

# Морфометрические параметры и зольность древесных и травянистых растений Гомельского региона как факторы их адаптации к техногенным условиям среды

Е.Г. Тюлькова

Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет  
потребительской кооперации»

*В данной работе рассматриваются механизмы адаптации древесных и травянистых растений к произрастанию в условиях техногенного влияния.*

*Цель статьи – исследование особенностей морфометрических параметров и зольности листовой пластинки наиболее распространенных представителей древесных растений и зольности травянистых растений, произрастающих на территориях Гомельского региона с различным уровнем техногенного влияния, для выявления адаптационной стратегии растений в условиях техногенного воздействия.*

**Материал и методы.** *Материал исследования – древесная и травянистая растительность техногенных и фоновых условий. Для определения длины и ширины листа использовали 20–25 неповрежденных максимально развитых листьев отдельно стоящих деревьев (не менее 3–5 в каждой точке) приблизительно одного возраста с высоты 1,5 м. Зольность выявляли методом сухого озоления в муфельной печи (не менее трехкратной повторности для суммарных проб из данной точки наблюдений). Математическую обработку цифрового материала выполняли в Excel.*

**Результаты и их обсуждение.** *Установлено, что длина и ширина листьев березы повислой *Betula pendula*, тополя белого *Populus deltoides*, клена остролистного *Acer platanoides*, произрастающих на территории промышленных предприятий Гомельского региона, и величина их среднеквадратического отклонения достоверно меньше по сравнению с фоновыми условиями. В условиях влияния деятельности промышленных предприятий травянистые растения доминирующих по видовому и количественному разнообразию семейств накапливают зольные элементы в достоверно большем количестве по сравнению с парковыми и пригородными зонами. При этом представители семейства Астровые отличаются более высокой зольностью по сравнению с Бобовыми, а травянистые растения накапливают зольные элементы в целом в большем количестве, чем древесные.*

**Заключение.** *В условиях техногенного влияния на рост и формирование растения демонстрируют стратегию уменьшения параметров листовой пластинки и повышения величины ее зольности как механизм адаптации к условиям окружающей среды.*

**Ключевые слова:** *техногенное влияние, длина листа, ширина листа, береза повислая *Betula pendula*, тополь белый *Populus deltoides*, клен остролистный *Acer platanoides*, астровые *Asteraceae*, бобовые *Fabaceae*.*

# Morphometric Parameters and Ash-Content of Gomel Region Woody and Grassy Plants as Factors of their Adaptation to Environment Technogenic Conditions

E.G. Tyulkova

Educational Establishment «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperatives»

*In the article mechanisms of woody and grassy plant adaptation to growth in technogenic influence conditions are considered.*

*The research purpose is the study of leaf plate morphometric parameters and ash-content features of the most widespread representatives of woody plants and grassy plants ash-content growing in Gomel Region territories with technogenic influence of various levels for plants adaptation strategy identification in the technogenic impact conditions.*

**Material and methods.** *The research object is woody and grassy vegetation of technogenic and background conditions. To identify leaf length and width we used 20–25 intact most developed leaves of separate trees (at least 3–5 in each point) of about one age and height of 1,5 m. The ash-content was determined by the method of dry combustion in the muffle furnace (frequency – at least triple for total tests from the given point of observation). Mathematical handling of digital material was carried out in Excel.*

**Findings and their discussion.** *It is established that leaves length and width of *Betula pendula*, *Populus deltoides*, *Acer platanoides* growing in Gomel Region industrial conditions territory, and the size of their mean square deviation is reliably less in*

comparison with background conditions. In the industrial activities conditions grassy plants families dominating on a specific and quantitative variety accumulate cindery elements in authentically bigger quantity in comparison with park and residential territory. At the same time representatives of Asteraceae family differ in higher ash-content in comparison with Bean, and grassy plants accumulate cindery elements in bigger quantity, than woody.

**Conclusion.** In the technogenic influence conditions on growth and forming plants show the strategy of leaf plate parameters reduction and increase in of its ash-content as adaptation mechanism to environment conditions.

**Key words:** technogenic influence, leaf length, leaf width, *Betula pendula*, *Populus deltoides*, *Acer platanoides*, Asteraceae, Fabaceae.

**Н**есмотря на актуальность химических и физических анализов, обеспечивающих получение базовой информации о концентрации различных токсикантов, биологическая оценка качества экосистем является актуальной задачей, поскольку она предоставляет возможность интегральной характеристики состояния окружающей среды.

