

Муниципальное автономное образовательное учреждение  
«Лицей народной дипломатии» г. Сыктывкара

Республика Коми

## **Эпифитные лишайники как биоиндикаторы загрязнения воздуха города Сыктывкара**

Автор:

**Терентьев Артём Дмитриевич,**  
учащийся 11 класса

Руководитель:

**Константинова Татьяна Петровна,**  
педагог-организатор

**Научный консультант:**

Пыстина Татьяна Николаевна  
к.б.н, старший научный сотрудник  
Института биологии  
Коми НЦ УрО РАН

Сыктывкар, 2021

## Оглавление

	стр.
Введение.....	3
Глава 1. Обзор информационных источников.....	4
Глава 2. Материалы и методы исследований.....	5
Глава 3. Результаты исследований и обсуждение.....	5
Выводы.....	10
Заключение.....	11
Список использованных источников.....	12
Приложение.....	13

## Введение

Известно, что здоровье человека зависит от того, в какой среде – благоприятной, или неблагоприятной он живёт. По данным Государственного доклада «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2018 году» в атмосферном воздухе города были зафиксированы случаи превышения ПДК для диоксида азота, оксида углерода, взвешенных частиц, формальдегида, сероводорода (Эжва) и бенз(а)пирена. Загрязнение воздуха городов порождает **проблему** необходимости быстрого визуального определения степени чистоты воздуха.

Качество воздуха можно определять не только инструментальными методами, но и методами биоиндикации. Лихеноиндикация представляет собой один из наиболее часто применяемых методов биологического мониторинга в городах. Существует прямая зависимость между загрязнением атмосферы и видовым разнообразием эпифитных лишайников (Школьный экологический мониторинг, 2000).

Лихеноиндикация позволяет за достаточно короткий срок, по сравнению с инструментальными методами, определить уровень загрязнения воздуха в определённом районе города, что делает нашу работу **актуальной**. А знание уровня загрязнения воздуха необходимо для своевременного принятия мер по ликвидации загрязнителей.

Лихеноиндикация представляет собой хорошо применяемый в последние десятилетия метод оценки качества одного из важнейших показателей урбоэкосистем – атмосферного воздуха. Наибольшую индикационную значимость имеют эпифитные лишайники благодаря их высокой чувствительности к атмосферному загрязнению, обусловленной тем, что они всей поверхностью таллома поглощают влагу и минеральные вещества, поступающие из атмосферы (Школьный экологический мониторинг, 2000).

**Цель:** изучение биоиндикационные показатели лишайникового покрова в различных районах г. Сыктывкара, отличающихся разными уровнями антропогенной нагрузки.

Для выполнения данной цели нами были поставлены следующие **задачи**:

- 1) изучить материалы информационных источников о эпифитных лишайниках как биоиндикаторах загрязнения воздуха;
- 2) освоить методы отбора образцов эпифитных лишайников и определения их проективного покрытия на участках города с различными уровнями загрязнения воздуха;
- 3) изучить видовой состав и виды поражений эпифитных лишайников, встречающихся на различных участках города, в камеральных условиях;
- 4) проанализировать содержание некоторых химических элементов (серы, магния, мышьяка и тяжёлых металлов: меди, свинца, никеля) в талломах эпифитных лишайников.

**Объект исследования:** эпифитные лишайники, произрастающие на берёзах различных участков города Сыктывкара и его окрестностей.

**Предмет исследования:** проективное покрытие, видовое разнообразие и виды поражений талломов эпифитных лишайников.

## Глава 1. Обзор информационных источников

Лишайники (*Lichenes*) – организмы, образованные симбиозом гриба и водоросли (Биология. Большой энциклопедический словарь, 1998). Вегетативное тело лишайника – таллом, или слоевище – очень разнообразно по форме и окраске. По внешнему виду различают три типа талломов: накипные, кустистые и листоватые.

**Накипные, или корковые,** лишайники имеют вид налета или корочки на субстрате произрастания.

**Листоватые** лишайники имеют вид листовидной пластинки, горизонтально распростертой по поверхности субстрата.

**Кустистые** лишайники имеют вид прямостоящих или повисающих кустиков. По уровню организации – это наиболее высокоорганизованные слоевища.

