
BIOINDICATION OF CITY ENVIRONMENT



E. G. Tyulkova 

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 502.53:581.4:638.234

*Belarusian trade and economic university
of consumer cooperatives,
October av., 50, Gomel, Belarus, 246029*

PHYTOINDICATION AND LICHENMONITORING OF GOMEL CITY URBANIZED LANDSCAPE STATE AND ADJACENT TERRITORIES

Abstract. In Belarus Republic the increase tendency in size and number of emissions per square kilometer of the territory from stationary sources is observed in case of decrease in emissions from mobile sources in recent years. Among separate ingredients across the Gomel region growth of sulfur dioxide in emissions from engineering procedures stationary sources is noted that in total is a negative factor for growth and development of region vegetation.

The vegetable cover which is characterized by lack of an opportunity to avoid technogenic impact in comparison with other indicators is the most indicative and quickly reacting indicator of industrial enterprises activities influence.

Features of sheet device of wood plants morphometry of plants adaptation strategy element in the conditions of technogenic impact and in habitats various on soil wealth and productivity were studied by many researchers in detail. Besides, the lichenindikation belongs to one of effective environment pollution indication methods.


However, comparative assessment of the various biological parameters indicator importance and reasons of the most informative characteristics complex for determination of territorial complexes transformation under the industrial influence production is most urgent for extent assessment of ecosystems transformation under the technogenic impact influence.

Proceeding from the aforesaid, the work purpose consists in determination of such informative bioindicator indicators as a sheet plate morphometry and a lichensmonitoring for vegetation technogenic change assessment in impact industrial enterprises zone of Gomel city.

As research objects were chosen a drooping birch *Betula pendula*, a white poplar *Populus deltoides* and a maple acutifoliate *Acer platanoides*. These trees are one of the most widespread and the researched territories which are often found on.

Collection of plant material was carried out during the vegetative period (July, August) 2015–2016. From each pilot tree (3–5 on each site) from height of 1,5–2 m from the surface of the soil broke 20–25 intact most developed leaves at which determined length, width of a sheet plate.

For carrying out a lichenmonitoring used a method of visual assessment and a method of linear crossings.

 Tel.: +37529-316-44-83. E-mail: tut-3@mail.ru

DOI: 10.15421/031616

ISSN 1726-1112. *Ecology and noospherology*. 2016. Vol. 27, no. 3–4

77

As a result of the comparative analysis of most widespread representatives of wood plants sheet plate length and width it was established that the morphometry of drooping birch leaves *Betula pendula* and maple acutifoliate *Acer platanoides* and their standard deviation from average value increases in process of decrease industrial enterprises level technogenic influence in 2015–2016, except for white poplar *Populus deltoides* leaf length in 2015–2016, and also a standard deviation of drooping birch *Betula pendula* leaves morphometry and white poplar *Populus deltoides* in 2015 in the northern industrial zone. The sheet device of inspection zones is characterized by larger sizes in comparison with industrial zones.

The dispersive analysis results demonstrate that sheet plate wood plants morphometric parameters statistically authentically differ in case of various size technogenic pollution action on their forming and development that confirms a use this criterion possibility for atmospheric air pollution indication.

As a result of a lichenmonitoring growth of bushy lichens in zones with lower technogenic loading and more considerable projective covering the crustose lichens on trees bark from more intensive technogenic influence territory is established.

Perhaps effectively to use the integrated approach considering the sheet device morphometric analysis and a lichenmonitoring for vegetable cover indication of technogenic influence.

Keywords: *technogenic impact, drooping birch Betula pendula, white poplar Populus deltoides, maple acutifoliate Acer platanoides, sheet plate length, sheet plate width, phytoindication, lichens, lichenmonitoring.*

УДК 502.53:581.4:
638.234

О. Г. Тюлькова

канд. біол. наук, доц.

*Білоруський торговельно-економічний університет споживчої кооперації,
просп. Жовтня, 50, м. Гомель, Білорусь, 246029,
тел.: +37529-316-44-83, e-mail: tut-3@mail.ru*

ФІТОІНДИКАЦІЯ І ЛІХЕНОМОНІТОРИНГ СТАНУ УРБОЛАНДШАФТІВ М. ГОМЕЛЯ І ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

Анотація. У статті представлені результати визначення довжини і ширини листової пластинки берези повислої *Betula pendula*, клена гостролистого *Acer platanoides*, тополі білої *Populus deltoides*, що ростуть на території промислових підприємств західної і північної промислових зон м. Гомеля, різних за рівнем техногенної дії, за період 2015–2016 рр., а також у парковій зоні і в передмісті. Проведено ліхеномоніторинг досліджуваних територій.

