2].

Данные по влиянию новых форм удобрений и мелиоранта на прирост верхушечного и боковых побегов клена остролистного приведены в табл. 6-7.

**Влияние различных доз минеральных удобрений на рост и развитие верхушечного побега клена остролистного, 2006-2008 гг.**

Вариант	Высота растений, см (среднее из 8 растений)		14.09.06 +/- к 12.06.06	Высота растений, см (из 8 растений)	20.09.07 +/- к 12.06.06	Высота растений, см (из 8 растений)	17.11.08 +/- к 12.06.06
	12.06.06	14.09.06					
<b>Влияние на рост верхушечного побега</b>							
<b>30 м от автодороги</b>							
Контроль без удобрений	267	285	<b>18</b>	313	<b>46</b>	337	<b>70</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	260	279	<b>19</b>	311	<b>51</b>	342	<b>82</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	254	275	<b>21</b>	314	<b>60</b>	350	<b>96</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	292	315	<b>23</b>	354	<b>62</b>	393	<b>101</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	289	311	<b>22</b>	352	<b>63</b>	392	<b>103</b>
НСР <sub>05</sub>	14,16	16,70	<b>18,44</b>	17,42	<b>20,10</b>	18,50	<b>21,04</b>
<b>50 м от автодороги</b>							
Контроль без удобрений	260	277	<b>17</b>	305	<b>48</b>	333	<b>73</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	266	286	<b>20</b>	317	<b>52</b>	354	<b>88</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	258	279	<b>21</b>	318	<b>64</b>	361	<b>103</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	273	296	<b>23</b>	336	<b>62</b>	378	<b>105</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	267	290	<b>23</b>	329	<b>65</b>	374	<b>107</b>
НСР <sub>05</sub>	16,42	16,56	<b>20,17</b>	18,26	<b>22,49</b>	19,44	<b>22,64</b>
<b>90 м от автодороги</b>							
Контроль без удобрений	259	279	<b>20</b>	306	<b>47</b>	334	<b>75</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	261	284	<b>23</b>	318	<b>57</b>	349	<b>88</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	254	279	<b>25</b>	319	<b>65</b>	358	<b>104</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, B, Zn, Fe, Mo	270	295	<b>25</b>	335	<b>65</b>	380	<b>110</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	258	284	<b>26</b>	324	<b>66</b>	372	<b>114</b>
НСР <sub>05</sub>	16,14	16,77	<b>20,30</b>	17,62	<b>21,00</b>	18,99	<b>22,17</b>

Результаты исследований в опыте с кленом остролистным свидетельствуют о положительном влиянии как смеси стандартных удобрений, так и новых форм удобрений и мелиоранта на прирост верхушечного побега на разных удалениях от автомобильной дороги. Например, прирост на контрольных вариантах изменялся в пределах от 70 см (30 м от дороги) до 75 см (90 м), в вариантах со смесью стандартных туков – 82-88 см, с новыми формами удобрений – 96-110 см, с внесением мелиоранта – 103-114 см. Следует также отметить, что по мере удаления от автомобильной дороги увеличивается прирост верхушечного побега (табл. 6).

Аналогичные положительные закономерности удобрений и мелиоранта отмечены и на прирост боковых побегов клена остролистного (табл. 7).

Таблица 7

**Влияние различных доз минеральных удобрений на рост и развитие боковых побегов клена остролистного, 2006-2008 гг.**

Вариант	Высота растений, см (из 8 растений)		14.09.06 +/- к 12.06.06	Высота растений, см (из 8 растений)	20.09.07 +/- к 12.06.06	Высота растений, см (из 8 растений)	17.11.08 +/- к 12.06.06
	12.06.06	14.09.06					
<b>Влияние на рост боковых побегов</b>							
<b>30 м от автодороги</b>							
Контроль без удобрений	19,0	22,6	<b>3,6</b>	36,7	<b>17,7</b>	49,6	<b>30,6</b>

N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	17,1	21,3	<b>4,2</b>	36,8	<b>19,7</b>	52,2	<b>35,1</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	17,8	22,6	<b>4,8</b>	40,6	<b>22,8</b>	60,4	<b>42,6</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, В, Zn, Fe, Мо	18,3	23,4	<b>5,1</b>	50,6	<b>32,3</b>	69,7	<b>51,4</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	18,7	24,3	<b>5,6</b>	50,1	<b>31,4</b>	73,8	<b>55,1</b>
НСП <sub>05</sub>	1,12	1,30	<b>1,45</b>	2,36	<b>2,00</b>	3,11	<b>2,47</b>
50 м от автодороги							
Контроль без удобрений	16,4	20,4	<b>4,0</b>	34,3	<b>17,9</b>	47,5	<b>31,1</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст. удобрений)	17,0	21,4	<b>4,4</b>	36,1	<b>19,1</b>	51,9	<b>34,9</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	19,7	24,8	<b>5,1</b>	43,5	<b>23,8</b>	61,9	<b>42,2</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, В, Zn, Fe, Мо	16,9	22,5	<b>5,6</b>	49,0	<b>32,1</b>	66,6	<b>49,7</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	21,4	27,4	<b>6,0</b>	52,9	<b>31,5</b>	74,3	<b>52,9</b>
НСП <sub>05</sub>	1,26	1,51	<b>1,66</b>	2,59	<b>2,74</b>	3,26	<b>3,38</b>
90 м от автодороги							
Контроль без удобрений	17,3	21,7	<b>4,4</b>	35,4	<b>18,1</b>	49,7	<b>32,4</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> (смесь ст)	16,4	21,3	<b>4,9</b>	36,4	<b>20,0</b>	54,2	<b>37,8</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>92</sub> + Эпин (доза 2)	18,1	24,3	<b>6,2</b>	46,8	<b>28,7</b>	75,6	<b>57,5</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> с Mg, В, Zn, Fe, Мо	17,6	23,3	<b>5,7</b>	50,4	<b>32,8</b>	76,8	<b>59,2</b>
N <sub>80</sub> P <sub>43</sub> K <sub>105</sub> и мелиорант (3,5 т/га)	18,7	24,7	<b>6</b>	50,6	<b>31,9</b>	78,8	<b>60,1</b>
НСП <sub>05</sub>	1,18	1,59	<b>1,63</b>	2,42	<b>2,56</b>	3,55	<b>3,65</b>

