

# БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. МАХАЧКАЛА

## BIOINDICATION OF ATMOSPHERIC AIR IN THE CITY OF MAKHACHKALA

**E. Musinova**  
**P. Omarova**  
**N. Omarova**  
**A. Magomedov**  
**Ya. Askerova**

*Summary:* The article presents the analysis of atmospheric air pollution in the city of Makhachkala by bioindication methods. The basis of these methods is to establish the presence of the most sensitive representatives of flora and fauna of the area. One of the important elements in monitoring the purity of the environment are representatives of the plant world, as they are most sensitive to the state of nature.

*Keywords:* Air pollution, pine needles, lichen indication.

**Мусинова Эльмира Мугудиновна**

канд. биол. наук, доцент, Дагестанский  
государственный медицинский университет  
elmira.musinova@mail.ru

**Омарова Патимат Абдулаевна**

канд. биол. наук, доцент, Дагестанский  
государственный медицинский университет  
patimatt.omarova2015@gmail.com

**Омарова Наира Хабибулаевна**

Ассистент, Дагестанский государственный  
медицинский университет  
endocrin13@mail.ru

**Магомедов Абдурахман Маллаевич**

доктор биол. наук, профессор, Дагестанский  
государственный медицинский университет  
abdurahman57@mail.ru

**Аскерова Ягана Наджафовна**

Дагестанский государственный  
медицинский университет  
e.askerova2021@gmail.com

*Аннотация.* В статье приводится анализ загрязнения атмосферного воздуха в городе Махачкала методами биоиндикации. В основу данных методов положено установление наличия по состоянию наиболее чувствительных местных представителей флоры и фауны. Одним из важных элементов мониторинга чистоты окружающей среды являются представители растительного мира, т.к. они наиболее чувствительны к состоянию природы.

*Ключевые слова:* загрязнение атмосферного воздуха, хвоя сосны, лишеноиндикация.

### Введение

В соответствии с природоохранным законодательством Российской Федерации оценка качества окружающей природной среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда и обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. Методами биоиндикации определяется наличие в окружающей среде загрязнителя по состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки. Первые схемы растений-индикаторов горных пород были представлены в конце XIX в. А.П. Карпинским.

Биоиндикация — это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений. Методы биоин-

дикации основаны на наблюдениях отдельных организмов, популяции или сообществ организмов в естественной среде обитания с целью определения по их реакциям (изменениям) качества окружающей среды. Основной задачей биоиндикации является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ. Организмы и сообщества организмов, жизненные функции которых тесно коррелируют с определенными факторами среды и могут применяться для их оценки, называются биоиндикаторами.

### Актуальность

Актуальность данной работы обусловлена недостаточностью проведенных исследований на территории города Махачкала. Данная работа поможет определить чистоту атмосферного воздуха на выбранной территории при помощи анализа состояния живой природы.

**Цель и задачи**

Определить степень загрязненности города Махачкала по состоянию хвои сосны

В соответствии с поставленной целью выдвинуты следующие задачи:

- Определить участки проведения исследования.
- Изучить состояние сосновой хвои на данной территории.
- Изучить состояние лишайников на выбранной территории.
- Отобразить полученные результаты в виде таблицы.

**Материал и методы исследования**

Материалом для проведения исследования послужили наблюдения, опыты и эксперименты, проведенные авторами, а также база работ, принадлежащих иным авторам, занимающихся данной проблемой.

**Результаты и обсуждения**

Загрязнение атмосферного воздуха, создающее риск для здоровья населения, является одной из приоритетных экологических и гигиенических проблем. Анализ состояния атмосферного воздуха города за последние годы свидетельствует о наличии негативной тенденции ухудшения санитарно-гигиенических показателей качества воздушной среды. Выбросы от стационарных источников на территории Республики Дагестан меняются в небольших пределах без четко выраженной тенденции и зависят в основном от экономической ситуации. В то же время выбросы от передвижных источников увеличиваются ежегодно вследствие постоянного роста численности автотранспорта. В результате этого наблюдается рост и суммарных выбросов от стационарных и передвижных источников.

Нами рассмотрены загрязняющие вещества, которые имеют достаточно большое время жизни в атмосфере и / или поступают в нее в больших количествах. К таким примесям относятся, прежде всего, пыль, диоксид серы, оксид углерода, оксид азота. Необходимость оценки загрязнения атмосферного воздуха в зоне интенсивного антропогенного воздействия объясняется отсутствием необходимого числа стационарных и маршрутных постов наблюдений на территории города.