Ключові слова: *техногенна дія, береза повисла Betula pendula, клен гостролистий Acer platanoides, тополя біла Populus deltoides, довжина листової пластинки, ширина листової пластинки, фітоіндикація, лишайники, ліхеномоніторинг.*

УДК 502.53:581.4:
638.234

Е. Г. Тюлькова

канд. биол. наук, доц.

*Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации,
просп. Октября, 50, г. Гомель, Беларусь, 246029,
тел.: +37529-316-44-83, e-mail: tut-3@mail.ru*

ФИТОИНДИКАЦИЯ И ЛИХЕНОМОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ УРБОЛАНДШАФТОВ Г. ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. В статье представлены результаты определения длины и ширины листової пластинки березы повислой *Betula pendula*, клена остролистного *Acer platanoides*, тополя белого *Populus deltoides*, произрастающих на территории промышленных предприятий западной и северной промышленных зон г. Гомеля, различных по уровню техногенного воздействия, за период 2015–2016 гг., а также в парковой зоне и в пригороде. Проведен лихеномониторинг исследуемых территорий.

Ключевые слова: *техногенное воздействие, береза повислая Betula pendula, клен остролистный Acer platanoides, тополь белый Populus deltoides, длина листової пластинки, ширина листової пластинки, фитоиндикация, лишайники, лихеномониторинг.*

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь в последние годы наблюдается тенденция увеличения величины удельного веса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников от 28,8 % в 2010 г. до 38,4 % в 2015 г. при снижении удельного веса выбросов от мобильных источников (Environmental protection ..., 2015). Отмечается рост количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на квадратный километр территории от стационарных источников с 2 052 кг в 2010 г. до 2 467 кг в 2015 г. при снижении выбросов от мобильных источников (3 193 кг в 2010 г., 2 626 кг в 2015 г.). Среди отдельных ингредиентов по Гомельской области отмечается рост количества диоксида серы в выбросах от стационарных источников технологических процессов с 15,7 тыс. т до 20,9 тыс. т за период 2010–2015 гг., что в совокупности является негативным фактором для роста и развития растительности региона.

Растительный покров, который характеризуется отсутствием возможности избежать техногенного воздействия, по сравнению с другими индикаторами является наиболее показательным и быстро реагирующим индикатором влияния деятельности промышленных предприятий.

Особенности морфометрии листового аппарата древесных растений как элемента адаптационной стратегии растений в условиях техногенного воздействия и в местообитаниях различных по почвенному богатству и продуктивности детально изучались многими исследователями (Shidakov, 2009; Hikmatullina, 2013; Lutshishin, 2015; Savintseva, 2015 и др.). Отмечается наличие влияния таксономического положения и экологических условий произрастания растений на размерные параметры листьев (Shidakov, 2009; Hikmatullina, 2013), варибельность геометрической формы листовой пластинки в условиях урбанизированной среды (Hikmatullina, 2013); изменение величины флуктуирующей асимметрии листьев в зависимости от возраста деревьев и длины побега (Amosova, 2010), а также степени техногенного загрязнения (Gavrikova, 2014; Savintseva, 2015); проведена оценка адаптивного потенциала древесных растений в условиях городской среды (Lutshishin, 2015); корреляционных связей между параметрами листа и содержанием техногенных элементов в почве и биомассе листовой пластинки (Glibovitskaja, 2013; Lutshishin, 2015).

К одним из эффективных способов индикации загрязнения окружающей среды относится лишеноиндикация. Известно, что лишайники с успехом могут быть использованы для оценки пространственных особенностей и временной динамики атмосферного загрязнения (Koroleva, 2016), так как загрязнение воздуха оказывает влияние на видовой состав, размерные характеристики, физиологические, биохимические параметры лишайников, накопление ими отдельных элементов и соединений (Svirko, 2006; Dunaeva, 2012; Manilova, 2013; Tsurikov, 2013; Blinova, 2016; Koroleva, 2016). Для Гомельской области в условиях увеличения количества оксида серы в выбросах от стационарных источников использование лишайников особенно актуально, поскольку они наиболее резко реагируют на диоксид серы.