Лишайники широко распространены по всему земному шару. По приуроченности к субстрату лишайники подразделяют на несколько экологических групп (Водоросли, лишайники и мохообразные СССР, 1978).

**Напочвенные, или эпигейные,** лишайники произрастают на почве, забирая из неё, подобно растениям, питательные вещества.

**Эпифитные лишайники** поселяются на деревьях и кустарниках.

**Эпилитные лишайники** поселяются на камнях и скалах и представлены в основном накипными видами.

Лишайники являются одними из самых долгоживущих организмов и могут достигать возраста нескольких сотен лет, что позволяет использовать их в качестве индикаторов не только для однократных, но и для длительных мониторинговых исследований. Установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха первыми исчезают кустистые, затем листоватые и последними – накипные (корковые) формы лишайников. Это легко объясняется разницей в площади поглощающей поверхности. Устойчивость (чувствительность) видов определяется не только поглощающей поверхностью, большое значение имеет также индивидуальная устойчивость вида. Чувствительность видов зависит также от вида загрязнения и в значительной степени определяется факторами среды. Лишайники чутко реагируют на характер и состав воздуха. В силу чрезвычайного долголетия лишайников их можно использовать для датировки возраста различных предметов на основе измерения их слоевищ – в диапазоне от нескольких десятилетий до нескольких тысячелетий.

Один из ведущих лихенологов Х. Х. Трасс, (цит. по <http://xn--80ahlydgb.xn--p1ai/lichens/likhenoindikatsiya.php>) разделил методы лихеноиндикации (т.е. индикации с помощью лишайников) на три группы. На первое место он поставил методы, позволяющие изучать изменения, которые происходят в строении и жизненных функциях лишайников под воздействием загрязнения. Методы второй группы базируются на описании видов лишайников, обитающих в районах с различной степенью загрязнения атмосферы. Третья группа включает методы изучения целых лишайниковых сообществ в загрязненных районах и составление специальных карт. При использовании методов первой группы можно выбрать показательный вид лишайника, достаточно легко отзывающийся на ухудшение качества окружающей среды.

## Глава 2. Материалы и методы исследования

Работы по определению видового разнообразия, проективного покрытия и видов поражений лишайников проводились в течение двух лет (2018-2019 гг.) на различных участках города и окрестностей.

Для определения видового разнообразия эпифитных лишайников нами было исследовано по 10 берез на десяти участках, расположенных на территории г. Сыктывкара и его окрестностей (названия и местоположения участков см. на [карте №1](#)). С каждой березы были отобраны образцы лишайников (с участков стволов, ориентированных на все четыре стороны света).

Определение проективного покрытия стволов берез лишайниками проводили методом «палетки» (Школьный экологический мониторинг, 2000).

Определение лишайников и видов поражений их талломов проводилось под руководством к.б.н. Т.Н. Пыстиной с использованием современных определителей, набора качественных реактивов и оптической техники.

Определение химических элементов (серы, магния, мышьяка и тяжёлых металлов: никеля, свинца и меди) было выполнено в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

## Глава 3. Результаты исследования и обсуждение

Всего на участках нами было обнаружено 39 видов эпифитных лишайников из 10 семейств (Приложение). Из них 10 видов (26%) относятся к накипным лишайникам, 22 видов (56%) – к листоватым, 7 видов (18%) – к кустистым лишайникам.

Среди лишайников преобладают виды семейства Пармелиевые (41%). На втором месте находятся виды семейства Фисциевые (31%). Семейства Канделяриевые, Леканоровые, Лецидеевые, Лихеновые, Сколициоспоровые, Телосхистовые, Кладониевые и Охролехиевые представлены одним видом (рис. 1).

