

**Е. Г. Тюлькова<sup>1</sup>, Н. К. Чертко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации,  
г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

## **АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ К ТЕХНОГЕННЫМ УСЛОВИЯМ**

*В статье исследуется показатель зольности доминирующих древесных и травянистых растений, произрастающих в техногенных условиях урболандшафтов (на примере г. Гомеля). В результате исследований выявлены достоверные отличия для зольности тополя белого с территории предприятий западной промышленной зоны г. Гомеля, березы повислой и тополя белого с территории предприятий западной и северной зоны г. Гомеля, а также для Бобовых, произрастающих на исследуемых промышленных территориях, и для Астровых и Бобовых в целом, собранных в изучаемых регионах. Среднее и максимальное значение зольности растений с территорий трех исследуемых родов находится практически на одинаковом уровне.*

➤ **Ключевые слова:** зольность, растения, адаптация, техногенез, урболандшафты.

### **Введение**

Изучение адаптационных реакций растений к техногенным условиям – одна из ключевых проблем дендроэкологии. Вегетативные органы растений поглощают с воздухом и почвенным раствором полезные и токсичные химические элементы и включают их в метаболические процессы.

В растениях существуют специальные ответвления биохимических путей для синтеза вторичных метаболитов – биологически активных веществ (гликозиды, фенолы, алкалоиды и др.), которые определяют специфику обмена веществ. Они защищают растения от неблагоприятных внешних факторов (вирусов, токсичных элементов и веществ, свободных радикалов, низких и высоких температур, засухи и т. д.) и положительно влияют на ростовые процессы и качество продукции [1].

Адаптацию растений следует понимать в широком диапазоне. Прежде всего, растения приспосабливаются к климатическим условиям (температуре и осадкам) – климатическая адаптация, к условиям питания – агрохимическая адаптация, к загрязнению среды – геохимическая адаптация. Каждый из этих видов адаптации при экстремальных условиях может приводить к изменению в растениях физиологического, биохимического и морфологического механизма.

Физиологический механизм адаптации направлен на активизацию физических процессов, противостоящих изменению температуры и влажности, выносу или концентрации элементов.

На биохимическом уровне адаптация приводит к выработке биологически активных веществ противостоящих изменению вида.

Морфологический механизм адаптации направлен на противостояние изменению морфологии растений (рост, форма и размер листьев, длина вегетационных побегов, цвет, образование наростов).

Нами рассматривается геохимическая адаптация древесных растений в условиях урболандшафтов, связанная со специфическим загрязнением промышленного и бытового генеза.

В качестве индикаторов загрязнения среды в ходе геохимических исследований можно использовать морфологические изменения древесных растений, лишеноиндикацию (накипные или корковые, листоватые и кустистые лишайники на деревьях), зольность растений, содержание химических элементов – промышленных токсикантов среды (титана, марганца, хрома, меди, никеля, свинца, олова).

К сожалению, в настоящее время, при исследованиях урболандшафтов мало обращалось и обращается внимания на исследование морфологии, зольности и химического состава растений. В литературе отсутствуют данные по фону и кларку отдельных видов растений и трав, что затрудняет осуществление количественной оценки накопления золы и химических элементов в растениях чистых и техногенных зон.

В наших исследованиях был использован показатель зольности растений.

### **Постановка задачи**

Зольность представителей растительного сообщества может использоваться для оценки влияния техногенного воздействия на окружающую среду [2, 3]. Поэтому целью данной работы явилось проведение сравнительного анализа зольности доминирующих древесных и травянистых растений, произрастающих на территории промышленных зон г. Гомеля.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Выявить характер и уровни накопления зольных элементов в древесных растениях, произрастающих на территории промышленных зон г. Гомеля.

2. Проанализировать показатель зольности травянистых растений г. Гомеля.
3. По результатам определений провести оценку достоверности различий показателя зольности растений, произрастающих в регионах с различным уровнем техногенного воздействия.

### Методы исследований

В качестве объектов для определения зольности были выбраны представители доминирующих семейств древесных и травянистых растений, произрастающих на территориях промышленных предприятий западной и северной промышленной зоны г. Гомеля. Данные территории различаются уровнем техногенного загрязнения воздуха с учетом величины общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (по данным 2015 г. общий объем выбросов в атмосферу загрязняющих веществ промышленных предприятий западной зоны составляет 1486,92 т/год; северной – 402,6 т/год).

Отбор растительных образцов проводили в течение вегетационного периода (август 2015 г.). Далее образцы быстро высушивали и методом сухого озоления в муфельной печи определяли содержание золы (повторность – не менее трехкратной для суммарных проб из данной точки наблюдений). Математическую обработку цифрового материала выполняли в Excel.

