

## СТАТЬИ

УДК 504.3

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
ПО ЭПИФИТНЫМ ЛИШАЙНИКАМ****Грачева Л.О., Гончарова Е.Е., Протасова М.В.***ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск,**e-mail: goncharova.cat2016@yandex.ru*

В данной статье приведены сведения о влиянии автотранспорта на характер и качество атмосферного воздуха. Вследствие постоянной антропогенной нагрузки воздушная среда накапливает много негативных, загрязняющих ее, элементов. Большинство токсичных соединений негативно сказываются на животном, растительном мире, а также проникают в круговороты веществ, чем нарушают баланс экосистем. В качестве объекта были взяты сообщества лишайников. Многие виды очень чутко реагируют на качество воздушной среды. Нами были исследованы динамика и состояние видового состава лишайников на территории Курской области. Исследование проводилось на двух пробных площадках. Первая находилась вдоль автотранспортной дороги, вторая – в глубине леса, на расстоянии 50 м от шоссе. По статистическим данным мы определили плотность сообществ лишайников. Был произведен расчет лишеноиндикационного индекса полеотолерантности (ИП) для определения концентрации  $SO_2$ . Таким образом была определена степень загрязнения атмосферного воздуха рядом с с. Дичня. При сравнении показателей индекса полеотолерантности у автотранспортной дороги и в глубине леса была установлено, что около дороги качество воздуха почти в 6 раз ниже.

**Ключевые слова:** биоиндикация, атмосферный воздух, эпифитные лишайники, динамика, оксид серы

**ASSESSMENT OF THE CONDITION OF ATMOSPHERIC AIR  
BY EPIPHYTIC LICHENS****Gracheva L.O., Goncharova E.E., Protasova M.V.***Kursk State University, Kursk, e-mail: goncharova.cat2016@yandex.ru*

This paper provides information on the impact of motor vehicles on atmospheric air quality. As a consequence of constant anthropogenic load, the air environment accumulates many negative elements. Most toxic compounds negatively affect animal and plant world, as well as penetrate into the cycles of substances, thus upsetting the balance of ecosystems. Lichen communities were taken as the object. Many species are very sensitive to the quality of the air environment. We have studied the dynamics and state of the species composition of lichens in the Kursk region. The study was conducted in two places. The first place was near a transport road. The second location was in the woods, 50 meters from the road. Using statistical data, we determined the density of lichen communities. We determined the concentration of  $SO_2$  in the air near the village of Dichnya. When comparing the lichen indices, it was found that the air by the road is 6 times dirtier.

**Keywords:** bioindication, atmospheric air, epiphytic lichens, dynamics, sulfur oxide

В связи с постоянным усилением антропогенной нагрузки на окружающую среду актуальной задачей является разработка методов контроля состояния окружающей среды. Из многих представителей, используемых в биоиндикационных методах, лишайники особенно чутко реагируют на характер субстрата, на котором произрастают, на состав и качественные характеристики воздуха, а также на микроклиматические условия произрастания, связанные с особенностями климатических и географических факторов [1]. Благодаря всем этим особенностям лишеноиндикационные методы получают широкую огласку. Лишеноиндикация является достаточно точным, локальным и, что немаловажно, простым и дешевым методом исследования окружающей среды. Еще одним плюсом использования данного объекта является практически повсеместное распространение лишайников [2].

Лишайниковая флора считается одной из лучших в качестве индикатора загрязнения окружающей среды, так как численность и видовой состав лишайников резко возрастают или убывают на определенном расстоянии от источника загрязнения [1]. Лишайники способны аккумулировать все вещества, находящиеся в атмосфере, в том числе токсичные. При этом у лишайников часто наблюдаются морфологические изменения, такие как уменьшение таллома, некрозы слоевища, изменяющие привычную окраску видов, при более углубленном просмотре можно заметить отсутствие гимениального слоя [2].

Лишайники (Lichenes) – своеобразная группа низших споровых растений. Их тело образовано двумя разными организмами, образующими симбиоз между собой: грибом, который во многих источниках называют микобионтом, и водорослью (фикобионтом) – с преобладанием в большинстве случаев первого организма [2].