В условиях техногенной среды у растений формируются адаптационные механизмы, которые важно исследовать для понимания стратегии растений выживать в экстремальных условиях. Такие механизмы могут проявляться в различных направлениях, которые в качестве биоиндикационных характеристик следует использовать комплексно. Так, перспективная комплексная характеристика состояния условий произрастания растений возможна путем оценки характера изменений морфометрических параметров листовой пластинки растений и величины ее зольности [1–4]. При этом в одних случаях отмечается, что морфологические изменения листа могут характеризоваться более удлинённой формой и достоверно более крупными размерами у представителей из урбанизированной среды по сравнению с фоновыми условиями, что является, вероятно, результатом стимулирующего действия отдельных химических элементов на рост и развитие листа [5]. Тогда как по результатам исследований других авторов установлены снижение величины площади листовой пластинки и максимальная асимметрия листа для этих же представителей именно в зоне промышленных комплексов и автомагистралей в отличие от фоновых условий [6]. Зольность растительности позволяет получить представление о степени техногенного загрязнения атмосферного воздуха, характеризуя газопоглотительную способность растений, и, следовательно, является ярким фитоиндикационным признаком загрязнения атмосферы, хотя при проведении исследований в конкретном регионе это не всегда подтверждается [7]. Причина таких разноплановых результатов может быть связана с различным уровнем техногенного влияния на территорию или различными климатическими условиями.

Цель статьи – исследование особенностей морфометрических параметров и зольности листовой пластинки наиболее распространенных представителей древесных растений и зольности травянистых растений, произрастающих на территориях Гомельского региона с различным уровнем техногенного влияния, для выявления адаптационной стратегии растений в условиях техногенного воздействия.

**Материал и методы.** В качестве материала для определения морфометрических параметров были выбраны листья ряда видов местных древесных растений: березы повислой *Betula pendula*, тополя белого *Populus deltoides*, клена остролистного *Acer platanoides*.

Пробы листьев отбирали на территориях промышленных предприятий Гомельского региона, различающихся спецификой промышленного производства и, соответственно, уровнем техногенного влияния на состояние атмосферного воздуха. Такими предприятиями явились «Белорусский газоперерабатывающий завод» (г. Речица), ОАО «СветлогорскХимволокно», ЗАО «Добрушский фарфоровый завод», Добрушская бумажная фабрика «Герой труда», ОАО «Гомельстекло», ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Белорусский металлургический завод» (г. Жлобин). Фоновыми условиями были парковая зона и территория окрестностей города Гомеля, свободная от влияния промышленной деятельности и интенсивного транспорта.

Отбор проводили в течение вегетационного периода (июль–август 2016 г.) с отдельно стоящих деревьев (не менее 3–5 в каждой точке) приблизительно одного возраста с высоты 1,5 м. С каждого опытного дерева срывали по 20–25 неповрежденных максимально развитых листьев, у которых определяли длину, ширину листовой пластинки и величину среднеквадратического отклонения для данных параметров.

Для определения зольности травянистых растений были отобраны пробы доминирующих по видовому составу и количеству представителей виды. Зольность выявляли в пробах листьев древесных и травянистых растений, произрастающих на исследуемых территориях Гомельского региона. Далее отобранные образцы высушивали и методом сухого озоления в муфельной печи определяли содержание золы (не менее трехкратной повторности для суммарных проб из данной точки наблюдений). Математическую обработку цифрового материала выполняли в Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Поскольку на формирование параметров листовой пластинки растений оказывает влияние климатический фактор, в табл. 1 представлены данные по средней температуре воздуха и относительной влажности воздуха исследуемых территорий за март–сентябрь 2016 г.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что влияние средней температуры и относительной влажности воздуха на интенсивность развития и формирование растительности различается незначительно и исключает вероятность явиться причиной неодинаковых величин морфометрических параметров и зольности растений исследуемых территорий.

Таблица 1

**Средняя температура воздуха и относительная влажность воздуха по Гомельскому региону**

Период	Исследуемые города							
	Гомель		Речица		Светлогорск		Добруш	
	средняя температура, °С	относительная влажность воздуха, %	средняя температура, °С	относительная влажность воздуха, %	средняя температура, °С	относительная влажность воздуха, %	средняя температура, °С	относительная влажность воздуха, %
март	+4	84	+5	79	+5	79	+5	83
апрель	+14	68	+13	68	+13	68	+14	67
май	+21	67	+22	67	+21	66	+20	70
июнь	+25	66	+25	64	+24	64	+25	62
июль	+27	67	+27	66	+26	66	+27	68
август	+26	62	+26	62	+25	63	+26	60
сентябрь	+19	71	+19	71	+18	72	+20	71

В табл. 2 представлены морфометрические параметры листьев древесных растений, произрастающих на территории промышленных предприятий Гомельского региона и в фоновых условиях. Как уже отмечалось, в качестве объектов для отбора проб листьев были выбраны представители, наиболее часто встречающиеся на исследуемых территориях.