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха города нами осуществлено наблюдение за содержанием загрязняющих веществ вдоль основных автомагистралей города Махачкалы. В каждой точке отбора определены метеорологические показатели: температура воздуха, влажность, скорость ветра и давление.

Наибольшей запыленностью характеризуются точки отбора 6 (р-н железнодорожного вокзала), 7 (р-он Сулакского поста), 1 (пр. И. Шамиля), 12 (пр. Петра I). Содержание оксида и диоксида азота в атмосферном воздухе выше в точках отбора 12 (пр. Петра I), 11 (пр. Гамидова, пр. И. Шамиля), 13 (пр. Петра I), 3 (пр. Акушинского), 6 (р-он железнодорожного вокзала). Высокие концентрации диоксида серы и сероводорода отмечены на ул. Казбекова, пр. И. Шамиля, пр. Гамидова и пр. А. Султана (точки отбора 4, 1, 8, 9). Концентрация оксида углерода выше в точках отбора вдоль пр. Акушинского, района вокзала и ул. Казбекова (точки отбора 3, 6, 2, 4).

С учетом Гигиенических нормативов ГН 2.1.6.1338-03 содержание пыли, оксида азота, диоксида серы, оксида углерода в атмосферном воздухе не превышает ПДК максимально разовое. Наиболее высокие ИЗА, превышающие ПДК<sub>мр.</sub>, получены для диоксида азота вдоль пр. Гамидова и пр. Петра I; серо-водорода — вдоль пр. И. Шамиля, пр. Гамидова и ул. Казбекова (рис. 1), причем данные вещества относятся ко второму классу опасности. Комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА) наиболее высок для точек отбора вдоль пр. И. Шамиля, пр. Гамидова, пр. Петра I, ул. Казбекова (рис. 2).

С помощью метода лишеноиндикации и по состоянию хвоинок сосны обыкновенной, без дополнительных затрат на сложное и дорогое оборудование и реактивы, можно дать точную оценку степени загрязнения атмосферного воздуха, на что указывает ряд проведенных ранее исследований [1, 3, 6].

Чувствительные растения-индикаторы указывают на наличие загрязняющего вещества в воздухе ранними морфологическими реакциями в своем развитии, а также индикаторное значение имеет, как наличие, так и отсутствие вида на анализируемой территории.

Биомониторинг может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состоянием фитоценоза в целом. На уровне вида обычно производят специфическую индикацию какого-то одного загрязнителя, а на уровне популяции или фитоценоза общего состояния среды [4, 5]. Лишайники используются для наблюдения за распространением в атмосфере более 30 химических элементов: лития, натрия, калия, магния, кальция, стронция, алюминия, титана, ванадия, хрома, марганца, железа, никеля, меди, цинка, кадмия, свинца, ртути, урана, фтора, йода, серы, мышьяка, селена и др. [7, 8].

Многочисленные исследования, проводимые в районах промышленных объектов, на заводских и прилегающих к ним территориях, показывают прямую зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определенных видов лишайников. Особая