По внешнему виду лишайник разделяют на три группы: накипные, листоватые и кустистые. Накипные наиболее распространены и составляют около 80% видов; листоватые лишайники более структурированы, имеют вид распростертых по субстрату пластин (одной или нескольких); кустистые формы считаются самыми высокоорганизованными представителями лишайников, они представляют собой ветвящиеся кустики, хорошо выделяющиеся на общей поверхности субстрата [3].

В нашем исследовании именно наличие перечисленных выше групп играло ключевую роль. Установлено, что при увеличении химической нагрузки на атмосферный воздух в первую очередь исчезают кустистые, а затем – листоватые и накипные лишайники. Однако стоит заметить, что данная закономерность относится к наиболее чувствительным представителям данных групп, поэтому для более точной оценки стоит пользоваться шкалой лишеноиндикационной чувствительности.

Из многих экологических групп самой большой чувствительностью обладают эпифитные лишайники, которые произрастают на коре деревьев. Многие представители этой группы относятся к листоватым и кустистым формам. Накипные, как правило, можно заметить на самых разнообразных поверхностях [1].

Целью исследования было определение оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха и ориентировочная оценка концентрации  $SO_2$  по количественным показателям и уровню развития сообществ эпифитных лишайников вблизи с. Дичня.

#### Материалы и методы исследования

Для определения загрязненности атмосферного воздуха нами был использован метод «палетки» и произведен расчет лишеноиндикационных индексов.

Способ «палетки» не так точен при проведении масштабных работ, однако является наиболее наглядным для исследования видового состава и характера распространения лишайниковой флоры по субстрату. Его можно отнести к методам непосредственного измерения проективного покрытия лишайников на стволах деревьев. Для работы этим методом была использована рамка 10 на 10 см, расчерченная на квадраты 1 на 1 см. При наложении ее на ствол дерева было зафиксировано проективное покрытие (рис. 1) [4].

Лишеноиндикационные индексы позволяют выявить степень загрязненности местной атмосферы. Индекс полеотолерантности (ИП) отражает влияние загрязнения воздуха на лишайники, а также используется для определения содержания  $SO_2$  в воздухе [5].

рантности (ИП) отражает влияние загрязнения воздуха на лишайники, а также используется для определения содержания  $SO_2$  в воздухе [5].



Рис. 1. Лишеноиндикационная палетка

Объектом исследования были выбраны сообщества эпифитных лишайников, растущие на древесной растительности вдоль дороги и в лесной зоне.

В качестве предмета исследования выступила биоиндикационная способность лишайников.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Научно-исследовательская работа проводилась вблизи с. Дичня Курчатовского района Курской области. Исследование осуществлялось в летний период в июне. Средняя температура воздуха составила  $23^{\circ}C$ . В этом месяце наблюдалась повышенная влажность.

При оценке проективного покрытия (табл. 1, 2) был выявлен родовой состав представленных лишайников. Они были отнесены к 4 родам: род Уснея – *Usnea* Wigg. emend. Ach. – 1 вид; род Пармелия – *Parmelia* Ach. – 2 вида; род Ксантория – *Xanthoria* Th. Fr. – 1 вид; род Эверния – *Evernia* Ach. – 1 вид [5]. Из всех встреченных видов были обнаружены как кустистые, так и листоватые формы, причем в глубине леса разнообразие было представлено наиболее ярко. В ходе исследования было принято решение не брать во внимание накипные лишайники, так как встреченные виды были достаточно устойчивыми к загрязнению воздуха.

Таблица 1

Оценка проектировочного покрытия около проезжей части

Признаки	Деревья (близость к дороге)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее количество видов лишайников	2	2	1	2	3	2	2	0	2	2
– листоватых	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1
– кустистых	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Степень покрытия древесного ствола лишайниками, %	60	80	75	30	40	45	70	5	40	50

Таблица 2

Оценка проектировочного покрытия в лесной зоне

Признаки	Деревья (в глубине леса)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее количество видов лишайников	3	2	2	2	3	2	3	3	3	2
– листоватых	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1
– кустистых	1	0	0	0	2	0	1	1	1	0
Степень покрытия древесного ствола лишайниками, %	60	40	20	50	45	30	15	60	80	85

Таким образом, нами наблюдались виды, которые в основном широко распространены в умеренных зонах Европейской части России [6]. Практически на всех деревьях встречался вид листоватых лишайников пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata* Tayl.) (рис. 2).