Следует отметить, что изучаемые промышленные предприятия с учетом специфики их промышленного производства различаются по степени техногенного влияния на окружающую среду. Так, ОАО «Мозырский НПЗ» осуществляет производство автомобильных бензинов, вакуумную перегонку мазута и переработку тяжелых нефтяных остатков. Продуктами производства ОАО «Мозырский НПЗ» являются дизельное топливо, топливо печное бытовое, топочный мазут, бензины автомобильные, битумы нефтяные, углеводородные сжиженные топливные газы, вакуумные газойли, сера техническая, керосин экологически улучшенный, бензол нефтяной. Направления деятельности ОАО «Белорусский металлургический завод» (г. Жлобин) связаны со сталеплавильным, прокатным, трубным и метизным производством. Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» – одно из предприятий бумажной отрасли. В настоящее время ЗАО «Добрушский фарфоровый завод» является единственным изготовителем фарфоровой посуды в Республики Беларусь. ОАО «СветлогорскХимволокно» – одно из крупных многопрофильных предприятий нефтехимического комплекса Республики Беларусь. Здесь производится широкая номенклатура полиэфирных текстильных нитей, термостойких и углеродных материалов, полипропиленовой продукции, нетканых материалов. Основное и главное направление производства ОАО «Гомельстекло» – выпуск листового термополированного стекла большого формата, которое является необходимым компонентом для производства строительных светопрозрачных конструкций, изготовления стекол с покрытием, низкоэмиссионных и солнцезащитных стекол, автомобильного и безопасно-го стекла, изделий из стекла для мебели, стеклопакетов и многих других видов специального стекла.

Основные виды деятельности «Белорусского газоперерабатывающего завода» – переработка попутного нефтяного газа, переработка привозного сырья, производство электроэнергии. В качестве выпускаемой продукции выступают сжиженный углеводородный газ, газовый бензин, пропан технический, фракция нормального бутана и пентана, фракция изобутановая и изопентановая, отбензиненный газ, электрическая энергия.

Таблица 2

**Морфометрические параметры листьев древесных растений промышленных предприятий Гомельского региона и фоновых условий**

Типология задач /код типа	Содержание (на основе базовой программы, фрагменты)	Сквозное практико-направленное содержание (неполный перечень тем): название темы, номер, код темы				Биоинформатика
		Тайм-менеджмент врача и провизора	Применение ИТ в фармации	...	Применение ИТ в медицине	
Расчетные задачи (Калькуляторы) /ЗР	Microsoft Excel. Вычисление с использованием формул и функций, адресации, форматов данных	1 – ТМ Таймер даты. Хронометраж	2 – ИФ Расчет процентных концентраций, дозировок	3 – ИМ Расчет концентраций растворов для инфузии, обработки ран	4 – ФЭ Калькуляторы бюджета, накоплений, рентабельности	5 – БИ Операции с матрицами, их применение в биоинформатике
Задачи моделирования /ЗМ		Модели на основе теории массового обслуживания	Модель товарного запаса в деятельности аптеки	Математическая модель эпидемии	Расчет платежей по кредиту, лизингу оборудования	Моделирование искусственного нейрона
Задачи структуризации /ЭС	Текстовые функции. Построение таблиц	Матрица Эйзенхауэра	Таблица данных «Препараты» – выборка данных для мерчандайзинга	Таблица данных «Вакцинация» и выборка информации	Списки на закупку товаров. Прайс-листы, счета-фактуры, накладные и пр.	Моделирование последовательностей ДНК
Презентационные задачи /ЗП	Анимационное моделирование на основе PowerPoint	Кейс-модель делегирования полномочий «мяч»	Анимационная модель воздействия препарата	Анимационная модель исследования пациента	«Оценка рисков» с использованием «Матрицы рисков»	Анимационная модель жизненного цикла вируса ВИЧ
	Инфографика в PowerPoint и Excel на основе таблиц, диаграмм и графиков	Диаграммы Исикавы. Таймлайны. Интеллект-карты. Диаграмма Ганта как метод планирования деятельности	Морфологический метод планирования в аптеке	Формы и диаграммы статистической отчетности. Таймлайны в ЗОЖ	Формы финансовой и экономической отчетности, коммерческие предложения.	Инфографика «Жизненный цикл», «Иммунный ответ» и др.
Задачи анализа данных /ЗА	Статистические функции. Пакет анализа. Использование диаграмм типа «поверхность».	Оценка конкурентоспособности аптеки	Оценка конкурентоспособности учреждений	Оценка конкурентоспособности учреждений	Равновесие спрос-предложение в зависимости от цены	BLAST (поиск локального сходства последовательностей)
	Настройка «Поиск решения»	Проверка гипотез.	Проверка гипотез.	Проверка гипотез		
Задачи оптимизации /ЗО	Оптимизация рабочего времени в команде (задача о назначениях)	Задачи «Оптимальный состав БАД», «Рацион»	Задача «Услуги санатория»	Задача-модель «Услуги санатория»	Произв. задача на основе факторного анализа	Динамическое программирование как метод выравнивания последовательностей

