

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА МИНСКА****И.В. РЫШКЕЛЬ<sup>1</sup>, О.С. РЫШКЕЛЬ<sup>2</sup>, А.Ю. ХАЦКЕВИЧ<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь*<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**Введение.** В состав атмосферного воздуха, кроме основных компонентов (78% азота, 21% кислорода, 0,03% углекислого газа, 0,94% аргона и небольшого количества других газов – гелия, неона и пр, а также водяных паров), входят различные примеси природного и антропогенного происхождения. К естественным химическим компонентам относятся соединения, которые накапливаются в результате природных процессов – извержений вулканов, магнитной или гидротермальной активности и др. Наиболее распространенными искусственными загрязнителями атмосферного воздуха, состав и концентрации которых могут причинять ущерб человеку и различным объектам окружающей среды, строениям и архитектурным памятникам, металлическим и бетонным конструкциям, являются оксиды углерода, серы и азота, твердые частицы (пыль, зола, сажа), углеводороды, аммиак, сероводород, сероуглерод, озон, альдегиды полициклические ароматические углеводы, хлор– и фторорганические соединения, свинец, кадмий, ртуть, пахучие многокомпонентные соединения и др. Их накопление зачастую связано с работой автотранспорта и промышленных предприятий [5, 6, 11].

Антропогенные источники загрязнения воздуха сконцентрированы в крупных городах и являются более опасными, чем природные.

В Республике Беларусь крупнейшим промышленным центром является столица – город Минск. Предприятия города Минска производят более одной пятой объема промышленной продукции республики. Здесь работают такие заводы, как «Атлант», «Интеграл», «Минский тракторный завод», МАЗ, «Горизонт» и др. Товары с минской маркой экспортируются более, чем в 100 стран мира.

Высокая концентрация промышленных предприятий на единице площади негативно сказывается на экологической обстановке в городе. Для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха и контроля широко применяется один из методов биоиндикации – лишеноиндикация. Лишайники обладают высокой чувствительностью к более чем 30 химическим элементам: литию, натрию, калию, магнию, кальцию, стронцию, алюминию, хрому, марганцу, железу, меди, свинцу, урану, мышьяку, селену и др. Объясняется это тем, что они интенсивно поглощают и не могут выделять в окружающую среду поглощенные токсичные вещества, которые вызывают физиологические нарушения и морфологические изменения [8, 9, 10].

Исследования многих ученых, проводимые в промышленных районах, неоднократно подтверждали прямую зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определенных видов лишайников. По мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, утрачивают плодовые тела, обильно покрываются соредиями. Более длительное влияние антропогенного фактора приводит к тому, что лопасти лишайников становятся беловатыми, коричневыми или фиолетовыми, их талломы сморщиваются и погибают [1, 3, 9, 10].

Данный метод является достаточно информативным, при этом не требует больших материальных затрат и сложного оборудования.

**Методика и объекты исследования.** При изучении загрязнения атмосферного воздуха города Минска пользовались методом лишеноиндикации. Обследовали стволы деревьев липы мелколистной (*Tilia cordata*) с южной стороны на высоте 150 см. Учетная площадка ограничивалась на стволе деревянной рамкой (10x10 см) с натянутой тонкой проволокой с образованием ячеек сечением 0,5x0,5 см. На учетной площадке фиксировали встречаемые виды лишайников и процент от общей площади рамки, занимаемый каждым растущим видом.

При оценке загрязнения атмосферного воздуха использовали данные таблицы 1 и формулу 1 [2, 11].

Таблица 1 – Оценка частоты встречаемости и степени покрытия лишайниками субстрата

Частота встречаемости		Степень покрытия		Балл
Очень редко	Менее 5 %	Очень низкая	Менее 5 %	1
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

$$OЧА = \frac{H + 2Л + 3К}{30};$$

где ОЧА – относительная чистота атмосферы;

H – число накипных лишайников;

Л – листоватых;

К – кустистых.