Однако для оценки степени трансформации экосистем под влиянием техногенного воздействия наиболее актуальна сравнительная оценка индикаторной значимости различных биологических параметров и обоснование комплекса наиболее информативных характеристик для определения трансформации территориальных комплексов под влиянием промышленного производства.

Исходя из вышесказанного, цель данной работы заключается в определении таких информативных биоиндикационных показателей, как морфометрия листовой пластинки и лишеномониторинг, для оценки техногенного изменения растительности в зоне воздействия промышленных предприятий г. Гомеля.

Задачи исследования: 1) определить длину и ширину листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*, клена остролистного *Acer platanoides*, тополя белого

Populus deltoides, произрастающих на территории с различным уровнем техногенной нагрузки в течение 2015–2016 гг., и достоверность различий между ними; 2) оценить встречаемость и проективное покрытие эпифитной лишенобиоты исследуемых территорий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны береза повислая *Betula pendula*, клен остролистный *Acer platanoides*, тополь белый *Populus deltoides*. Эти деревья являются одними из наиболее распространенных и часто встречающихся на исследуемых территориях. Кроме того, по сравнению с другими представителями клен и тополь чувствительны к богатству и составу почвы.

Сбор растительного материала проводили в течение вегетационного периода (июль и август 2015–2016 г.). С каждого опытного дерева (3–5 на каждом участке) с высоты 1,5–2 м от поверхности почвы срывали по 20–25 неповрежденных максимально развитых листьев, у которых определяли длину и ширину листовой пластинки.

В качестве исследуемых промышленных предприятий были выбраны ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»; РУП «Гомсельмаш»; СОАО «Гомелькабель»; ОАО «Ратон»; северная котельная – северная промышленная зона; ОАО «Гомельский радиозавод»; ОАО «Гомельский домостроительный комбинат»; Гомельская ТЭЦ-2; западная котельная; ОАО «Гомельский химический завод»; ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П. К. Пономаренко»; ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит» – западная промышленная зона. Кроме того, сбор листьев осуществляли в центральном парке г. Гомеля и в пригороде города (контрольные территории).

Для проведения лишеномониторинга использовали метод визуальной оценки и метод линейных пересечений.

Математическую обработку полученных результатов проводили с использованием MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1–2 представлены данные по длине и ширине листа и величине стандартного отклонения исследованных параметров древесных растений, произрастающих в зоне деятельности предприятий западной и северной промышленных зон.

С учетом величины выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух западная промышленная зона характеризуется гораздо более высоким суммарным уровнем техногенного воздействия по сравнению с северной зоной. Промышленные предприятия, представленные в табл. 1–2, расположены в порядке снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Результаты определения длины и ширины листа древесных растений, произрастающих на территории западной и северной промышленной зон в 2015–2016 гг., свидетельствуют о том, что морфометрия березы повислой *Betula pendula* и клена остролистного *Acer platanoides* увеличивается по мере снижения уровня техногенного влияния промышленных предприятий. Длина листа тополя белого *Populus deltoides* в 2015–2016 гг. не характеризуется такой закономерностью.

В наших исследованиях принималось во внимание, что более мелкие параметры листа могут быть следствием недостатка освещенности и минерального питания. Среди изучаемых представителей к светолюбивым деревьям относится только береза. Кроме того, на исследуемых территориях промышленных предприятий и пригорода освещенность является достаточной для роста и развития. Что касается недостатка минерального питания, то в таком случае наблюдается не только уменьшение параметров, но и изменение окраски листьев (возможно появление

Таблица 1

Морфометрия листовых пластинок древесных растений западной промышленной зоны (г. Гомель, 2015–2016 гг.)