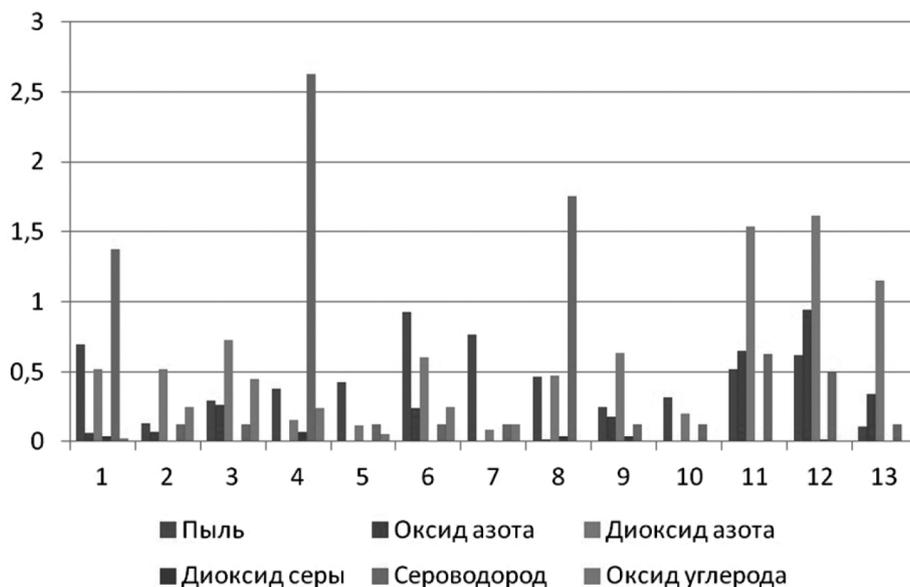


Рис. 1. Индексы загрязнения атмосферного воздуха города Махачкалы основными загрязняющими веществами

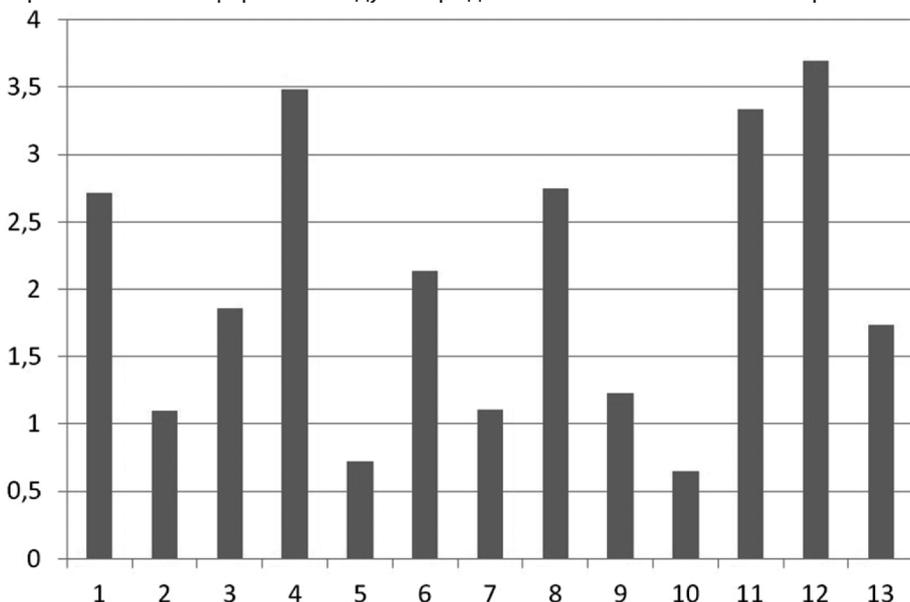


Рис. 2. Комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА) города Махачкалы основными загрязняющими веществами

чувствительность лишайников объясняется тем, что они не могут выделять в окружающую среду поглощенные токсичные вещества, которые вызывают физиологические нарушения и морфологические изменения [9].

По мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются и погибают.

При изучении загрязнения атмосферного воздуха методом лишеноиндикации проводили обследование дере-

вьев осины обыкновенной (*Populus tremula*). На стволы деревьев с южной стороны на высоте 150 см накладывали учетную площадку (10×10 см). Пробная площадка ограничивалась на стволе деревянной рамкой с натянутой тонкой проволокой с образованием ячеек сечением 0,5×0,5 см. На учетной площадке фиксировали, какие виды лишайников встретились, какой процент общей площади рамки занимает каждый растущий вид.

При оценке загрязнения воздуха при помощи метода лишеноиндикации за основу использовали данные табл. 1 и формулу 1 для определения относительной чистоты атмосферы [2, 10].

Таблица 1.

Оценка частоты встречаемости и степени покрытия лишайниками субстрата

Частота встречаемости		Степень покрытия		Балл
Очень редко	Менее 5 %	Очень низкая	Менее 5 %	
Редко	5–20 %	Низкая	5–20 %	2
Редко	20–40 %	Средняя	20–40 %	3
Часто	40–60 %	Высокая	40–60 %	4
Очень часто	60–100 %	Очень высокая	60–100 %	5

Определение состояния атмосферного воздуха по оценке состояния хвои сосны обыкновенной проводили следующим образом. С ветвей 25 деревьев с южной стороны кроны отбирали по два побега одинаковой длины (примерно по 10–12 см). С них отбирали хвою и визуально оценивали. Степень повреждения и усыхания хвои определяли по шкалам (табл. 2, 3).