Чем выше показатель ОЧА (ближе к единице), тем чище воздух местообитания.

Место исследований – город Минск. Он характеризуется большим количеством лесопарковых зон. Степень озеленения территории Минска на одного жителя составляет 8 м<sup>2</sup>, что в два раза больше нормы.

Минск является индустриальным центром нашей страны, где сосредоточено большое количество предприятий, оказывающих негативное влияние на экологическую ситуацию города.

Исследования проводили в четырех районах города Минска (Партизанском, Ленинском, Центральном, Заводском).

**Партизанский район** – самый промышленный район города Минска. Общая площадь составляет 22 км<sup>2</sup>. Здесь сконцентрировано наибольшее количество промышленных предприятий, в том числе тракторного и моторного заводов, выбросы которых пагубно влияют на состояние окружающей среды.

**Ленинский район** занимает площадь свыше 2,3 тыс. гектар. Пятую часть территории района занимают парки, скверы, бульвары, искусственные и естественные водоемы, среди которых парк имени Грековой, Александровский сквер, Лошицкое садово-парковое хозяйство.

Территория района имеет большую транспортную и промышленную нагрузку. Среди 14 промышленных предприятий наиболее крупными являются Минский станкостроительный завод им. Октябрьской революции, Мотовелозавод, Камвольный комбинат, Минская швейная фабрика, Винно-водочный завод «Кристалл», Кондитерская фабрика «Коммунарка».

**Центральный район** размещён на площади 4,1 тыс.га. На его территории насчитывается 21 промышленное предприятие, из которых наиболее крупными являются ЗАО "Атлант", СП ЗАО "Милавица", КУП "Минскхлебпром", ОАО "Пивзавод Оливария", ООО "ТРАЙПЛ", СЗАО «ТрайплЭнерго».

**Заводской район** расположен в юго-восточной части города Минска на площади 5,8 тыс. га. Граничит с Партизанским и Ленинским районами.

В районе расположены такие гиганты индустрии, как Минский подшипниковый завод, Минский завод колёсных тягачей, ООО «Завод автомобильных прицепов и кузовов «МАЗ–Купава», ОАО «Минскжелезобетон», ОАО «Минскдрев», ОАО «Гормолзавод №2» и др.

В каждом районе выбирали по три площадки вдоль дороги, через 20 метров от начала улиц.

Объект исследования – лишайники (*Lichenes*) – организмы, образующиеся в результате симбиоза гриба и водоросли. Водоросли – автотрофные растения, способные создавать органические вещества и снабжать ими гриб. Гриб обладает способностью добывать и снабжать водоросль водой, минеральными веществами, а также защищает ее от яркого освещения, сильного нагревания лучами солнца и высыхания.

По внешнему строению лишайники разделяют на 3 группы: корковые (или накипные), листоватые и кустистые. Корковые лишайники представлены наибольшим разнообразием. Представители этой группы лишайников имеют вид корочек или налетов, плотно срастающихся с субстратом, на котором они живут и от которого отделяются с большим трудом. Листоватые лишайники имеют вид рассеченных пластинок, срастающихся с субстратом не очень плотно при помощи пучков гиф (ризин). Кустистые лишайники имеют слоевища в виде ветвящихся кустиков; такие лишайники срастаются с субстратом только своим основанием [2, 3, 8, 10].

**Результаты и их обсуждение.** Определив видовой состав лишайников, встречаемых на площадке, и подсчитав процент от общей площади рамки каждого растущего вида, была проведена оценка частоты встречаемости и степени покрытия субстрата накипными, листоватыми и кустистыми лишайниками по таблице 1. На исследуемых участках кустистых форм лишайников не обнаружили, листоватых видов обнаружено небольшое количество. Накипные лишайники, напротив, представлены на исследуемых участках наибольшим количеством видов и степенью покрытия каждого вида по сравнению с другими типами.