### Результаты и их обсуждение

Результаты определения зольности листьев исследуемых древесных растений г. Гомеля представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средняя зольность листовых пластинок древесных растений, произрастающих на территории западной и северной промышленной зоны г. Гомеля, %

Западная промышленная зона						
Исследуемые древесные растения	промышленные предприятия					
	ОАО «Гомельский химический завод»	ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»	ОАО «Гомельский до-мостроительный комбинат»	западная котельная	ОАО «Гомельский радиозавод»	ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П.К. Пономаренко»
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	8,33	7,0	–	–	7,0	8,30
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	–	8,31	5,67	7,9	–	14,33
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	–	8,0	4,64	–	8,1	4,67
Северная промышленная зона						
Исследуемые древесные растения	ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»	РУП «Гомсельмаш»	СООАО «Гомелькабель»	ОАО «Ратон»	северная котельная	
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	4,65	4,67	6,0	3,67	–	
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	–	4,33	8,67	5,33	5,67	
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	6,75	4,75	–	7,0	–	

Примечание: отсутствие данных по отдельным предприятиям обозначает отсутствие произрастания образцов на этой территории

В целом, на рассматриваемых территориях произрастали различные представители древесных растений: береза повислая, тополь белый, клен остролистный, липа мелколистная, акация серебристая, сосна обыкновенная, ива плакучая, дуб черешчатый, каштан обыкновенный, рябина обыкновенная, орех грецкий. При этом к наиболее часто встречающимся представителям на территории исследуемых промышленных предприятий были отнесены береза повислая, тополь белый, клен остролистный.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что тополь белый и клен остролистный по сравнению с березой повислой независимо от региона произрастания отличаются более высокой зольностью листовых пластинок, что согласуется с данными других авторов [4]. Кроме того, древесные растения западной промышленной зоны накапливают зольные элементы в большем количестве по сравнению с образцами, собранными в северной промышленной зоне. Также, по мере снижения степени техногенного воздействия зольность образцов несколько снижается в половине рассматриваемых случаях (предприятия в табл. 1 расположены в порядке снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу).

Достоверность различий между зольностью листовых пластинок древесных растений, произрастающих на территории промышленных предприятий и зон с различным уровнем техногенного влияния, оценивалась с помощью дисперсионного анализа (табл. 2).

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа зольности листовой пластинки древесных растений, произрастающих на территории западной и северной промышленной зоны г. Гомеля

Исследуемые древесные растения	Значения F-критерия для предприятий зон		
	западная	северная	F <sub>критич.</sub>
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	0,67	0,55	F <sub>критич.</sub> (3, 8) = 4,07 при p ≤ 0,05
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	4,31	4,04	F <sub>критич.</sub> (3, 8) = 4,07 при p ≤ 0,05
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	1,88	0,61	F <sub>критич.</sub> (3, 8) = 4,07 при p ≤ 0,05 (для западной зоны) F <sub>критич.</sub> (2, 9) = 4,26 при p ≤ 0,05 (для северной зоны)
Западная-северная промышленные зоны			
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	14,99		F <sub>критич.</sub> (1, 22) = 4,3 при p ≤ 0,05
Тополь белый <i>Populus deltoides</i>	5,0		F <sub>критич.</sub> (1, 22) = 4,3 при p ≤ 0,05
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	0,02		F <sub>критич.</sub> (1, 22) = 4,3 при p ≤ 0,05

Матрицы данных для проведения дисперсионного анализа по каждому из исследованных видов древесных растений содержали значения зольности листовых пластинок с территории промышленных предприятий западной и северной промышленной зоны (табл. 1), а также массив значений в целом по всем предприятиям западной и северной промышленной зоны (табл. 1).

Результаты анализа дисперсионных комплексов свидетельствуют о том, что значение F-критерия превышает F-критическое в нескольких случаях: для зольности тополя белого с территории предприятий западной промышленной зоны, березы повислой и тополя белого с территории предприятий западной и северной зоны. В остальных случаях достоверных различий выявлено. Возможно, это связано с тем, что только значительная разница в уровнях техногенного воздействия на регион (как в случае западная-северная зона) является причиной статистически достоверных различий между значениями зольности исследуемых растительных образцов. Это позволяет использовать данный критерий исследованных представителей древесных растений для индикации загрязнения атмосферного воздуха.

Результаты определения зольности исследуемых доминирующих травянистых растений территории г. Гомеля представлены в табл. 3.