Промышленные предприятия	Материал 2015 г.						Материал 2016 г.					
	Морфометрия, см			Стандартное отклонение			Морфометрия, см			Стандартное отклонение		
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
	Береза повислая <i>Betula pendula</i>											
1	4,02±0,007	3,50±0,006	0,45	0,40	4,40±0,003	3,71±0,003	0,53		0,50			
2	–	–	–	–	5,16±0,003	4,64±0,003	0,51		0,54			
3	4,51±0,009	3,83±0,007	0,64	0,47	5,74±0,003	4,72±0,003	0,64		0,47			
4	–	–	–	–	5,17±0,003	4,05±0,002	0,53		0,39			
5	–	–	–	–	5,71±0,004	4,40±0,003	0,67		0,52			
6	–	–	–	–	5,19±0,003	4,19±0,002	0,59		0,39			
7	5,0±0,007	4,0±0,007	0,55	0,50	6,31±0,005	4,80±0,004	0,95		0,71			
	Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>											
1	–	–	–	–	9,76±0,009	12,45±0,011	1,67		2,0			
2	–	–	–	–	13,41±0,012	16,65±0,014	2,05		2,41			
3	12,24±0,023	15,53±0,032	1,52	2,10	11,46±0,009	15,06±0,011	1,69		1,95			
4	11,4±0,028	13,61±0,031	1,95	2,18	12,77±0,008	16,36±0,012	1,34		1,99			
5	–	–	–	–	12,87±0,013	16,0±0,015	2,20		2,58			
6	8,1±1,013	10,55±1,606	1,01	1,61	12,31±0,008	15,82±0,012	1,44		2,06			
7	13,33±0,025	16,40±0,031	1,71	2,09	11,33±0,010	15,44±0,014	1,65		2,43			
	Тополь белый <i>Populus deltoides</i>											
1	–	–	–	–	–	–	–		–			
2	–	–	–	–	7,08±0,005	6,53±0,004	0,81		0,77			
3	5,73±0,008	5,90±0,010	0,57	0,70	8,27±0,005	5,63±0,004	1,01		0,68			
4	6,37±0,011	6,59±0,011	0,82	0,85	7,97±0,004	5,31±0,003	0,66		0,51			
5	8,40±0,018	5,79±0,014	1,26	0,96	8,03±0,007	7,24±0,008	1,27		1,33			
6	4,89±0,012	5,31±0,016	0,81	1,06	7,13±0,004	4,72±0,003	0,72		0,47			
7	5,39±0,013	6,85±0,019	0,77	1,09	6,84±0,007	6,53±0,015	1,15		2,50			

Примечание. Промышленные предприятия: 1 – ОАО «Гомельский химический завод»; 2 – ТЭЦ-2; 3 – ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»; 4 – ОАО «Гомельский домостроительный комбинат»; 5 – западная котельная; 6 – ОАО «Гомельский радиозавод»; 7 – ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П. К. Пономаренко».

Таблица 2

Морфометрия листовых пластинок древесных растений северной промышленной зоны (г. Гомель, 2015–2016 гг.)

Промышленные предприятия	Материал 2015 г.						Материал 2016 г.					
	Морфометрия, см			Стандартное отклонение			Морфометрия, см			Стандартное отклонение		
	длина	ширина		длина	ширина		длина	ширина		длина	ширина	
Береза повислая <i>Betula pendula</i>												
1	5,82±0,008	4,41±0,006	0,56	0,56	0,42	0,42	6,19±0,003	4,16±0,003	4,16±0,003	0,60	0,60	0,50
2	6,78±0,019	5,44±0,006	1,38	1,38	0,47	0,47	5,73±0,003	4,38±0,003	4,38±0,003	0,60	0,60	0,47
3	6,27±0,009	4,25±0,005	0,89	0,89	0,50	0,50	5,56±0,004	4,75±0,003	4,75±0,003	0,65	0,65	0,46
4	5,39±0,008	4,67±0,005	0,53	0,53	0,34	0,34	5,69±0,003	4,79±0,003	4,79±0,003	0,51	0,51	0,45
5	–	–	–	–	–	–	6,30±0,005	5,16±0,004	5,16±0,004	0,81	0,81	0,66
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>												
1	9,14±0,012	11,04±0,025	0,69	0,69	1,47	1,47	13,57±0,015	17,32±0,018	17,32±0,018	2,28	2,28	2,77
2	–	–	–	–	–	–	13,20±0,016	17,75±0,021	17,75±0,021	2,32	2,32	3,03
3	–	–	–	–	–	–	14,86±0,011	18,42±0,015	18,42±0,015	1,96	1,96	2,64
4	10,23±0,019	12,70±0,030	1,39	1,39	2,16	2,16	13,21±0,011	17,35±0,014	17,35±0,014	1,81	1,81	2,42
5	–	–	–	–	–	–	14,68±0,016	18,57±0,019	18,57±0,019	2,50	2,50	2,98
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>												
1	8,66±0,020	8,99±0,015	1,38	1,38	0,99	0,99	–	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	7,03±0,012	7,03±0,014	0,81	0,81	0,93	0,93	7,97±0,004	5,31±0,003	5,31±0,003	0,66	0,66	0,51
4	7,79±0,013	6,68±0,011	0,87	0,87	0,75	0,75	7,75±0,005	6,21±0,005	6,21±0,005	1,02	1,02	0,84
5	8,06±0,012	8,92±0,023	0,86	0,86	1,58	1,58	6,66±0,005	6,05±0,003	6,05±0,003	0,82	0,82	0,59

Примечание. Промышленные предприятия: 1 – ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»; 2 – РУП «Гомсельмаш»; 3 – СОАО «Гомелькабель»; 4 – ОАО «Рагон»; 5 – северная котельная.