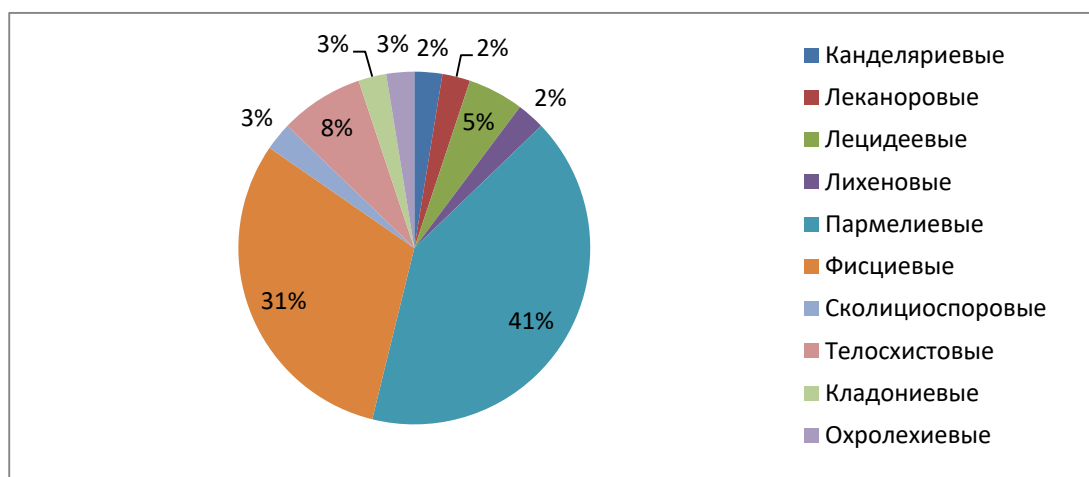


Рис. 1. Распределение видов лишайников по семействам

Разнообразие семейств и видов лишайников различно на участках с разной степенью автотранспортной нагрузки. Установлено, что наибольшее видовое разнообразие наблюдается на участках парков и скверов города: в

Мичуринском парке насчитывается 18 видов, в Кировском парке – 15, в сквере у Вечного Огня – 14. На одной из самых загрязнённых улиц города – Октябрьском проспекте – видовое разнообразие минимально – 8 видов (рис. 2). Обращает на себя внимание низкое видовое разнообразие на участке 17 км объездной дороги (7 видов). Возможно, это связано с тем, что этот берёзовый лес является молодым.

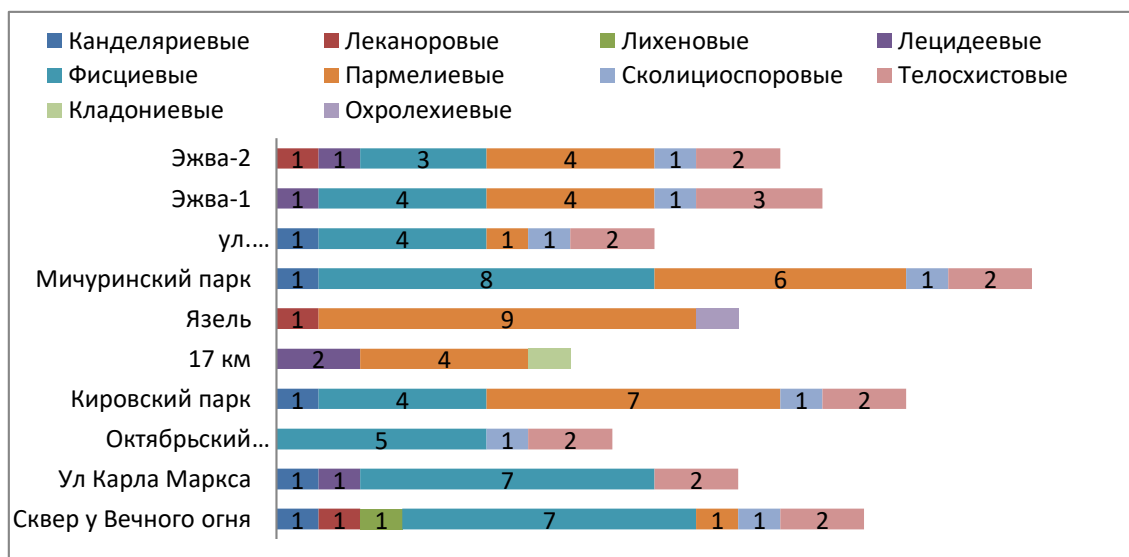


Рис. 2. Распределение представителей семейств лишайников на исследуемых участках (цифрами указано количество видов)

Наибольшее проективное покрытие зафиксировано на участке у станции Язель, а наименьшее – на участке Эжва-2 (таблица 1). Высокое проективное покрытие отмечается также на участке 17 км объездной дороги и в Кировском парке. Высокие значения величин проективного покрытия у станции Язель и на 17 км объездной дороги можно объяснить низкой, по сравнению с городом, автотранспортной нагрузкой.