Рис. 2. Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata* Tayl.) – слева, эверния сливовая (*Evernia prunastri* (L.) Ach.) – по центру

Достаточно часто можно было наблюдать ксанторию настенную (*Xanthoria parietina* L. Belt.). В глубине лесной зоны начали встречаться кустистые формы эвер-

ния сливовая (*Evernia prunastri* (L.) Ach.) (рис. 2) и уснея жесткая (*Usnea hirta* (L.) Wigg. emend. Moe.) [7]. Стоит заметить, что около автотранспортной дороги появление кустистой формы было замечено лишь один раз. Таллом был маленького размера и практически незаметен на общем фоне ствола дерева.

Помимо вышеперечисленных эпифитных лишайников был замечен вид кладония бахромчатая (*Cladonia fimbriata* (L.) Fr). Он был широко представлен на старых пнях и поваленных деревьях, однако не был включен в исследование.

У всех видов лишайниковой флоры, встреченной на контрольных участках, был определен класс полеотолерантности. Благодаря ему можно выяснить, какие группы лишайников в одинаковой степени реагируют на степень техногенной нагрузки и тип поллютанта. Этот параметр также нужен для определения индекса полеотолерантности. Род Уснея относится к VIII классу и характерен даже для сильно загрязненных областей. Он особенно часто встречается около проезжей части. В глубине леса можно было встретить представителя рода Эверния. Эверния сливовая имеет II класс полеотолерантности и с большей вероятностью встречается на достаточно чистых, близких к естественным условиям, местам [5].

Количественным показателем, характеризующим площадь покрытия лишайником субстрата, является проективное покрытие [2]. В среднем покрытие на участке вдоль дороги составило 49%, а в чаще леса 48,5%, что соответствует 4 баллам. Большую часть покрытия занимали листоватые виды лишайников, которые составляли порядка 50% покрытия на каждом отдельном дереве. Кустистые встречались очень редко, в глубине леса площадь покрытия занимала не более 5% на каждом дереве, тогда как около дороги был встречен лишь один экземпляр. Стоит заметить, что покрытие в чаще леса имеет усредненное значение, тогда как вдоль автотранспортной дороги оно варьируется от 0 до более чем 80%.

Морфологические изменения так же затронули лишайниковую флору. Особенно часто изменения таллома можно было наблюдать на участке вдоль дороги. Помимо небольших размеров многие виды были подвержены краевому некрозу. Некоторые представители имели более темный цвет, не соответствующий норме. Апотеции лишайника, которые играют важнейшую роль в размножении растений, тоже ощущают дискомфорт вблизи автомобильных выхлопов. Было замечено, что их количество на талломах сокращается, вместе с этим наблюдается уменьшение размеров открытого плодового тела.

Для более реального анализа была необходима балльная система оценки и ранжирование исследуемой территории по уровню антропогенной нагрузки. Индекс полеотолерантности (ИП) учитывает видовой состав лишайников, поэтому он был использован в качестве дополнительного метода. По получаемым данным можно также отследить концентрацию двуокиси серы ( $\text{SO}_2$ ), которая, как считается, оказывает самое большое отрицательное действие на лишайнофлору и при высоких концентрациях губительно сказывается на большинстве растительных организмов [5]. Индекс полеотолерантности вдоль автотранспортной дороги составил значение 6,8. В глубине леса индекс показал значение 1,5. Полученные результаты, в соответствии с общедоступными сведениями, соответствуют концентрации  $\text{SO}_2$  в атмосферном воздухе от 0,01 до 0,08 мг/м<sup>3</sup> (табл. 3). Это свидетельствует о минимальном загрязнении в лесной зоне, отдаленной от антропогенного воздействия. Участок, расположенный в непосредственной близости к проезжей части, соответствует значению концентрации, близкому к среднему. Стоит заметить, что дорога к с. Дичня не является

центральной, а значит, и сосредоточие машин на ней не такое значительное. Однако даже при этом условии хорошо заметны изменения качественного состава атмосферы, которые включают в себя морфологические особенности лишайниковой флоры.