Таблица 2.

Классы повреждения хвои сосны обыкновенной

Класс	Повреждение хвои
1	Хвоинки без пятен
2	Небольшое число мелких пятен
3	Большое число чёрных и жёлтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки

Таблица 3.

Классы усыхания хвои сосны обыкновенной

Класс	Усыхание хвои
1	Нет сухих участков
2	Усыхание кончика на 2–5 мм
3	Усохла треть хвоинки
4	Вся хвоинка жёлтая или более половины её длины сухая

Таблица 4.

Показатели загрязнения участков по состоянию хвои сосны

Классы	Участок № 1*		Участок № 2**	
	количество хвоинок, шт.	доля поврежденных и усохших хвоинок, %	количество хвоинок, шт.	доля поврежденных и усохших хвоинок, %
<b>Повреждение хвои</b>				
1 класс	2271	42,5	4947	88
2 класс	1710	32	506	9
3 класс	1362	25,5	168	3

Классы	Участок № 1*		Участок № 2**	
	количество хвоинок, шт.	доля поврежденных и усохших хвоинок, %	количество хвоинок, шт.	доля поврежденных и усохших хвоинок, %
<b>Усыхание хвои</b>				
1 класс	3446	64,5	5199	92,5
2 класс	721	13,5	197	3,5
3 класс	1176	22	225	4
4 класс	0	0	0	0
Исследовано хвоинок	5343	100	5621	100

### Выводы

1. Биоиндикация с помощью растений — один из важнейших и доступных методов экологического мониторинга. Однако, используя этот метод, следует учитывать то, что лишайники и сосна обыкновенная, как и любые живые организмы, откликаются на различные изменения среды. Поэтому в природе часто невозможно установить конкретную причину тех или иных повреждений. Иногда простое воздействие температуры или влажности может перекрывать влияние загрязнения.
2. Состояние атмосферы г. Махачкала является приемлемым для человека, однако условия городской среды оказывают негативное влияние на чистоту воздуха. Методика биондикации по состоянию хвои сосны зарекомендовала себя, как более чувствительная, поскольку различия между учетными площадками проявились более контрастно.
3. По результатам лишеноиндикационных исследований и состояния хвои сосны можно провести картографирование территории, используя индексы, которые позволяют оценить степень загрязненности воздуха населенных пунктов, а зачастую также отыскать источник выбросов в атмосферу — оконтурить его.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Блюм, О.Б. Влияние газообразных загрязнителей на лишайники / О.Б. Блюм. Таллинн: Международная школа по лишайноиндикации, 1984. С. 35–51.
2. Бученков, И.Э. Спецпрактикум по биоэкологии. Часть 1. Растения / И.Э. Бученков, Е.Р. Грицкевич. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2014. 94 с.
3. Бязров, Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л.Г. Бязров. — М.: Научный мир, 2002. 336 с.
4. Загрязнения воздуха и жизнь растений / под. ред. М. Трешоу. — Л.: Гидрометеиздат, 1998. — 380 с.
5. Маннинг, У.Дж. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У. Дж. Маннинг, У.А. Федер. — М.: Гидрометеиздат, 1985. 143 с.
6. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений — 2-е издание испр. / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева. М.: Издательский центр «Академия», 2008. С. 146–153.
7. Пчелкин, А.В. Методы лишайноиндикации загрязнений окружающей среды: методическое пособие / А.В. Пчелкин, А.С. Боголюбов. М.: Экосистема, 1997. 315 с.
8. Удянская, Е.А. Изучение атмосферного загрязнения городской среды на основе чувствительности лишайников / Е.А. Удянская. — Белгород: БелГУ, 2001. — С. 67–74.
9. Чеснокова, С.М. Лишайноиндикация загрязнения окружающей среды: практикум / С.М. Чеснокова. Владимир: Владим. гос. ун-т, 1999. 36 с.
10. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект, 2006. 416 с.

---

© Мусинова Эльмира Мугудиновна (elmira.musinova@mail.ru); Омарова Патимат Абдулаевна (patimattt.omarova2015@gmail.com);  
Омарова Наира Хабибулаевна (endocrin13@mail.ru); Магомедов Абдурахман Маллаевич (abdurahman57@mail.ru);  
Аскерова Ягана Наджафовна (e.askerova2021@gmail.com).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»