Таблица 1

Проективное покрытие эпифитных лишайников на исследуемых участках

Участок	Север, %	Юг, %	Восток, %	Запад, %	Среднее значение, %
Октябрьский проспект	12	10	6	9	9
Ул. Карла Маркса	10	24	4	21	15
Сквер у Вечного огня	13	22	12	21	17
Кировский парк	17	30	28	22	24
17 км объездной дороги	29	28	26	35	30
Язель	54	41	55	39	47
Мичуринский парк	17	12	4	15	12
Ул. Коммунистическая	6	8	5	8	7
Эжва-1	12	5	8	8	8
Эжва-2	3	2	2	2	2

Загрязнение воздуха вызывает разнообразные поражения лишайников. Нами были определены и подсчитаны виды повреждений талломов на исследуемых участках. Все поражения были подразделены нами на три типа: слабые, средние и сильные (рис. 3).

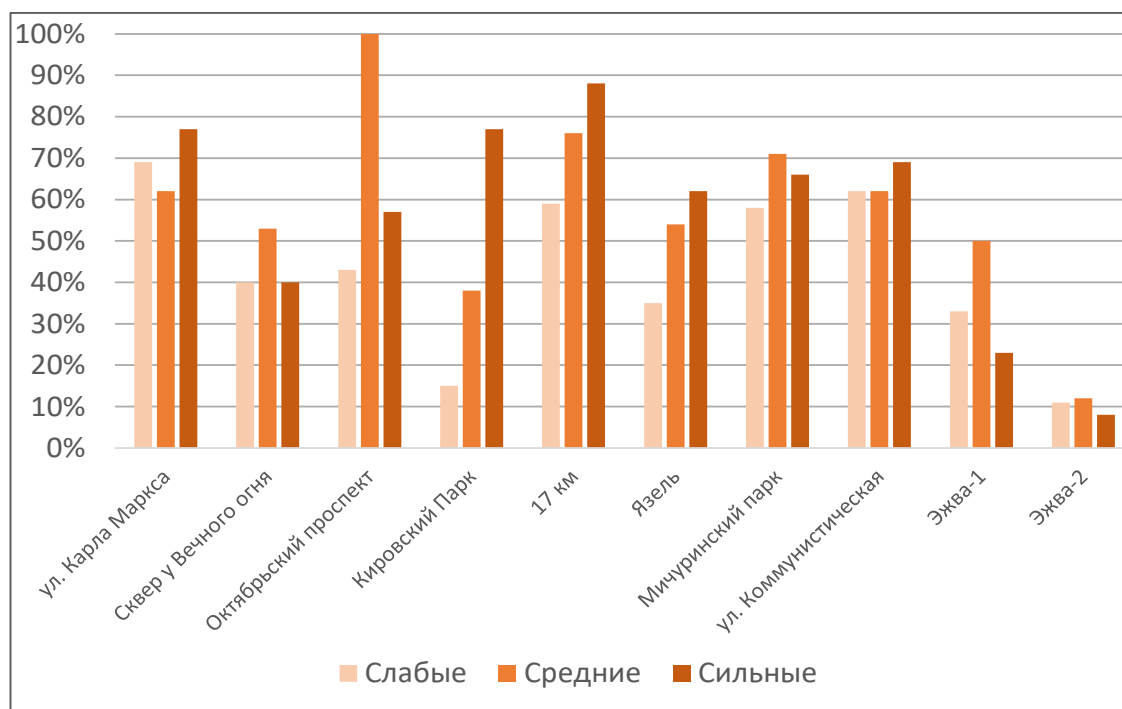


Рис. 3. Распределение видов поражений талломов лишайников на исследуемых участках

Наибольшее значение лёгких поражений зафиксировано на участке ул. Карла Маркса, средних – на участке Октябрьского проспекта, а сильных – на участке 17 км объездной дороги. Минимальные значения всех видов поражений отмечаются на участке Эжва-2, что, возможно, связано с тем, что большинство лишайников на данном участке представлены накипными формами, у которых поражения не определялись.

