

УДК 504.06:581.5(470.620)

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ГУЛЬКЕВИЧИ С ПОМОЩЬЮ РАСТЕНИЙ-БИОИНДИКАТОРОВ

Нагайченко Е.О., Бергун С.А.

*Кубанский государственный университет, Краснодар, e-mail: aphididae@rambler.ru*

Работа посвящена изучению загрязнения атмосферного воздуха г. Гулькевичи с помощью растений-биоиндикаторов. В результате работы было установлено, что флора растений урбоэкосистемы г. Гулькевичи насчитывает 104 вида, относящихся к 30 семействам и 86 родам, был проведен анализ флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. и *Taraxacum officinale* Wigg. При изучении флуктуирующей асимметрии древесных и травянистых форм растений нами были взяты пробы листьев видов-индикаторов с трех участков: № 1 (сильнозагрязненная зона – федеральная автодорога Кавказ, ул. Советская), № 2 (спальный район – ул. Короткова) и контрольного участка № 3 (парковая зона – переулок Чехова). Каждый участок был разделен на 3 опытные площадки для измерения флуктуирующей асимметрии. Выборка листьев древесных растений делалась с нескольких близко растущих деревьев на опытных площадках. Использовались только средневозрастные растения, исключая молодые и старые. Всего собрали по 25 листьев среднего размера с одного вида растения. Листья собирали из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, юг, восток и запад. Выборка листьев травянистых растений делалась с нескольких близко растущих растений на опытных площадках. Листья собирали с 25 растений, было собрано по 5 листьев среднего размера с каждого растения. В ходе исследования было установлено, что степень загрязнения на каждом из трех участков различна. Разные показатели по признакам у видов индикаторов для исследуемых площадок на разных участках говорят о различных экологических условиях.

**Ключевые слова:** флуктуирующая асимметрия, атмосферный воздух, флора, загрязняющие вещества, растения-биоиндикаторы, окружающая среда, антропогенная нагрузка

## ASSESSMENT OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC ENVIRONMENT OF THE CITY OF GULKEVICH I WITH THE HELP OF PLANTS-BIOINDICATORS

Nagaychenko E.O., Bergun S.A.

*Kuban State University, Krasnodar, e-mail: aphididae@rambler.ru*

The work is devoted to the study of air pollution in the city of Gulkevichi with the help of plant bioindicators. As a result of the work, it was found that the flora of the urban ecosystems of the city of Gulkevichi has 104 species belonging to 30 families and 86 genera, the analysis of the fluctuating asymmetry of the leaves of *Betula pendula* Roth was carried out. and *Taraxacum officinale* Wigg. In the study of fluctuating asymmetry of woody and herbaceous species of plants we have taken samples of the leaves of species-indicators with 3 sections: No. 1 (heavily soiled area – Federal highway Kavkaz, St. Soviet), No. 2 (residential district – St. Korotkova) and a control plot № 3 (Park area – lane Chekhov). Each section was divided into 3 pilot sites for measuring fluctuating asymmetry. Selection of leaves of woody plants was made from several close-growing trees on experimental sites. Only middle-aged plants were used, excluding young and old. Just collected at least 25 leaves of medium size with one type of plant. The leaves were collected from the lower part of the crown, at the level of the raised arm, with the maximum number of available branches directed conditionally to the North, South, East and West. The leaves of herbaceous plants were sampled from several close-growing plants at experimental sites. The leaves were collected from 25 plants, 5 medium-sized leaves were collected from each plant. The study found that the degree of pollution at each of the three sites was different. Different indicators on the characteristics of the types of indicators for the studied sites in different areas indicates different environmental conditions.

**Keyword:** fluctuating asymmetry, atmospheric air, flora, pollutants, plants-bioindicators, environment, anthropogenic load

Техногенное влияние на экосистему привело к загрязнению атмосферы. Изменение физико-химических свойств почвогрунта, в частности тяжёлыми металлами, вызывает увеличение их фитотоксичности, за которым следует ухудшение условий произрастания зелёных насаждений. Каждый день численность автотранспорта увеличивается, ему принадлежит огромное количество вреда, наносимого окружающей среде, а также именно он служит причиной деградации природных экосистем [1].

Чистота атмосферы является одним из основных факторов сохранения экологи-

ческой среды. В настоящий момент загрязнение атмосферного воздуха очень велико, и это является одной из основных угроз для растительного и животного мира нашей планеты. Концепция предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, которая используется в современной системе экологического контроля, уже не является совершенной. Инструментальный контроль – достаточно непростой способ получения данных для анализа. И несмотря на это, полученные результаты в полной мере не отражают истинную картину происходящего в окружающем мире. Исходя

из этого, все более актуальными становятся биоиндикационные методы, основным преимуществом которых является предоставление интегральной оценки качества окружающей среды [2].