бронзово-красного, красного, желтого, желто-зеленого, лимонно-желтого, синеватого цвета, пестрой окраски). В наших исследованиях таких изменений отмечено не было, что исключает вариант недостатка минерального питания и подтверждает факт техногенного влияния на рост и развитие растительности.

Из данных табл. 1 и 2 видно, что величина среднеквадратического отклонения длины и ширины листовой пластинки характеризуется тенденцией увеличения от древесных растений, произрастающих на территории более мощного техногенного воздействия к области менее сильного техногенеза в пределах двух рассматриваемых промышленных зон (исключение составила береза повислая *Betula pendula* и тополь белый *Populus deltoides* в 2015 г. в северной промышленной зоне). Это указывает на то, что на территории с большим объемом выбросов загрязняющих веществ на формирование длины и ширины листовой пластинки действует стабилизирующий отбор, вызванный таким экологическим напряжением и обеспечивающий небольшой разброс частот рассматриваемого параметра и их преимущественное накопление в области средних величин (рис. 1). В свою очередь, более слабое техногенное воздействие не оказывает такого влияния на развитие морфометрии листовой пластинки.

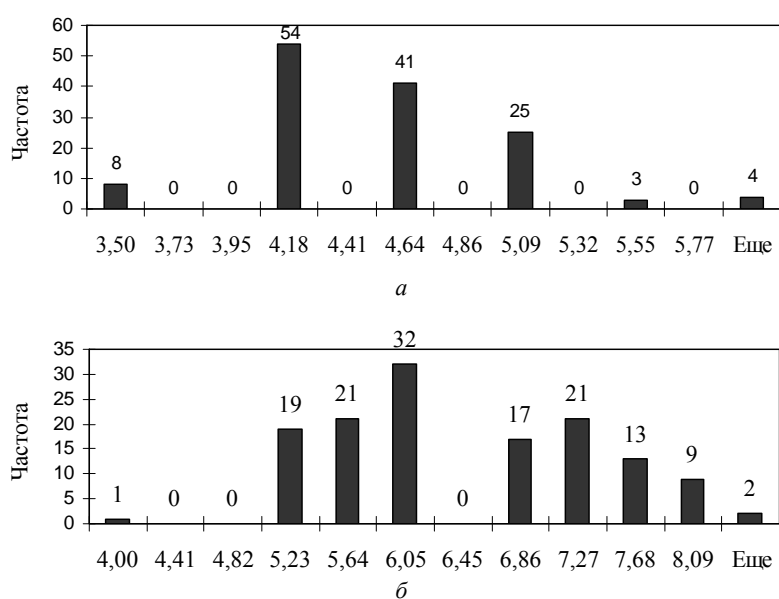


Рис. 1. Классы частот длины листа березы повислой *Betula pendula*:
 а – территория ОАО «Гомельский химический завод»;
 б – ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П. К. Пономаренко»

В табл. 3 представлены данные по длине и ширине листа и величине стандартного отклонения исследованных параметров древесных растений, произрастающих в парковой и пригородной зоне.

Результаты сравнительного анализа длины и ширины листовой пластинки древесных растений контрольных территорий – парковая и пригородная зоны – свидетельствуют о том, что в большинстве случаев листья контрольных территорий более крупные по сравнению с промышленными зонами. Величина стандартного отклонения парковой и пригородной зоны также превышает аналогичный параметр с техногенных территорий, за исключением тополя белого *Populus deltoides*.

Достоверность различий между морфометрическими параметрами листовых пластинок древесных растений, произрастающих на территории промышленных предприятий и зон с различным уровнем техногенного влияния, оценивалась с помощью дисперсионного анализа (табл. 4).