Результаты определения ОЧА, полученные расчетным путем по формуле, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатель относительной чистоты воздуха в районах города Минска

Район	Площадка №1	Площадка №2	Площадка №3	Среднее
Заводской	0,15	0,18	0,15	0,16
Партизанский	0,2	0,16	0,2	0,19
Ленинский	0,22	0,21	0,23	0,22
Центральный	0,16	0,21	0,22	0,2

Коэффициент относительной чистоты воздуха по районам города Минска составил от 0,16 до 0,22. На первом месте Ленинский район – 0,22, Центральный район – 0,2, Партизанский район – 0,19 и Заводской район – 0,16. Такая разница в значениях связана с большим количеством промышленных предприятий в Заводском и Партизанском районах, которые выбрасывают значительное количество загрязняющих веществ в атмосферу.

Полученные результаты и обоснованность выводов на основании лишеноиндикации нуждаются в проверке инструментальными методами. Для этого мы провели сравнение наших результатов с данными, полученными в ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды РБ. Одной из задач данного учреждения является сбор (получение) информации о состоянии атмосферного воздуха и осуществляется на пунктах наблюдения Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (НСМОС), включенных в Государственный реестр. Координацию работ в области мониторинга атмосферного воздуха осуществляет Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Объектами наблюдений при оценке состояния окружающей среды являются атмосферный воздух, атмосферные осадки и снежный покров. В настоящее время мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 19 промышленных городах республики на 66 установленных стационарных станциях. Регулярными наблюдениями охвачены территории, на которых проживает почти 87% населения крупных и средних городов республики [12].

Мониторинг атмосферного воздуха города Минска проводят на 12 стационарных станциях, в том числе на 5–ти автоматических, установленных в районах пр. Независимости, ул. Тимирязева, ул. Корженевского, ул. Радиальной и ул. Героев 120 Дивизии.

Результаты, полученные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», свидетельствуют о том, что основным источником загрязнения атмосферного воздуха города Минска является транспорт, в первую очередь автомобильный. Вклад мобильных источников составляет 87% от суммарных выбросов.

Основными стационарными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются РУП «Минский тракторный завод», филиалы РУП «Минскэнерго» (ТЭЦ–3, ТЭЦ–4), Минские тепловые сети, КУПП «Минскводоканал», ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Минский завод отопительного оборудования», ОАО «Минский завод строительных материалов», ОАО «Керамин», ЗАО «Атлант», УП «Минсккомунтеплосеть», ОАО «Минский моторный завод». Распределение объемов выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по территории города неравномерно. Наибольшая эмиссия по–прежнему характерна для Заводского, Фрунзенского и Партизанского районов.

По результатам наблюдений в 2015 году состояние атмосферного воздуха города оценивалось как стабильно хорошее. Доля проб с концентрациями загрязняющих веществ выше максимально разовых ПДК в районах станций с дискретным режимом отбора была по–прежнему ниже 0,1%. Данные непрерывных измерений на автоматических станциях свидетельствуют, что содержание в

воздухе диоксида серы, оксида углерода, бензола и приземного озона ниже допустимых показателей, принятых в странах Европейского Союза [13].

При определении чистоты атмосферного воздуха диоксиду серы уделяется особое внимание, как одному из основных загрязнителей воздуха. Для выявления его действия на лишайники используются следующие показатели: 1) общее количество видов, 2) степень покрытия каждого вида, 3) частота (встречаемости) каждого вида, 4) максимальная численность каждого вида. Кроме этих показателей можно использовать изменение видового состава и морфологическое состояние в зависимости от содержания  $\text{SO}_2$  в воздухе (таблица 3) [4, 14].