Таблица 3

Средняя зольность травянистых растений, произрастающих на территории западной и северной промышленной зоны г. Гомеля, %

Исследуемые травянистые растения	Западная промышленная зона				
	Промышленные предприятия				
	ОАО «Гомельский химический завод»	Гомельская ТЭЦ-2	ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»	ОАО «Гомельский до-мостроительный комбинат»	западная котельная
Астровые	11,7	10,7	–	7,6	9,4
Бобовые	–	7,7	15,2	6,7	–

Северная промышленная зона					
Исследуемые травянистые растения	ОАО «Гомельский завод лития и нормалей»	РУП «Гомсельмаш»	СООО «Гомелькабель»	ОАО «Рагон»	северная котельная
Астровые	8,3	9,2	9,5	16,1	7,8
Бобовые	–	5,5	–	–	5,2

*Примечание: отсутствие данных по отдельным предприятиям обозначает отсутствие произрастания образцов на этой территории*

Следует отметить, что на территории исследуемых промышленных зон произрастали представители семейства Астровые, Бобовые, Бурачниковые, Вьюнковые, Злаки, Гречишные, Капустные, Кипрейные, Норичниковые, Первоцветные. Однако наиболее часто встречающимися семействами в рассматриваемых промышленных зонах явились Астровые и Бобовые. По травянистым растениям тенденция снижения величины зольности по мере уменьшения степени техногенного воздействия прослеживается более четко и во всех случаях по сравнению с древесными растениями в пределах промышленных предприятий двух зон (предприятия в табл. 3 расположены в порядке снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу). При этом представители семейства Бобовые в среднем накапливают зольные элементы в большем количестве в западной промышленной зоне по сравнению с северной зоной. У Астровых зольность оказалась примерной равной на территории рассматриваемых промышленных зон. Следует также отметить, что зольность травянистых растений в большинстве случаев превышает показатели древесных растений.

Результаты оценки достоверности различий между зольностью травянистых растений, произрастающих на территории промышленных зон с различным уровнем техногенного влияния, представлены в табл. 4.

Таблица 4

*Результаты дисперсионного анализа зольности травянистых растений, произрастающих на территории западной и северной промышленной зоны г. Гомеля*

Дисперсионные комплексы	Значения F-критерия	F <sub>критич.</sub>
Астровые западная-северная зоны	0,07	F <sub>критич.</sub> (1, 34) = 4,13 при p ≤ 0,05
Бобовые западная-северная зоны	8,86	F <sub>критич.</sub> (1, 16) = 4,49 при p ≤ 0,05
Астровые-Бобовые	29,7	F <sub>критич.</sub> (1, 70) = 3,98 при p ≤ 0,05

По результатам анализа дисперсионных комплексов установлено, что значение F-критерия превышают F-критическое для Бобовых, произрастающих на исследуемых промышленных территориях, и для Астровых и Бобовых в целом, собранных в изучаемых регионах. Таким образом, зольность травянистых растений семейства Бобовые достоверно различается при действии различной величины техногенного загрязнения на их формирование, что подтверждает возможность использования данного критерия для индикации загрязнения атмосферного воздуха.

### Выводы

1. В результате сравнительного анализа величины зольности древесных и травянистых растений, произрастающих на территории промышленных зон г. Гомеля, различных по уровню техногенного воздействия на окружающую среду, было установлено, что только значительная разница в уровнях техногенного воздействия на регион является причиной статистически достоверных различий между значениями зольности березы повислой и тополя белого. Среднее содержание золы в растениях Пинска и Жодино составило 9,0%, при этом минимальная зольность зарегистрирована у хвои сосны, максимальная – у листьев тополя.

2. Среди наиболее часто встречающихся травянистых растений г. Гомеля зольность представителей семейства Бобовые достоверно различается при действии различной величины техногенного загрязнения на их формирование.

3. Полученные результаты подтверждают возможность использования величины зольности отдельных древесных и травянистых растений для индикации загрязнения атмосферного воздуха.

### Список литературы

1. Новиков, Н. Н. Биохимия растений / Н. Н. Новиков. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 680 с.
2. Ишимова А. Е. Зольность листьев, хвои и коры древесных растений как индикаторный признак загрязнения воздушного бассейна г. Семей / А. Е. Ишимова // [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www.geochemland.ru](http://www.geochemland.ru), свободный. Загл. с экрана. яз. рус., англ.
3. Брагина, О. М. Особенности химического состава фитомассы некоторых дикорастущих и культивируемых древесных растений: к оценке зольного компонента / О. М. Брагина, Н. В. Власова, А. П. Кравцева, А. Б. Петрова, Е. А. Помогайбин, А. М. Трубников, Н. В. Янков // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – №1 (3). – С. 724 – 727.
4. 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. Здетовский, А. Я. Огневенко // Химия растительного сырья. – 2001. – №3. – С. 85–90.

**E. G. Tulkova, N. K. Tchertko**

### PLANTS ADAPTATION TO TECHNOGENIC TERMS

*The article examines the dominant woody and herbaceous plants ash content of growing in the urbo-landshaft environment (for example, the city of Gomel). The studies revealed significant differences for the white poplar ash from the territory of western industrial zone enterprises of Gomel city, birch in the Vistula and the white poplar from the territory of the western and northern areas of Gomel enterprises, as well as legumes, growing in the study of industrial areas, and for Al-raster and beans in general, collected in the studied regions. Average and maximum plant ash from the territories of the three test cities is almost one level.*