Таблица 3

**Морфометрия листовой пластинки древесных растений
контрольных территорий (2016 г.)**

Деревья	Морфометрия, см		Стандартное отклонение	
	длина	ширина	длина	ширина
Парковая зона				
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	6,37±0,005	4,87±0,003	0,83	0,45
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	14,14±0,008	17,45±0,012	1,48	2,16
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	8,37±0,004	8,12±0,004	0,72	0,66
Пригородная зона				
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	7,64±0,006	6,30±0,005	1,13	0,99
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	12,08±0,009	14,61±0,012	1,72	2,22
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	8,47±0,005	7,79±0,008	0,96	1,46

Таблица 4

**Результаты дисперсионного анализа длины и ширины листовой пластинки
древесных растений**

Исследуемые древесные растения	Значения F-критерия для параметров листовой пластинки		
	для длины	для ширины	F _{критич.}
Западная и северная зоны, 2015 г.			
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	96,55	59,43	F _{критич.} (1, 100) = 3,94 при p ≤ 0,05
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	41,21	40,34	F _{критич.} (1, 54) = 4,02 при p ≤ 0,05
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	21,54	36,45	F _{критич.} (1, 102) = 3,93 при p ≤ 0,05
Западная и северная зоны, 2016 г.			
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	49,27	94,0	F _{критич.} (9, 1226) = 1,89 при p ≤ 0,05
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	68,42	58,63	F _{критич.} (11, 1338) = 1,80 при p ≤ 0,05
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	43,78	88,18	F _{критич.} (8, 1096) = 1,95 при p ≤ 0,05
Западная и парковая зоны, 2016 г.			
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	124,86	85,34	F _{критич.} (7, 1019) = 2,02 при p ≤ 0,05
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	59,90	59,90	F _{критич.} (7, 952) = 2,10 при p ≤ 0,05
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	50,72	59,90	F _{критич.} (7, 952) = 2,02 при p ≤ 0,05
Западная и пригородная зоны, 2016 г.			
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	238,10	227,39	F _{критич.} (7, 1036) = 2,02 при p ≤ 0,05
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	46,89	46,89	F _{критич.} (7, 966) = 2,10 при p ≤ 0,05
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	52,48	46,89	F _{критич.} (7, 966) = 2,10 при p ≤ 0,05

Матрица данных для проведения дисперсионного анализа по каждому из исследованных видов растений содержала величины длины, ширины листовых пластинок с территории промышленных предприятий западной и северной промышленных зон (табл. 1 и 2), массив значений величины длины, ширины листовых пластинок с территории промышленных предприятий западной промышленной зоны и парковой зоны (табл. 1 и 3), а также совокупность величин длины, ширины листовых пластинок с территории промышленных предприятий западной промышленной зоны и пригорода (табл. 1 и 4).

Результаты анализа дисперсионных комплексов, включающих величину длины и ширины листовой пластинки древесных растений, произрастающих на территориях предприятий исследуемых промышленных зон с различной степенью техногенной нагрузки, а также в парке и пригороде свидетельствуют о том, что значение F-критерия превышает F-критическое для длины и ширины всех исследованных образцов во всех случаях. Таким образом, морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений статистически достоверно различаются при действии различной величины техногенного загрязнения на их формирование, что подтверждает возможность использования данного критерия для индикации загрязнения атмосферного воздуха.

В табл. 5–7 представлены данные по группам и проективному покрытию эпифитных лишайников, произрастающих в промышленных зонах, парковой и пригородной зонах.

Таблица 5

**Группы и проективное покрытие эпифитных лишайников
в западной промышленной зоне (г. Гомель, 2016 г.)**

Исследуемые древесные растения	Группы лишайников		
	накипные (<i>Lecanora conizaevidea</i> , <i>Lecanora palycheila</i>)	листоватые (<i>Parmelia sulcata</i> , <i>Candelaria concolor</i> , <i>Hypogymnia physodes</i>)	кустистые (<i>Evernia prunastri</i> , <i>Cladonia fimbriata</i>)
ТЭЦ-2			
1	2,5–17,6	0,7–11,3	–
2	6,6–35,9	12,0–25,7	–
3	2,2–4,2	0,9–3,8	–
ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»			
1	–	–	–
2	1,5–75,0	2,5–4,5	–
3	8,9–34,8	1,5–23,5	–
ОАО «Гомельский домостроительный комбинат»			
1	2,3–10,5	2,0–11,9	–
2	0,6–4,1	1,3–20,7	–
3	0,9–4,1	0,8–16,2	–
Западная котельная			
1	4,8	1,0	–
2	–	1,5–6,8	–
3	8,7–24,6	4,5–36,2	–
ОАО «Гомельский радиозавод»			
1	2,7–5,1	3,7–11,2	–
2	6,4	0,8–11,1	–
3	2,5–3,4	0,3–31,2	–
ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П. К. Пономаренко»			
1	1,5–25,0	1,8	–
2	2,5–48,4	–	–
3	25,0	20,0	–

Примечание. Древесные растения: 1 – береза повислая *Betula pendula*; 2 – клен остролистный *Acer platanoides*; 3 – тополь белый *Populus deltoides*.