**Примечание.** В числителе представлены средние значения длины и ширины листовой пластинки, в знаменателе – величина стандартного отклонения.

Из данных табл. 2 видно, что средняя длина и ширина листовой пластинки древесных растений, произрастающих на территории техногенного влияния, различается и в большинстве случаев ниже по сравнению с аналогичными параметрами фоновой территории. Исключение составили длина и ширина листа клена остролистного, произрастающего на территориях Добрушской бумажной фабрики «Герой труда» и ОАО «Гомельстекло». При этом самые мелкие параметры листа березы повислой *Betula pendula* характерны для территории ОАО «СветлогорскХимволокно», клена остролистного *Acer platanoides* – для территории ОАО «Белорусский металлургический завод», тополя белого *Populus deltoides* – для территории ОАО «Мозырский НПЗ».

Различия в интенсивности техногенного воздействия привели к тому, что величина среднеквадратического отклонения длины и ширины листовой пластинки характеризуется тенденцией увеличения от древесных растений, произрастающих в зоне влияния промышленных предприятий, к фоновым условиям.

Это указывает на то, что в данном регионе на территории предприятий на формирование длины и ширины листовой пластинки действует стабилизирующий отбор, вызванный этим экологическим напряжением и обеспечивающий накопление частот рассматриваемого параметра в области средних величин.

С учетом величины среднеквадратического отклонения среди исследованных промышленных предприятий наибольшее техногенное влияние на рост и развитие листового аппарата оказывают «Белорусский газоперерабатывающий завод» (г. Речица), ОАО «СветлогорскХимволокно» и ОАО «Белорусский металлургический завод» (г. Жлобин), на что древесные растения среагировали снижением морфометрических параметров листьев. В свою очередь фоновые условия не оказывают такого влияния на развитие длины и ширины листовой пластинки, что подтверждается более высокими величинами изменчивости этих параметров для древесных растений.

Достоверность различий между морфометрическими параметрами листовых пластинок древесных растений, произрастающих на территориях промышленных предприятий и фоновой зоны, оценивалась с помощью дисперсионного анализа (табл. 3).

Таблица 3

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

Место отбора проб	Значения F-критерия для параметров листовой пластинки					
	береза повислая <i>Betula pendula</i>		клен остролистный <i>Acer platanoides</i>		тополь белый <i>Populus deltoides</i>	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
«Белорусский газоперерабатывающий завод» (г. Речица)	470,86	353,03	152,07	69,63	451,13	4,89
ОАО «СветлогорскХимволокно»	528,24	728,44	45,13	15,70	120,48	478,39
ЗАО «Добрушский фарфоровый завод»	334,31	305,24	99,99	6,50	218,0	119,1
Добрушская бумажная фабрика «Герой труда»	образцы отсутствовали		значения больше, чем в фоне		477,83	151,91
ОАО «Гомельстекло»	129,12	284,48	значения больше, чем в фоне		4,67	26,87
ОАО «Мозырский НПЗ»	37,28	97,93	образцы отсутствовали		68,80	49,89
ОАО «Белорусский металлургический завод» (г. Жлобин)	47,99	95,75	28,70	45,59	образцы отсутствовали	

Результаты анализа дисперсионных комплексов, включающих величину длины и ширины листовой пластинки древесных растений, произрастающих на территориях промышленных предприятий и в фоновых условиях, свидетельствуют о том, что значения F-критерия превышают F-критическое для длины и ширины исследованных образцов в большинстве случаев (значения  $F_{критич.}$  варьируют от  $F_{критич.} (1, 249) = 3,88$  при  $p \leq 0,05$  до  $F_{критич.} (1, 148) = 3,91$  при  $p \leq 0,05$ ). Исключение составили параметры листа клена остролистного, произрастающего на территориях Добрушской бумажной фабрики

«Герой труда» и ОАО «Гомельстекло», превышающие по величине параметры фоновых условий. Таким образом, морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений статистически достоверно различаются при действии техногенного загрязнения на их формирование, что подтверждает возможность использования данного критерия для индикации загрязнения атмосферного воздуха и адаптационную стратегию растений уменьшения размеров листа как ответную реакцию на влияние промышленных предприятий.