Лишайники способны накапливать в своих талломах все вещества, которые они поглощают вместе с углекислым газом из атмосферы. Содержание химических элементов (серы, магния, мышьяка и тяжёлых металлов) в талломах эпифитных лишайников представлено на рис. 4-6.

Наиболее высокое содержание тяжёлых металлов (никеля, свинца и меди) отмечается на наиболее оживлённых и загрязнённых улицах города (Октябрьском проспекте, ул. Коммунистическая, Карла Маркса) и участке Эжва-2 (рис. 4). Высокая концентрация тяжёлых металлов в талломах эпифитных лишайников может быть косвенно связана с высокой степенью загрязнения воздуха, что, в свою очередь, обуславливает высокую степень их поражений.

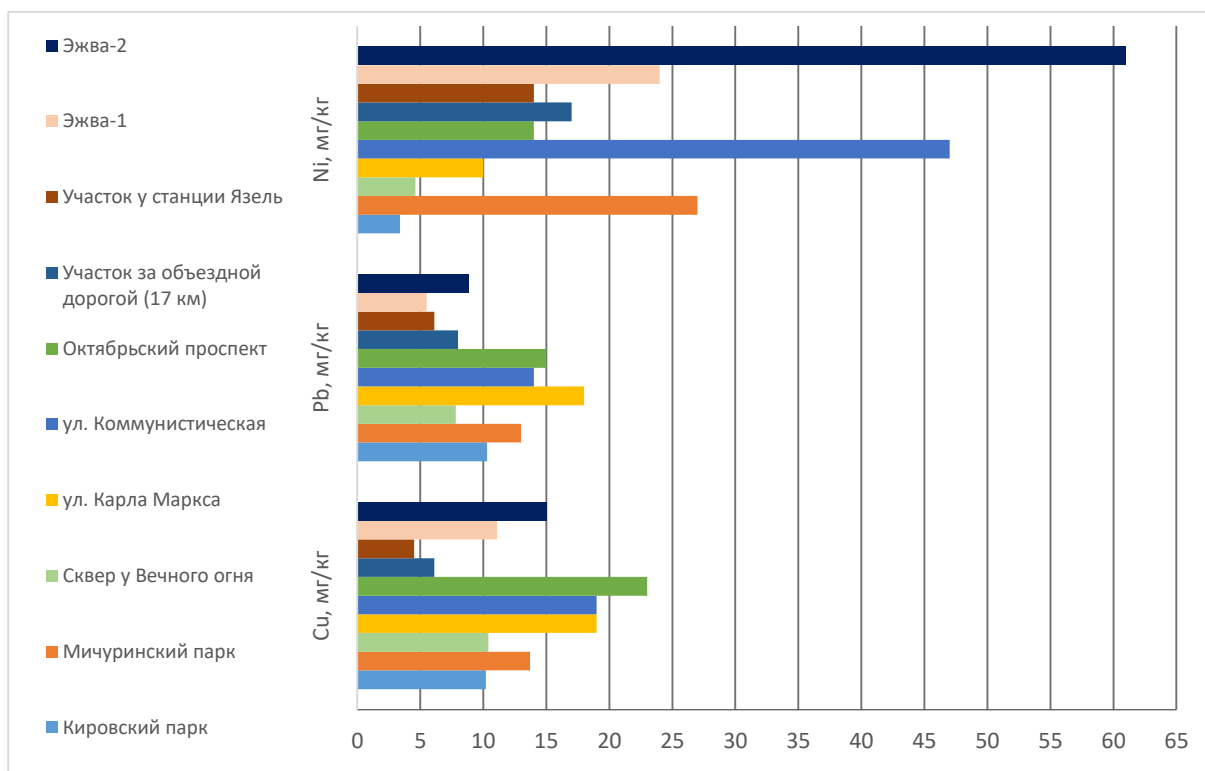


Рис. 4. Распределение некоторых тяжёлых металлов в эпифитных лишайниках на исследуемых участках

Максимальное содержание серы и магния обнаружено в лишайниках Октябрьского проспекта (рис. 5) – наиболее загрязнённой улицы города.