Биоиндикация – это выявление количественных и качественных параметров окружающей среды и ее компонентов на основе изменения морфологии, химического состава, жизненного распространения видов организмов. А сами организмы получили название биоиндикаторы [3]. Растения могут быть подвержены «стрессу». Стресс – это реакция биологической системы на экстремальные факторы окружающей среды, которые в различной степени влияют на среду. Стрессом могут являться различные факторы окружающей среды, например, абиотические факторы, химические вещества, ионизирующее излучение и др. Как правило, стрессовые воздействия не являются единичными и разовыми. Вследствие этого идет накопление негативных последствий и формирование кумулятивного эффекта, что способствует изменению количественному соотношению между видами и структуры фитоценоза [4].

Биоиндикаторами могут являться растительные организмы, которые обладают хорошо выраженной реакцией на внешние факторы окружающей среды: различные виды бактерий, грибов, водорослей, растений, животных и т.п. Первые анатомические нарушения в растительной клетке прослеживаются в строении хлоропластов. На ранних стадиях повреждений наблюдаются округление и разрушение оболочки хлоропластов, редукция гранов, раздувание тилакоидной системы. В дальнейшем развитии наблюдается разрушение цитоплазмы и сжатие растительной клетки в целом [5].

Для оценки стабильности развития растения можно использовать любые признаки по различным морфологическим структурам, для которых возможно нормальное значение и, соответственно, учесть степень отклонения от него. Предпочтительным в силу простоты и однозначности интерпретации является учёт асимметрии исследуемых структур, которые в норме являются симметричными. Подобные исследования по оценке загрязнения атмосферного воздуха в условиях Краснодарского края достаточно эффективны [6].

Цель исследования: оценить загрязнение атмосферного воздуха г. Гулькевичи с помощью растений-биоиндикаторов.

#### Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются растения-биоиндикаторы г. Гулькевичи. Исследования про-

водились в 2017–2019 гг. на трёх участках с различной антропогенной нагрузкой. В процессе работы применяли метод флуктуирующей асимметрии (О.П. Мелиховой). Основой метода является выявление нарушений симметрии развития листовой пластины травянистых и древесных форм растений под действием антропогенных факторов [7]. В качестве индикаторов были выбраны *Betula pendula* Roth. и *Taraxacum officinale* Wigg. Выборка листьев древесных растений делалась с нескольких близко растущих деревьев на опытных площадках. Использовались только средневозрастные растения, исключая молодые и старые. Всего собрали по 25 листьев среднего размера с одного вида растения. Листья собирали из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, юг, восток и запад. Выборка листьев травянистых растений делалась с нескольких близко растущих растений на опытных площадках. Листья собирали с 25 растений, было собрано по 5 листьев среднего размера с каждого растения.

#### Результаты исследования и их обсуждение

При изучении флуктуирующей асимметрии древесных и травянистых форм растений нами были взяты пробы с трех участков: № 1 (сильнозагрязненная зона – федеральная автодорога Кавказ, ул. Советская), № 2 (спальный район – ул. Короткая) и контрольного участка № 3 (парковая зона – переулочек Чехова). Каждый участок был разделен на 3 опытные площадки для измерения флуктуирующей асимметрии. Были произведены измерения и вычисления по формулам, результаты которых занесены в табл. 1–6.

В ходе анализа было установлено, что степень загрязнения на каждом из трех участков различна. Разные показатели по признакам у видов индикаторов для исследуемых площадок на разных участках говорят о различных экологических условиях. Каждый участок был разбит на 3 площадки.

На площадках, имеющих большую транспортную нагрузку, отмечается высокая вариация асимметрии. На участке № 1 степень асимметрии изменяется от 0,064 до 0,095 для *Betula pendula* и от 0,082 до 0,104 для *Taraxacum officinale*, что указывает на неоднородность территории и нестабильность параметров факторов окружающей среды.

В пределах жилой зоны г. Гулькевичи выявляются площадки, где степень асимметрии 0,041 и 0,045, что разрешает отнести их к зоне с малым загрязнением.

Исследования показали, что максимальное значение коэффициента флуктуирующей асимметрии приходится на площадки № 1 как для *Betula pendula*, так и для *Tarax-*

*acum officinale*. Это объясняется наличием высокой антропогенной нагрузки на данных участках.

Анализ изменчивости асимметрии отдельных признаков указывает, что наибольшая асимметрия для *Betula pendula* прослеживается в последнем признаке (угол

между центральной и 2-й жилками) – от 35 до 50°. Вторым по вариабельности признаком является второй признак (длина 2-й жилки): от 20 до 35 мм. Наименьшая асимметрия проявляется по третьему признаку (расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок) – от 9 до 16 мм.