Зольность древесных растений определялась не только в образцах березы повислой, клена остролистного и тополя белого, но и рябины обыкновенной, акации белой, сосны обыкновенной, каштана европейского, дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, ивы белой, осины обыкновенной, липы сердцевидной. Полученные данные использовались для выявления наиболее распространенного класса зольности листьев древесных растений и сравнения с фоновыми условиями (рис. 1).

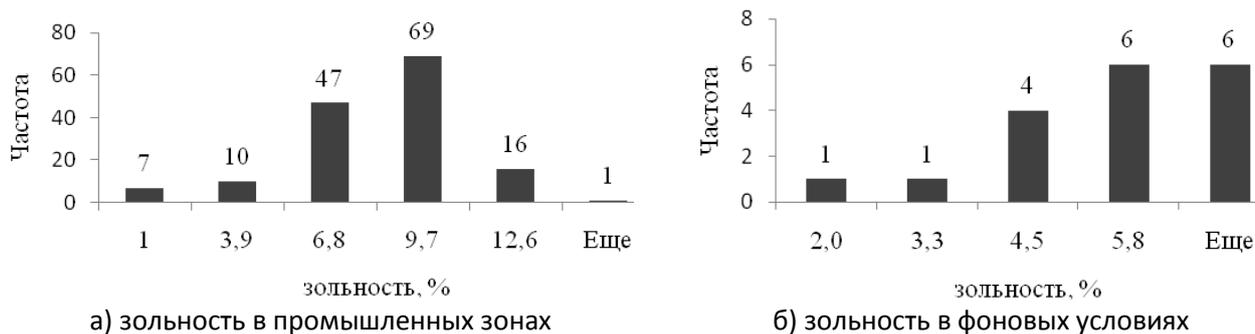


Рис. 1. Зольность древесных растений промышленных зон и фоновых условий.

Данные рис. 1 свидетельствуют о том, что наиболее часто встречающейся зольностью древесных растений является 9,7%, тогда как для фоновой территории этот показатель почти вдвое ниже и составил 5,8%. Следует отметить, что наиболее интенсивными концентраторами зольных элементов явились такие представители, как ясень обыкновенный (зольность 12,5% – 15,5%), ива белая (зольность 1,5% – 11,0%), клен остролистный (зольность 6,0% – 12,0%), тополь белый (зольность 8,0% – 11,5%).

Среди травянистых растений зольность определяли у представителей семейства Астровые, Бобовые, Бурачниковые, Вьюнковые, Злаки, Заразиховые, Зверобойные, Гвоздичные, Капустные, Кипрейные, Колокольчиковые, Мареновые, Норичниковые, Толстянковые и Яснотковые. При этом самыми часто встречающимися и доминирующими семействами по количеству видов и представителей в рассматриваемых промышленных зонах явились Астровые и Бобовые.

На рис. 2 представлены значения зольности травянистых растений, произрастающих на территориях промышленных предприятий Гомельского региона и в фоновых условиях.

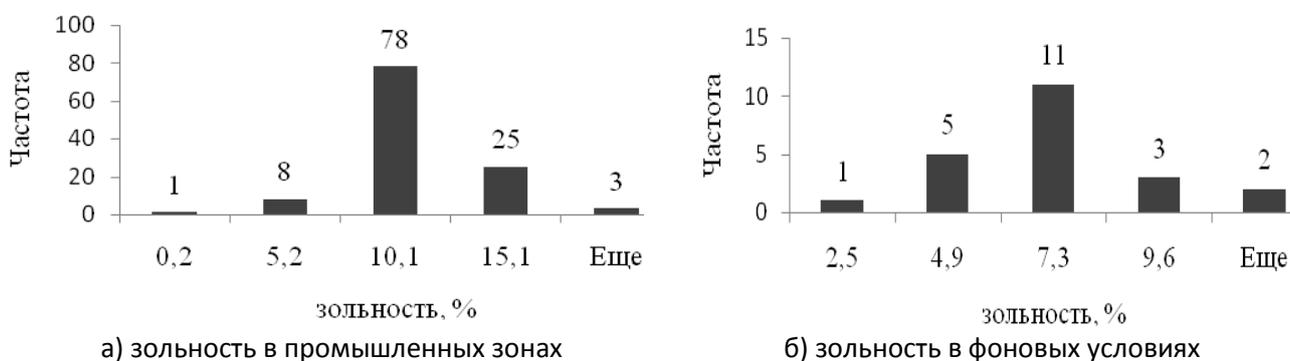


Рис. 2. Зольность травянистых растений промышленных зон и фоновых условий.