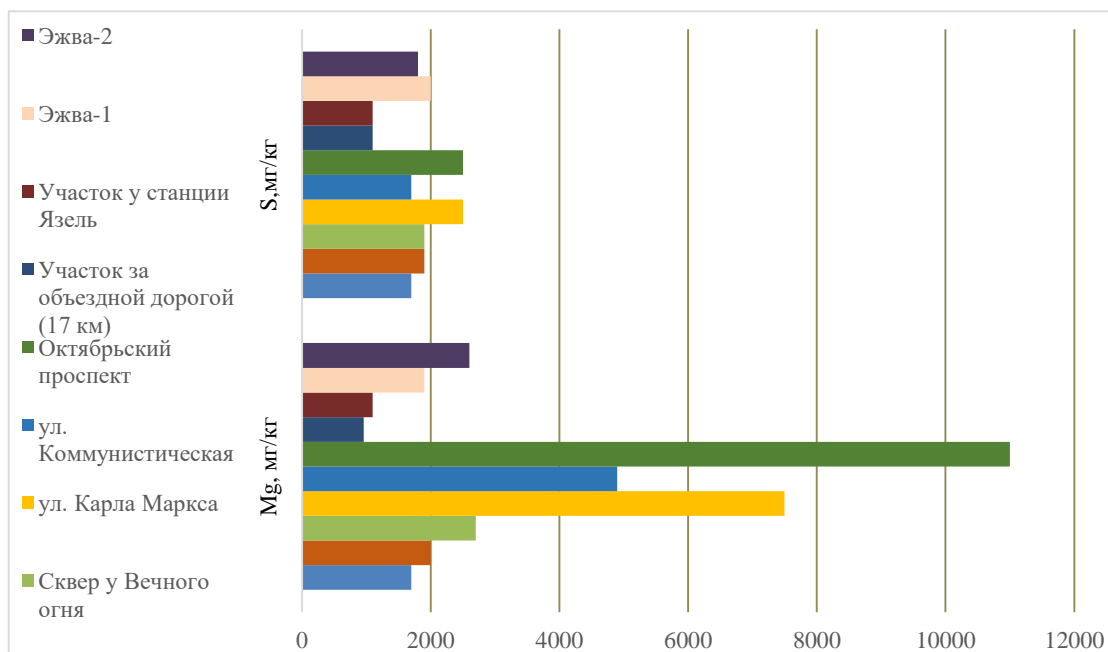
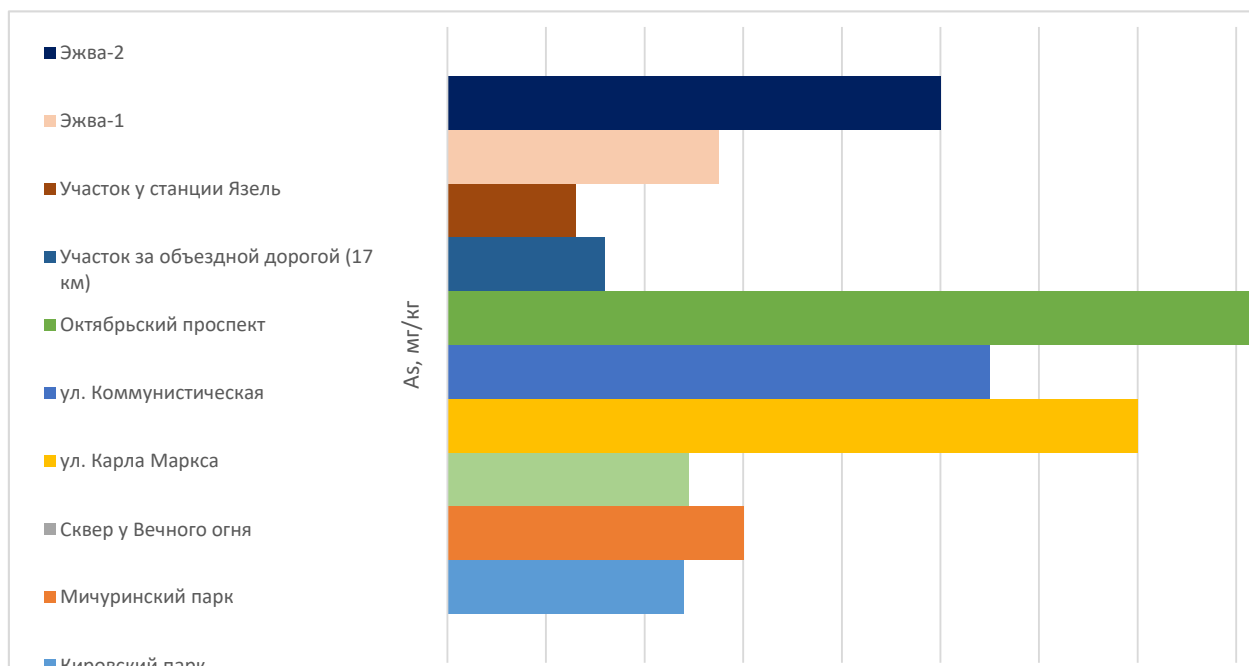