Прирост боковых побегов за три года (2006-2008 гг.) составил на контрольных вариантах на расстоянии 30 м от дороги – 30,6 см, 50 м – 31,1 см, 90 м – 32,4 см, соответственно в варианте со смесью стандартных туков – 35,1, 34,9, 37,8 см, с новыми формами удобрений – 42,2-59,2 см, с мелиорантом – 52,9-60,1 см.

## ВЫВОДЫ

1. На озелененной территории вдоль МКАД по ул. Стебенева (ОАО «Рыбокомплекс») не выявлено четкого изменения распределения свинца, цинка и меди (слой почвы 0-25 см) в зависимости от удаления от автодороги, что, по-видимому, связано с близким расположением промышленных предприятий.

2. Применение агротехнических приемов (стандартных и новых форм удобрений с добавками регулятора роста растений «эпин», микроэлементов, а также мелиоранта на основе фосфогипса на фоне NPK) обеспечивает снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве на разных удалениях от автомобильной дороги, по сравнению с контрольными вариантами без их применения.

3. Выявлено положительное влияние новых форм удобрений и мелиоранта на снижение поступления тяжелых металлов (свинец, медь и цинк) в листья клена остролистного, что особенно хорошо прослеживается в осенний период.

4. При использовании новых форм удобрений и мелиоранта в опыте с кленом остролистным возрастает содержание пластидных пигментов (хлорофилла *a* + хлорофилла *b* и каротиноидов) по всем вариантам опыта по сравнению с вариантом без их использования.

5. Применение агротехнических приемов (внесение удобрений и мелиоранта) способствует увеличению прироста как верхушечного, так и боковых побегов клена остролистного по сравнению с вариантом без их применения. При этом наибольший прирост достигается при использовании комплексного удобрения NPK с Mg, В, Zn, Fe, Мо и мелиоранта в дозе 3,5 т/га на фоне NPK.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатова, А.С. Экология города / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов. – Москва: Научный мир, 2004. – 624 с.
2. Шергина, О.В., Михайлова, Т.А. Состояние древесных растений и почвенного покрова парковых и лесопарковых зон г. Иркутска / О.В. Шергина, Т.А. Михайлова. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2007. – 200с.
3. Якубов, Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений Москвы / Х.Г. Якубов. – Москва: ООО “Стагирит – Н”, 2005. – 264 с.
4. Синющенко, И.М. Экологические аспекты загрязнения почв пониженных форм рельефа крупного города тяжелыми металлами (на примере г. Брянска) / И.М. Синющенко // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. – 2004.– №10. – С. 27-43.
5. Капелькина, Л.П. Экологическое состояние почв озелененных транспортных магистралей Санкт-Петербурга / Л.П. Капелькина, Л.Г. Бакина, Т.В. Бардина // Экология большого города. – Москва, 2001. – Вып. 5: Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – С. 91-96.
6. Ясовеев, М. Г. Экология урбанизированных территорий: пособие / М. Г. Ясовеев, Н. Л. Стреха, Д. А. Пацыкайлик. – Минск: БГПУ, 2007. – 254 с.
7. Головатый, С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С.Е. Головатый. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2002. – 239 с.
8. Кулагин, А.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей./ А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева – Москва: Наука, 2005. – 190 с.
9. Сборник нормативных документов по гигиенической оценке почвы населенных мест / Мин.-во здравоохран. Республики Беларусь. – Минск, – 2004 – 95с.
10. Шлык, А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А.А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. – Москва: Наука, 1971. – С. 154-170
11. Gruszecki, W.I. Carotenoids as modulators of membrane physical properties / W.I. Gruszecki, K. Strzalka // Biochim. Biophys. Acta. – 2005. – Vol. 1740. – P. 108-115.
12. Модификация состава каротиноидов и структурного состояния мембранной системы этиопластов при тепловом стрессе / Г.Е. Савченко [и др.]. // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2007. – Т. 51. – № 3. – С. 98-102

**INFLUENCE OF AGROTECHNICAL METHODS ON DEVELOPMENT  
OF A ACER PLATANOIDES L. AND CONTENT OF HEAVY  
METALS AND PIGMENTS IN LEAVERS**

**G.V. Pirogovskaya, S.S. Khmelevskij, L.F. Kabashnikova**

**Summary**

Results of researches of pollution of soil and wood plantings of a Norway maple in a roadside strip of Minsk are resulted. The interrelation of the heavy metals content in soil and plants with the content of photosynthetic pigments is established. Influence of agrotechnical methods (application of new fertilizers forms and meliorants) on the a chlorophyll and carotinoide content in leaves, and also on growth top and lateral runaways of a acer platanoides in city conditions is revealed.

*Поступила 17 апреля 2009 г.*