В результате исследований установлено, что травянистые растения накапливают зольные элементы чаще всего в количестве 10,1%, тогда как для фоновой территории этот показатель несколько ни-

же – 7,3%. Среди растений семейства Астровые наиболее высоким значением зольности характеризовались тысячелистник обыкновенный (7,0% – 13,0%) и полынь горькая (9,05% – 12,5%), среди Бобовых – мышиный горошек (6,0% – 14,0%) и дрок красильный (6,0% – 10,0%). Что касается других исследованных семейств травянистых растений, то некоторые из них демонстрируют способность накапливать зольные элементы еще в большем количестве по сравнению с Астровыми и Бобовыми в условиях техногенного влияния. Так, зольность мыльнянки лекарственной (семейство Гвоздичные) в наших исследованиях достигает 4,5% – 16,0%; икотника серого (семейство Капустные) – 10,5% – 16,0%; синяка обыкновенного (семейство Бурачниковые) – 20%.

Для выявления достоверности различий полученных данных был проведен дисперсионный анализ. В результате для дисперсионного комплекса «древесные растения промышленных зон – древесные растения фоновых зон» было получено значение F-критерия, равное 6,56 при  $F_{критич.}(7, 160) = 2,07$  при  $p \leq 0,05$ ; для дисперсионного комплекса «травянистые растения промышленных зон – травянистые растения фоновых зон» – значение F-критерия, равное 3,0 при  $F_{критич.}(7, 129) = 2,08$  при  $p \leq 0,05$ . Таким образом, выявленные различия в уровне накопления зольных элементов представителями, произрастающими в условиях техногенного влияния и без него, статистически достоверны.

Следует отметить, что зольность листьев древесных растений в целом достоверно несколько ниже по сравнению с травянистыми, особенно ярко это проявляется на территориях, не подверженных техногенному влиянию (F-критерий дисперсионного комплекса «древесные растения – травянистые растения» равен 7,23 при  $F_{критич.}(7, 297) = 2,04$  при  $p \leq 0,05$ ).

В табл. 4 представлены результаты определения зольности наиболее часто встречающихся древесных растений и доминирующих семейств представителей травянистых растений, произрастающих на территориях промышленных предприятий и в фоновых условиях.

Таблица 4

**Зольность древесных и травянистых растений промышленных предприятий Гомельского региона и фоновых условий**

Место отбора проб	Зольность, %				
	береза повислая <i>Betula pendula</i>	клен остролистный <i>Acer latanoides</i>	тополь белый <i>Populus deltoides</i>	астровые <i>Asteraceae</i>	бобовые <i>Fabaceae</i>
«Белорусский газоперерабатывающий завод» (г. Речица)	4,0	7,0	8,0	12,0	6,5
ОАО «СветлогорскХимволокно»	6,0	11,0	9,0	10,1	7,5
ЗАО «Добрушский фарфоровый завод»	6,0	7,0	11,5	9,7	8,3
Добрушская бумажная фабрика «Герой труда»	–	8,5	8,0	9,9	8,0
ОАО «Гомельстекло»	5,5	4,5	9,0	7,6	10,5
ОАО «Мозырский НПЗ»	1,0	–	8,0	8,5	–
ОАО «Белорусский металлургический завод» (г. Жлобин)	5,0	6,5	–	7,8	–
Фоновые условия	3,5	6,0	5,5	6,9	6,3

**Примечание.** Отсутствие значений связано с отсутствием образцов на территории.

Результаты определения зольности исследуемых растений свидетельствуют о том, что листья березы повислой *Betula pendula* накапливают зольные элементы в количестве от 1,0% до 6,0%, тогда как на контрольной территории этот показатель составил 3,5%. Для клена остролистного *Acer platanoides* и тополя белого *Populus deltoides* наблюдаются более высокие показатели зольности, которые варьировали в пределах от 4,5% до 11,0% для клена остролистного и от 8,0% до 11,5% для тополя белого при зольности в фоновых условиях 6,0% и 5,5% соответственно для обоих представителей. Согласно литературным данным зольность листьев древесных растений в условиях техногенного

воздействия может достигать 11,8% [7]. Ряд снижения зольности исследуемых древесных растений в наших исследованиях имеет вид: тополь белый > клен остролистный > береза повислая.