Таблица 6

**Группы и проективное покрытие эпифитных лишайников
в северной промышленной зоне (г. Гомель, 2016 г.)**

Исследуемые древесные растения	Группы лишайников		
	накипные (<i>Lecanora conizaevideos</i> , <i>Lecanora pahycheila</i>)	листоватые (<i>Parmelia sulcata</i> , <i>Candelaria concolor</i> , <i>Hypogymnia physodes</i>)	кустистые (<i>Evernia prunastri</i> , <i>Cladonia fimbriata</i>)
ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»			
1	0,9–23,3	0,9–9,4	–
2	3,8	1,3–45,0	–
3	13,5	19,5–40,1	–
РУП «Гомсельмаш»			
1	5,0–12,3	0,5	2,1
2	–	–	–
СОАО «Гомелькабель»			
1	1,0–1,5	0,5–1,0	–
2	–	4,4	–
3	14,3	23,2–27,6	–
ОАО «Ратон»			
1	1,0–10,0	1,7–3,0	1,1
2	10,0–19,0	1,5–77,5	–
3	14,5–14,8	5,0–35,0	1,5
Северная котельная			
1	14,2	1,0	1,0–1,5
2	–	–	–
3	4,8–24,8	34,8–72,8	–

Примечание. Древесные растения: 1 – береза повислая *Betula pendula*; 2 – клен остролистный *Acer platanoides*; 3 – тополь белый *Populus deltoides*.

Таблица 7

**Группы и проективное покрытие эпифитных лишайников
контрольных территорий (2016 г.)**

Исследуемые древесные растения	Группы лишайников		
	накипные (<i>Lecanora conizaevideos</i> , <i>Lecanora pahycheila</i>)	листоватые (<i>Parmelia sulcata</i> , <i>Candelaria concolor</i> , <i>Hypogymnia physodes</i>)	кустистые (<i>Evernia prunastri</i> , <i>Cladonia fimbriata</i>)
Парковая зона			
1	2,0–15,0	–	1,0
2	12,0–18,0	1,5	–
3	2,8	2,0–16,9	–
Пригородная зона			
1	1,0–1,5	0,5–1,0	2,0
2	–	2,0–3,7	–
3	11,5	25,7–28,9	–

Примечание. Древесные растения: 1 – береза повислая *Betula pendula*; 2 – клен остролистный *Acer platanoides*; 3 – тополь белый *Populus deltoides*.

Данные табл. 5–7 свидетельствуют о том, что на коре исследуемых деревьев западной промышленной зоны произрастание кустистых лишайников отмечено не было; в северной и контрольных зонах кустистые лишайники произрастали, что указывает на более низкий уровень техногенной нагрузки на территорию. Следует отметить, что накипные лишайники в западной зоне характеризовались более значительным проективным покрытием по сравнению с северной и контрольными зонами.

ВЫВОДЫ

1. В результате сравнительного анализа длины и ширины листовой пластинки наиболее распространенных представителей древесных растений было установлено, что морфометрия листьев березы повислой *Betula pendula* и клена остролистного *Acer platanoides* и их стандартное отклонение от среднего значения увеличивается по мере снижения уровня техногенного влияния промышленных предприятий в 2015–2016 гг., за исключением длины листа тополя белого *Populus deltoides* в 2015–2016 гг., а также стандартного отклонения морфометрии листьев березы повислой *Betula pendula* и тополя белого *Populus deltoides* в 2015 г. в северной промышленной зоне. Листовой аппарат контрольных зон характеризуется более крупными размерами по сравнению с промышленными зонами.

2. Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о том, что морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений статистически достоверно различаются при действии различной величины техногенного загрязнения на их формирование и развитие, что подтверждает возможность использования данного критерия для индикации загрязнения атмосферного воздуха.

3. В результате лишеномониторинга установлено произрастание кустистых лишайников в зонах с более низкой техногенной нагрузкой и более значительное проективное покрытие накипных лишайников на коре деревьев с территории более интенсивного техногенного влияния.