Рис. 5. Распределение серы и магния в эпифитных лишайниках на исследуемых участках



Наибольшая концентрация мышьяка в талломах эпифитных лишайников фиксируется на тех же оживлённых и загрязнённых улицах города – Октябрьском проспекте, ул. Коммунистическая, Карла Маркса (рис. 6).



**Рис. 6** Распределение мышьяка в эпифитных лишайниках на исследуемых участках

Сравнивая полученные данные по накоплению тяжелых металлов, магния, серы и мышьяка в эпифитных лишайниках с поражениями их талломов, можно сказать, что:

1) максимальное накопление никеля на участке Эжва-2 (молодой лес) позволяет считать, что атмосфера данного участка сильно загрязнена выбросами автотранспорта и Сыктывкарского лесопромышленного комплекса. Загрязнённый воздух угнетает листоватые лишайники, в результате чего наблюдается их низкое проективное покрытие по сравнению с накипными лишайниками, у которых поражения не определялись;

2) на участках в окрестностях города – у станции Язель и 17 км объездной дороги – наблюдались самые низкие уровни накопления химических элементов (меди, свинца, мышьяка, серы и магния), что свидетельствует о том, что атмосфера данных участков загрязнена несильно. Это подтверждается также высоким уровнем проективного покрытия на этих участках;

3) в парках города, сквере у Вечного огня, на станции Язель и на участке 17 км объездной дороги – самых чистых участках из исследованных – в составе лишайников преобладают листоватые формы талломов при минимальном проективном покрытии накипных лишайников.

## Выводы

1. Анализ материалов информационных источников показал, что эпифитные лишайники являются надёжными индикаторами загрязнения воздуха.

2. Нами освоены методы отбора образцов эпифитных лишайников и определения их проективного покрытия на участках города с различными уровнями загрязнения воздуха; определения видового состава и видов поражений лишайников в камеральных условиях; проанализированы данные по содержанию химических элементов (сера, магний, мышьяк, никель, свинец, медь) в талломах лишайников.

3. Изучение видового состава и проективного покрытия эпифитных лишайников, встречающихся на различных участках г. Сыктывкара показало следующее:

- Всего на исследуемых участках определено 39 видов эпифитных лишайников, относящихся к 10 семействам.

- Загрязнение воздуха определяет структуру лишенофлоры на участках с разной степенью автотранспортной нагрузки: наибольшее видовое разнообразие наблюдается в скверах и парках города, где в структуре лишайников преобладают листоватые формы.

- Проективное покрытие эпифитных лишайников напрямую зависит от степени загрязнения воздуха: оно максимально рядом со станцией Язель, а минимально – на участке Эжва-2.

- Исследованные нами виды поражений эпифитных лишайников показали, что при длительном загрязнении воздушной среды происходят многочисленные повреждения талломов: изменение типичной окраски, бугристость и разрушение корового слоя, поражение лишенофильными грибами, отмирание (некроз) центральных участков талломов, хлороз, угнетение полового размножения, формирование компактных талломов с укороченными лопастями и т.д. Сильнее всего от загрязнения воздуха страдают лишайники семейств *Parmeliaceae* и *Physciaceae*. Между чистотой воздуха и количеством поражений прямой зависимости не обнаружено.