Таблица 1

Результаты замеров листьев *Betula pendula*, мм

№ площадки	Ширина половинок		Длина 2-й жилки		Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок		Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок		Угол между центральной и 2-й жилками		Форма макушки
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона											
1	26	20	35	30	8	6	14	12	49	47	1
2	21,5	18	26	20	8	7	15	11	43	40	2
3	24	22	29	25	6	5	10,5	9	46	43	3
Участок № 2 – слабозагрязненная зона											
4	20	18	28	26	8	7	13	12	50	49	1
5	23	21	27	25	7	5	12,5	12	44	39	2
6	26	22	31	28	6	5	14	13	46	43	1
Участок № 3 – контрольная зона											
7	19	18	26	25	7	6	14	13	35	35	1
8	22	21	29	27,5	6	5	16	15	44	44	1
9	24	22	28	28	7	6	15,5	15	45	42	1

Таблица 2

Вспомогательная таблица для вычислений по *Betula pendula*

№ площадки	1 признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак	Среднее относительное различие на признак
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона						
1	0,130	0,077	0,143	0,077	0,021	0,090
2	0,089	0,130	0,067	0,154	0,036	0,095
3	0,043	0,074	0,091	0,077	0,034	0,064
Участок № 2 – слабозагрязненная зона						
4	0,053	0,037	0,067	0,040	0,010	0,041
5	0,045	0,038	0,167	0,020	0,060	0,066
6	0,083	0,051	0,091	0,037	0,034	0,059
Участок № 3 – контрольная зона						
7	0,027	0,020	0,077	0,037	0,000	0,032
8	0,023	0,027	0,091	0,032	0,000	0,035
9	0,043	0,000	0,077	0,016	0,034	0,034

Таблица 3

Величина флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula*

Исследуемый участок	Балльные значения показателя асимметричности
1	Загрязнено
2	Грязно
3	Относительно чисто

Таблица 4

Результаты замеров листьев *Taraxacum officinale*, мм

№ площадки	Ширина половинок		Длина 2-й жилки		Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок		Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок		Угол между центральной и 2-й жилками		Форма макушки
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона											
1	11	9	7	6,5	8	6	9,5	6	39	36	2
2	12,5	9,5	9,5	7	9	8	8	7	41	38	1
3	11	9	10	9,5	8,5	7	9	6,5	42	40	1
Участок № 2 – слабозагрязненная зона											
4	11,5	11	10,5	10	6	5	5	4,5	38	35	1
5	11	10,5	10,5	9,5	6	5	5,5	5	40	39	3
6	10	9	9	8	5	4	6	4	47	42	2
Участок № 3 – контрольная зона											
7	10	9,5	9	8,5	4	3,5	5,5	5	52	51	3
8	11	10	10	9,5	5	4	4,5	3,5	50	49	2
9	11	9,5	10	9	5,5	5	4,5	4	53	52	3

Таблица 5

Вспомогательная таблица для вычислений по *Taraxacum officinale*

№ площадки	1 признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак	Среднее относительное различие на признак
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона						
1	0,100	0,037	0,143	0,226	0,040	0,109
2	0,136	0,152	0,059	0,067	0,038	0,090
3	0,100	0,026	0,097	0,161	0,024	0,082
Участок № 2 – слабозагрязненная зона						
4	0,022	0,024	0,091	0,053	0,041	0,046
5	0,023	0,050	0,091	0,048	0,013	0,045
6	0,053	0,059	0,111	0,200	0,056	0,096
Участок № 3 – контрольная зона						
7	0,026	0,029	0,067	0,048	0,010	0,036
8	0,048	0,026	0,111	0,125	0,010	0,064
9	0,073	0,053	0,048	0,059	0,010	0,048

Таблица 6

Величина флуктуирующей асимметрии листьев *Taraxacum officinale*

Исследуемый участок	Балльные значения показателя асимметричности
1	Загрязнено
2	Грязно
3	Относительно чисто

Для *Taraxacum officinale* наиболее вариативным является последний признак (угол между центральной и 2-й жилками) – от 35 до 53°. А вторым по вариативности стал тре-

тий признак (расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок) – 5,5 мм. Наименьшая асимметрия проявляется по второму признаку (длина 2-й жилки) – от 6,5 до 10,5 мм.

**Заключение**

Таким образом, анализ результатов определения флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* и *Taraxacum officinale* позволил установить, что в г. Гулькевичи наибольшая антропогенная нагрузка наблюдается на участке № 1, средняя антропогенная нагрузка прослеживается на участке № 2. Наименьшее загрязнение атмосферного воздуха было выявлено на участке № 3. На площадках, имеющих большую транспортную нагрузку, отмечается высокая вариация асимметрии у листьев видов-индикаторов.

**Список литературы**

1. Ложкин В.Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом: справочно-методическое пособие. СПб., 2001. 57 с.
2. Федоров В.Д., Сахаров В.Б., Левич А.П. Количественные подходы к проблеме оценки нормы патологии экосистем // Человек и биосфера. 1982. № 6. С. 3–42.
3. Груздев В.С. Биоиндикация состояния окружающей среды: монография. М., 2018. 160 с.
4. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений. Сумы, 2009. 262 с.
5. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. СПб., 2016. 300 с.
6. Воронина Д.Ю., Бергун С.А. Оценка загрязнения атмосферной среды города Тимашевска с помощью растений-биоиндикаторов // Актуальные вопросы экологии и охраны природы южных регионов России и сопредельных территорий. 2016. С. 31–34.
7. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие / Под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарapultцевой. М., 2010. 288 с.