Таблица 3 – Характеристика лишайнофлоры в зависимости от содержания  $\text{SO}_2$  в воздухе

Содержание $\text{SO}_2$ в воздухе, $\text{мг/м}^3$	Характеристика лишайнофлоры
0,05	Наличие листоватых и кустистых лишайников
0,05–0,3	Увеличение числа особей накипных лишайников и листоватых
0,3	Практически полное отсутствие лишайников, одиночные экземпляры

При оценке состояния атмосферного воздуха учитываются предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ, среднесуточные (ПДКс.с.) и максимально разовые (ПДКм.р.). Для диоксида серы максимально разовая предельно допустимая концентрация составляет –  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , а средне суточная –  $0,2 \text{ мг/м}^3$  [15].

Согласно литературным данным имеется прямая связь между ОЧА и средней концентрацией  $\text{SO}_2$  [1, 4, 8, 10]. Данный факт объясняется высокой чувствительностью лишайников к этому загрязнителю воздуха. Угнетающее действие  $\text{SO}_2$  проявляется при его содержании ниже уровня ПДК.

**Выводы.** Частота встречаемости и степень покрытия субстрата накипными, листоватыми и кустистыми лишайниками различна на исследуемых участках. Рассчитанный на основании выше указанных показателей коэффициент относительной чистоты воздуха по районам города Минска составил от 0,16 до 0,22. На первом месте Ленинский район – 0,22, Центральный район – 0,2, Партизанский район – 0,19 и Заводской район – 0,16.

Загрязнение атмосферного воздуха в городе Минске связано не только с промышленными предприятиями, но и работой автотранспорта, на долю которого приходится 87% от суммарных выбросов.

Лишайники обладают высокой чувствительностью к диоксиду серы, угнетающее действие которого проявляется при содержании его в атмосфере ниже уровня ПДК.

## Литература

1. Блюм, О.Б. Влияние газообразных загрязнителей на лишайники / О.Б. Блюм. – Таллин: 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. Жизнь растений: в 6-ти томах. — М.: Просвещение. Под редакцией А. Л. Тахтаджяна, главный редактор чл.-кор. АН СССР, проф. А.А. Федоров. 1974.
5. Загрязнения воздуха и жизнь растений / под. ред. М. Трешоу. – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – 380 с.
6. Маннинг, У. Дж. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У. Дж. Маннинг, У. А. Федер. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.
7. 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.
8. Пчелкин, А.В. Методы лишайноиндикации загрязнений окружающей среды: методическое пособие / А.В. Пчелкин, А.С. Боголюбов. – М.: Экосистема, 1997. – 315 с.

9. Удянская, Е.А. Изучение атмосферного загрязнения городской среды на основе чувствительности лишайников / Е.А. Удянская. – Белгород: БелГУ, 2001. – С. 67–74.
10. Чеснокова, С. М. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды: практикум / С. М. Чеснокова. – Владимир: Владим. Гос. ун–т, 1999. – 36 с.
11. Экологический мониторинг: учебно–методическое пособие / под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: Академический проект, 2006. – 416 с.
12. <http://rad.org.by/articles/vozduh/monitoring-atmosfernogo-vozduha.html>.
13. <http://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosfernogo-vozduha-2015-god/>.
14. [http://myuniversity.ru/Экология/Оценка\\_загрязнения\\_атмосферы\\_с\\_помощью\\_низших/79273\\_1505410\\_страница1.html](http://myuniversity.ru/Экология/Оценка_загрязнения_атмосферы_с_помощью_низших/79273_1505410_страница1.html).
15. <http://rad.org.by/articles/vozduh/kriterii-ocenki-vozduh.html>

## **ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR OF THE CITY OF MINSK**

***I.V. RYSHKEL, O.S. RYSHKEL, A.Yu. HATSKEVICH***

### ***Summary***

Bioindication – determining the degree of contamination of geophysical environments using living organisms, bioindicators. Lichens are an important element of biological monitoring as sensitive to the natural environment. The article presents the results of the evaluation of air pollution studies in Minsk.

*Статья поступила 13 октября 2016г.*