- С увеличением содержания тяжёлых металлов, серы, магния и мышьяка в талломах лишайников, свидетельствующего о высоком уровне загрязнения воздуха, обнаруживается уменьшение проективного покрытия листоватых форм талломов, что позволяет сделать вывод, что загрязнение воздуха напрямую влияет на структуру лишенофлоры и проективное покрытие эпифитов.

## **Заключение**

На основании проведённых исследований была создана интерактивная [карта №2](#), содержащая в себе информацию о биоразнообразии и среднем проективном покрытии эпифитных лишайников и предварительную оценку степени загрязнения атмосферы на исследованных участках.

Автор работы благодарит за помощь в определении видового состава эпифитных лишайников старшего научного сотрудника отдела флоры и растительности Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН к.б.н. Т.Н. Пыстину и сотрудников экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Также автор выражает искреннюю благодарность Процив Полине, учащейся 10 класса МАОУ «Лицей народной дипломатии» г. Сыктывкара, принимавшей участие в отборе образцов эпифитных лишайников, определении их проективного покрытия и видового состава.

### Список использованных источников

1. Биология. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. – 3-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 864 с.
2. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. – М.: Мысль, 1978. – 365 с.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Коми в 2018 году. – Сыктывкар: 2019 – 124с.
4. Школьный экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие/ Под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: АТАР, 2000. – 385с.
5. <http://xn--80ahlydgb.xn--p1ai/lichens/likhenoidikatsiya.php>

## Приложение

Таблица

Систематический список эпифитных лишайников на исследуемых участках

Семейство	Вид	Тип таллома	Встречаемость
Канделяриевые <i>Candelariaceae</i>	<i>Candeliariella xanthostigma</i>	Накипной	5
Леканоровые <i>Lecanoraceae</i>	<i>Lecanora SP*</i>	Накипной	3
Лецидеевые <i>Lecideaceae</i>	<i>Lecidea nulanderi</i>	Накипной	1
	<i>Lecidea SP</i>	Накипной	4
Лихеновые <i>Lichinaceae</i>	<i>Lichinodium sirosiphoideum</i>	Накипной	1
Кладониевые <i>Cladoniaceae</i>	<i>Cladonia cenotea</i>	Кустистый	1
Охролехиевые <i>Ochrolechiaceae</i>	<i>Ochrolechia androgina</i>	Накипной	1
Пармелиевые <i>Parmeliaceae</i>	<i>Brioria capillaris</i>	Кустистый	1
	<i>Bryoria nadvornikiana</i>	Кустистый	1
	<i>Evernia mesomorpha</i>	Кустистый	3
	<i>Hypogymnia physodes</i>	Листоватый	3
	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Листоватый	2
	<i>Melanohalea exasperata</i>	Листоватый	3
	<i>Melanohalea exasperatula</i>	Листоватый	2
	<i>Melanelia olivacea</i>	Листоватый	5
	<i>Parmelia sulcata</i>	Листоватый	8
	<i>Usnea hirta</i>	Кустистый	1
	<i>Usnea subfloridana</i>	Кустистый	1
	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	Листоватый	1
	<i>Usnea filipendula</i>	Кустистый	1
	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Листоватый	1
	<i>Vulpicida pinastris</i>	Листоватый	2
Фисциевые <i>Physciaceae</i>	<i>Buellia disciformis</i>	Накипной	2
	<i>Physcia ciliata</i>	Листоватый	4
	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Листоватый	3
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Листоватый	8
	<i>Physcia aipolia</i>	Листоватый	5
	<i>Physcia dubia</i>	Листоватый	3
	<i>Physcia stellaris</i>	Листоватый	5
	<i>Physcia adscedens</i>	Листоватый	1
	<i>Physconia deterosa</i>	Листоватый	1
	<i>Physconia peresidiosa</i>	Листоватый	1
	<i>Physcia SP*</i>	Листоватый	1
<i>Rinodina SP*</i>	Накипной	7	
Сколициоспоровые <i>Scoliciosporaceae</i>	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	Накипной	7
Телосхистовые <i>Teloschistaceae</i>	<i>Caloplaca SP*</i>	Накипной	6
	<i>Xanthoria Candelaria</i>	Листоватый	3
	<i>Xanthoria Parietina</i>	Листоватый	8

\* - лишайник определен до рода