4. Комплексный подход, учитывающий морфометрический анализ листового аппарата и лишеномониторинг, возможно эффективно использовать для индикации техногенного влияния на растительный покров.

* * *

Автор статьи выражает искреннюю благодарность д-ру геогр. наук, проф. кафедры почвоведения и земельных информационных систем Белорусского государственного университета (Республика Беларусь, г. Минск) Н. К. Чертко за помощь в подготовке материала статьи к опубликованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Amosova, I. B., 2010. Morfofiziologicheskie i ekologicheskie osobennosti berezi povisloi v tajegnoi zone [Morphophysiological and ecological features of drooping birch in a taiga zone]. Arhangelsk (in Russian).
- Blinova, E. A., 2016. Kompleksnaia ekologicheskaja otsenka vozdušnogo basseina goroda Razan [Complex ecological assessment of Ryazan air basin status]. Riazan (in Russian).
- Dunaeva, T. A., 2012. Lishayniki Penzenskoi oblasti i vozmozhnosti ich primeneniya v monitoringe prirodnykh sred [Penza region lichens and their application possibility in environments monitoring]. Penza (in Russian).
- Glibovitskaja, N. I., Parpan, V. I., 2013. Lipa serchelstnaja (*Tilia cordata* L.) kak bioindikator sostojania zagrazneniya urbanizirovannykh territoriy tjagelimi metallami [Linden serdtselstny (*Tilia cordata* L.) as the bioindicator of urbanized territories heavy metals pollution]. *Ekology and noospherology* 24(3–4), 89–96 (in Ukrainian).
- Gavrikova, V. S., Ignatuk, O. A., 2014. Dinamika fluktuiruiushey asimetrii listev *Acer platanoides* L. urbanizirovannykh territoriy [Fluctuating asymmetry dynamics of leaves *Acer platanoides* L. in urbanized territories]. *Ekology and noospherology* 25(3–4), 34–44 (in Ukrainian).
- Hikmatullina, G. R. 2013. Sravnitelnyy analiz morfologicheskikh parametrov listev drevesnykh rasteniy v usloviyakh urbanizirovannoy sredi [The comparative analysis of wood plants leaves morphological parameters in the conditions of the urbanized environment]. Kazan (in Russian).
- Koroleva, U. V., Revnukov, V. A., 2016. Soderzhanie mikroelementov v lishaynike *Hypogymnia physodes* v lesnykh massivakh Kaliningradskoi oblasti [The microelements maintenance in *Hypogymnia physodes* lichen in Kaliningrad region forests]. *Vestnik Baltiiskogo federalnogo*

- universiteta im. I. Kanta 1, 85–94 (in Russian).
- Lutshishin, E. G., Teslenko, I. K., 2015. Vidovaja spechifichnost adaptatsii drevesnich rasteniy tehnogeno transformirovanich urboedafotopov [Specific specificity adaptation of wood plants the technogenic transformed urbanized territory]. *Ekology and noospherology* 26(3–4), 42–61 (in Ukrainian).
- Manilova O. U., 2013. Otsenka ekologicheskogo sostojania atmosfernoj sredi goroda Kropotkina s pomoschu metoda lihenoidikatsii [Assessment of atmospheric environment ecological status of Kropotkin city by lichenindication method means]. Krasnodar (in Russian).
- Okhrana okrugauschei sredi v Respublike Belarus, 2015. [Environmental protection of Belarus Republic]. Statisticheskij sbornik. Minsk (in Russian).
- Shidakov, I. I., 2009. Ekologo-morfologicheskie osobennosti listev alpiskix rasteniy Teberdinskogo zapovednika [Ekologo-morfologichesky features the Alpine plants leaves of Teberdinsky reserve]. Ufa (in Russian).
- Savintseva, L. S., 2015. Ekologicheskij analiz adaptivnich mehanizmov rasteniy v urbanizirovannoy srede [The ecological analysis of plants adaptive mechanisms of in the urbanized environment]. Petrozavodsk (in Russian).
- Svirko, E. V., 2006. Lishayniki-bioindikator atmosfernogo zagraznenia g. Novosibirsk [Lichens-bioindicators of Novosibirsk atmospheric pollution]. Novosibirsk (in Russian).
- Tsurikov, A. G., 2013. Lishayniki Ugo-vostoka Belarusi (opit lihenomonitoringa) [Lichens of the Southeast Belarus (experience of a lichenmonitoring)]. Gomel (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію 15.09.2016