**Таблица 3**

Качество воздуха в соответствии с индексом полеотолерантности (ИП)

ИП	Концентрация $\text{SO}_2$ в мг/м <sup>3</sup>	Качество воздуха
1–2	Менее 0,01 мг/м <sup>3</sup>	Очень чистый
2–5	0,01–0,03 мг/м <sup>3</sup>	Чистый
5–7	0,03–0,08 мг/м <sup>3</sup>	Относительно чистый
7–10	0,08–0,10 мг/м <sup>3</sup>	Умеренно загрязненный
10	0,10–0,30 мг/м <sup>3</sup>	Сильно загрязненный
0	более 0,3 мг/м <sup>3</sup>	Лишайниковая пустыня

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что воздух вдоль автотранспортной дороги и в глубине леса, рядом с с. Дичня, отличается по качественному составу. При учете количества проезжающего автотранспорта воздушная среда около дороги осталась относительно чистой. Если судить по видовому составу, то, безусловно, воздух в чаще леса намного качественнее по химическому составу, чем у дороги. Это видно по частому появлению кустистых лишайников, которые, как правило, не переносят высокий уровень загрязнения. У дороги представитель данного типа встретился лишь единожды из выбранных десяти деревьев.

При данном уровне загрязнения атмосферного воздуха (концентрация  $\text{SO}_2$  от 0,01 до 0,08 мг/м<sup>3</sup>) не происходит сильных визуальных морфологических изменений таллома, однако реакция кустистых форм лишайника проявляется в образовании более компактных или мелких тел, что и было замечено. Листоватые формы характеризуются умеренной жизнеспособностью и имеют физиологически и морфометрически здоровые талломы. Кустистые лишайники часто были представлены одиночными образованиями, и не было замечено ни одного скопления даже в лесной зоне.

С помощью лишайноиндикационных методов мы доказали, что автомобильные вы-

хлопы негативно влияют на органический мир, обедняя видовой состав. Расчет индекса полеотолерантности наглядно продемонстрировал увеличение концентрации диоксида серы, среднесуточная предельно допустимая концентрация которого (ПДК) составляет 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Если даже на проселочных дорогах так существенно изменяется качественный состав воздуха, то в центре города это число будет многократно выше.

#### Список литературы

1. Копылова А.А., Протасова М.В. Аккумуляция тяжелых металлов эпифитными лишайниками на территории города Курска // Здоровые почвы – гарант устойчивости развития: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Курск, 18–19 апреля 2022 г.). Курск: Курский государственный университет, 2022. С. 19–17.
2. Чеснокова С.М. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды: М.: Практикум; Владимир: Владимирский государственный университет, 1999. 38 с.
3. Блинова Э.А., Иванов Е.С., Арсенин А.И., Пирогова Ю.П. Лихеноиндикация как метод регистрирующей биоиндикации урбанизированных территорий (на примере г. Рязань и п.г.т. Шилово Рязанской области) // Центральный научный вестник. 2018. № 17–3. С. 3–6.
4. Ерошенко В.И., Ивошин К.М. Оценка состояния атмосферного воздуха на улице Кибальчича Алексеевского района города Москвы методом лишеноиндикации // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2019. № 6–63. С. 33–37.
5. Мальшкин Н.Г. Оценка состояния атмосферного воздуха в районе деятельности промышленного предприятия методом лишеноиндикации // Успехи современного естествознания. 2018. № 11–2. С. 361–365.
6. Толпышева Т.Ю., Шишконова Е.А. Лишайники природного парка «Нумто». Краткий определитель. М.: Бюджетное учреждение ХМАО-Югры «Природный парк «Нумто», 2018. 189 с.
7. Горленко М.В. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. М.: Мысль, 1978. 366 с.