Травянистые растения семейства Астровые *Asteraceae*, произрастающие в зоне влияния промышленных предприятий, характеризуются зольностью более высокой по сравнению с древесными растениями и представителями семейства Бобовые *Fabaceae*. При этом растения семейства Астровые *Asteraceae* накапливали зольные элементы в количестве от 7,6% до 12,0% при контрольном значении 6,9%. Бобовые *Fabaceae* при близкой фоновой величине 6,3% в условиях техногенного влияния характеризовались более узким диапазоном зольности 6,5% – 10,5%. Возможно, это связано со способностью растений этого семейства к фиксации, прежде всего, атмосферного азота, в результате чего азот превращается в формы, доступные для питания растений. В целом, в условиях влияния деятельности промышленных предприятий травянистые растения накапливают зольные элементы в большем количестве по сравнению с парковыми и пригородными зонами.

Для выявления достоверности различий между зольностью древесных и травянистых растений промышленных зон и контрольных территорий был проведен дисперсионный анализ (табл. 5).

Таблица 5

#### Результаты дисперсионного анализа зольности древесных и травянистых растений

Место отбора проб	Значения F-критерия				
	береза повислая <i>Betula pendula</i>	клен остролистный <i>Acer latanoides</i>	тополь белый <i>Populus deltoides</i>	астровые <i>Asteraceae</i>	бобовые <i>Fabaceae</i>
«Белорусский газоперерабатывающий завод» (г. Речица)	–	–	31,25	34,41	–
ОАО «СветлогорскХимволокно»	20,83	115,39	27,22	19,59	–
ЗАО «Добрушский фарфоровый завод»	12,50	4,82	166,15	8,48	5,44
Добрушская бумажная фабрика «Герой труда»	–	37,50	34,09	17,86	–
ОАО «Гомельстекло»	9,23	–	56,54	–	11,95
ОАО «Мозырский НПЗ»	–	–	20,0	–	–
ОАО «Белорусский металлургический завод» (г. Жлобин)	7,11	–	–	–	–

**Примечание.** Отсутствие значений связано с отсутствием образцов на территории, недостоверностью отличий и величиной зольности, меньшей по сравнению с фоном.

В большинстве случаев различия зольности с учетом среды произрастания древесных и травянистых растений носят достоверный характер. При этом значения  $F_{критич.}$  варьируют от  $F_{критич.} (1, 12) = 4,74$  при  $p \leq 0,05$  до  $F_{критич.} (1, 10) = 4,96$  при  $p \leq 0,05$  для исследуемых дисперсионных комплексов.

Таким образом, в условиях техногенного влияния на рост и формирование растения демонстрируют стратегию уменьшения параметров листовой пластинки и повышение величины ее зольности как механизм адаптации к условиям окружающей среды.

**Заключение.** В условиях техногенной среды у растений формируются адаптационные механизмы, которые актуально исследовать для понимания стратегии растений выживать в экстремальных условиях. Перспективная комплексная характеристика состояния условий произрастания растений возможна путем оценки характера изменений морфометрических параметров листовой пластинки растений и величины ее зольности. При этом в результате исследования длины и ширины листьев березы повислой *Betula pendula*, тополя белого *Populus deltoides*, клена остролистного *Acer platanoides*, произрастающих на территории промышленных предприятий Гомельского региона, было установлено достоверное снижение морфометрических параметров и величины их среднеквадратического отклонения по сравнению с фоновыми условиями. Наиболее интенсивными концентраторами зольных элементов явились такие представители, как ясень обыкновенный (зольность 12,5% – 15,5%); ива

белая (зольность 1,5%– 11,0%); клен остролистный (зольность 6,0% – 12,0%); тополь белый (зольность 8,0% – 11,5%). Среди доминирующих семейств травянистых растений наиболее высоким значением зольности характеризовались представители семейства Астровые – тысячелистник обыкновенный (7,0% – 13,0%) и полынь горькая (9,05% – 12,5%); Бобовые – мышиный горошек (6,0% – 14,0%) и дрок красильный (6,0% – 10,0%). Что касается других исследованных семейств травянистых растений, то некоторые из них демонстрируют способность накапливать зольные элементы еще в большем количестве по сравнению с Астровыми и Бобовыми в условиях техногенного влияния: зольность мыльнянки лекарственной (семейство Гвоздичные) – 4,5% – 16,0%; икотника серого (семейство Капустные) – 10,5% – 16,0%; синяка обыкновенного (семейство Бурачниковые) – 20%. В условиях влияния деятельности промышленных предприятий травянистые растения доминирующих по видовому и количественному разнообразию семейств накапливают зольные элементы в достоверно большем количестве по сравнению с парковыми и пригородными зонами. При этом представители семейства Астровые отличаются более высокой зольностью по сравнению с Бобовыми, а травянистые растения накапливают зольные элементы в большем количестве, чем древесные. В целом, в условиях техногенного влияния на рост и формирование растения демонстрируют стратегию уменьшения параметров листовой пластинки и повышение величины ее зольности как механизм адаптации к условиям окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глибовицкая, Н.И. Липа сердцелистная (*Tilia cordata* L.) как биоиндикатор состояния загрязнения урбанизированных территорий тяжелыми металлами / Н.И. Глибовицкая, В.И. Парпан // Экология и ноосферология. – 2013. – Вып. 24. – С. 89–96.
2. Хикматуллина, Г.Р. Сравнительный анализ морфологических параметров листьев древесных растений в условиях урбанизированной среды: автореф. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Г.Р. Хикматуллина; Удмурт. гос. ун-т. – Казань, 2013. – 22 с.
3. Ишимова, А.Е. Зольность листьев, хвои и коры древесных растений как индикаторный признак загрязнения воздушного бассейна г. Семей [Электронный ресурс] / А.Е. Ишимова. – Режим доступа: [www.geochemland.ru](http://www.geochemland.ru), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
4. Особенности химического состава фитомассы некоторых дикорастущих и культивируемых древесных растений: к оценке зольного компонента / О.М. Брагина [и др.] // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2014. – № 1(3). – С. 724–727.
5. Савинцева, Л.С. Экологический анализ адаптивных механизмов растений в урбанизированной среде: автореф. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Л.С. Савинцева; Вят. гос. с.-х. акад. – Петрозаводск, 2015. – 23 с.
6. Луцишин, Е.Г. Видовая специфичность адаптации древесных растений техногенно трансформированных урбоэдафотопов / Е.Г. Луцишин, И.К. Тесленко // Ecology and noospherology. – 2015. – Вып. 26. – С. 42–61.
7. Кавеленова, Л.М. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Самары) / Л.М. Кавеленова, А.Г. Здетоветский, А.Я. Огневенко // Химия растительного сырья. – 2001 – № 3. – С. 85–90.

## REFERENCES

1. Glibovitskaya N.I., Parpan V.I. *Ekologiya i noosferologiya* [Ecology and Noospherology], 2013, 24, pp. 89–96.
2. Hikmatullina G.R. *Sravnitel'nyi analiz morfologicheskikh parametrov listyev drevesnykh rastenii v usloviyakh urbanizirovannoi sredi: avtoref. ... kand. biol. nauk* [Comparative Analysis of Morphological Parameters of Woody Plant Leaves in the Urbanized Environment Conditions: PhD (Biology) Dissertation Abstract], Udmurt. gos. un-t, Kazan, 2013, 22 p.
3. Ishimova A.E. *Zolnost listyev, khvoi i kori drevesnykh rastenii kak indikatornii priznak zagriazneniya vozdušnogo basseina g. Semei* [Leaves, Needles and Bark Woody Plants Ash-content as Indicator Sign of Semei Air Basin Pollution], Available at [www.geochemland.ru](http://www.geochemland.ru), free. – Russian, English.
4. Bragina O.M. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Samara Scientific Center of RAS News], 2014, 1(3), pp. 724–727.
5. Savintseva L.S. *Ekologicheskii analiz adaptivnykh mekhanizmov rastenii v urbanizirovannoi srede: avtoref. ... kand. biol. nauk* [Ecological Analysis of Plant Adaptive Mechanisms in the Urbanized Environment: PhD (Biology) Dissertation Abstract], Vyatka agricultural academy, Petrozavodsk, 2015, 23 p.
6. Lutsishin E.G., Teslenko I.K. *Ekologiya i noosferologiya* [Ecology and Noospherology], 2015, 26, pp. 42–61.
7. Kavelenova L.M., Zdetovetsky A.G., Ognevenko A.Y. *Khimiya rastitel'nogo sirya* [Chemistry of Vegetable Raw Materials], 2001, 3, pp. 85–90.

Поступила в редакцию 14.12.2016

Адрес для корреспонденции: e-mail: [tut-3@mail.ru](mailto:tut-3@mail.ru) – Тюлькова Е.Г.