

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

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

Исполнитель:

Терентьев Артём Дмитриевич,
учащийся 9 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, 2019

Содержание

	стр.
Введение.....	3
Глава 1. Обзор информационных источников.....	5
1.1. Строение лишайников.....	5
1.2. Размножение лишайников.....	6
1.3. Экологические группы лишайники.....	7
1.4. Лихеноиндикация.....	8
Глава 2 Материалы и методы исследований	10
Глава 3. Результаты исследований и обсуждение.....	10
Заключение.....	20
Список использованных источников.....	22

Введение

Известно, что здоровье человека зависит от того, в какой среде – благоприятной, или неблагоприятной он живёт. Основными источниками загрязнения воздуха городов являются: все виды транспорта, предприятия теплоэнергетики, газоперерабатывающие заводы, предприятия лесопереработки, стройиндустрия. Качество атмосферного воздуха в г. Сыктывкаре отслеживается на 3-х стационарных постах Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (Гос. доклад..., 2019 г.). По данным Государственного доклада «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2018 году» в атмосферном воздухе города Сыктывкара были зафиксированы случаи превышения ПДК для диоксида азота, оксида углерода, взвешенных частиц, формальдегида, сероводорода (микрорайон Эжва) и бенз(а)пирена.

Качество воздуха можно определять не только инструментальными методами, но и методами биоиндикации. Есть множество способов измерения чистоты воздуха, применяемых в биологическом мониторинге. Лихеноиндикация представляет собой один из наиболее часто применяемых методов биологического мониторинга в городах. Эпифитные лишайники, будучи широко распространенными организмами с достаточно высокой восприимчивостью к загрязнителям окружающей среды, являются удобными биоиндикаторами (Школьный экологический мониторинг, 2000). Эпифитные лишайники обладают высокой чувствительности к атмосферному загрязнению, обусловленной тем, что они всей поверхностью поглощают влагу и минеральные вещества, поступающие из атмосферы.

Существует прямая зависимость между загрязнением атмосферы и видовым разнообразием эпифитных лишайников (Школьный экологический мониторинг, 2000). Особая чувствительность лишайников объясняется тем, что они не могут выделять в среду поглощённые ими токсические вещества, которые вызывают физиологические нарушения и морфологические изменения. На чистоту встречаемости лишайников влияет также кислотность субстрата.

Лихеноиндикация позволяет достаточно быстро, 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.

Цель: изучить эпифитные лишайники на участках города Сыктывкара с разными уровнями антропогенной нагрузки.

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

- 1) определить видовой состав эпифитных лишайников, встречающихся на участках города Сыктывкара с разными уровнями антропогенной нагрузки;
- 2) определить проективное покрытие эпифитных лишайников, встречающихся на участках города Сыктывкара с разными уровнями антропогенной нагрузки;

3) выявить виды поражений эпифитных лишайников, встречающихся на участках города Сыктывкара с разными уровнями антропогенной нагрузки.

Гипотеза: эпифитные лишайники являются надёжными биоиндикаторами загрязнения атмосферного воздуха.

В отборе образцов эпифитных лишайников, определении их проективного покрытия и видового состава принимала участие учащаяся 9 класса МАОУ «Лицей народной дипломатии» г. Сыктывкара Процив Полина.

Автор работы благодарит за помощь в определении видового состава эпифитных лишайников Татьяну Николаевну Пыстину, к.б.н., старшего научного сотрудника Института биологии Коми НЦ УрО РАН, а также Татьяну Петровну Константинову, педагога-организатора МАОУ «Лицей народной дипломатии».

Глава 1. Обзор информационных источников

1.1 Строение лишайников

Лишайники (*Lichenes*) – организмы, образованные симбиозом гриба и водоросли (Биология. Большой энциклопедический словарь, 1998). Лишайники представляют собой весьма своеобразную группу споровых растений, состоящих из двух компонентов – гриба (микобионт) и одноклеточной, реже нитчатой, водоросли (фикобионт), которые живут совместно как целостный организм. При этом функция основного размножения и питания за счёт субстрата принадлежит грибу, а функция фотосинтеза – водоросли.

Вегетативное тело лишайника – таллом, или слоевище – очень разнообразно по форме и окраске. По внешнему виду различают три типа талломов: накипные, кустистые и листоватые; эти типы связаны между собой переходными формами. Четких разграничений между ними нет. Существуют переходные формы слоевищ как между накипной и листоватой, так и листоватой и кустистой (Водоросли, лишайники и мохообразные СССР, 1978).

Накипные, или корковые, лишайники имеют вид налета или корочки на субстрате произрастания. Как правило, это наиболее просто устроенные виды. Таллом накипных лишайников очень прочно срастается с субстратом – корой деревьев, обнажённой древесиной, поверхностью скал и камней. Этот таллом невозможно отделить от субстрата, не повредив его. Поверхность такого таллома может быть порошковатой, зернистой, бугорчатой или (реже) гладкой. Окраска бывает различной, обычно неярко. Наиболее примитивный тип накипного слоевища – лепрозный. Лепрозные слоевища состоят из скоплений отдельных комочков – клубочков водорослей, окруженных грибными гифами. Такие комочки легко отрываются и переносятся ветром или животными в другие места, где прикрепляются к субстрату и спустя некоторое время разрастаются в новые лепрозные слоевища.

Листоватые лишайники имеют вид листовидной пластинки, горизонтально распростёртой по поверхности субстрата. За счёт радиального краевого роста форма слоевищ, как правило, округлая. Характерной особенностью листоватых слоевищ является специфическое строение: верхняя сторона по цвету и структуре отличается от нижней. Листоватые лишайники прикрепляются к субстрату обычно на большей своей части с помощью грибных нитей (гиф) – ризин или отдельных тонких нитей – ризоидов (Водоросли, лишайники и мохообразные СССР, 1978).

Кустистые лишайники имеют вид прямостоящих или повисающих кустиков. По уровню организации – это наиболее высокоорганизованные слоевища. Вертикальный верхушечный рост гиф позволяет кустикам изгибаться и занимать более выгодное положение относительно солнца для осуществления процесса фотосинтеза. Кустистые лишайники разнообразны по размерам. У кустистых лишайников таллом состоит из ветвей или более толстых, часто ветвящихся стволиков. Такой кустистый лишайник срастается с субстратом только своим гомфом и растёт вертикально либо наискось (напочвенные виды) или свисая вниз (виды, растущие на стволах и ветвях

деревьев). Талломы большинства кустистых лишайников имеют радиальное строение (у кладонии, уснеи, алектории). Есть кустистые лишайники с лентовидным ветвящимся талломом, где морфологически хорошо различаются две стороны – верхняя и нижняя (так называемое дорсовентральное строение). Такой таллом характерен для рода цетрария (Водоросли, лишайники и мохообразные СССР, 1978).

1.2 Размножение лишайников

Размножаются лишайники, подобно грибам, спорами. На талломе лишайника из грибных гиф формируются плодовые тела гриба со спорами. Это в основном вертикально расположенные на поверхности таллома апотеции или погруженные в таллом кувшиновидные перитеции. В апотециях и перитециях формируются споры для размножения лишайникового гриба.

Все споры в размере не более нескольких тысячных долей миллиметра. Они распространяются по воздуху и могут, в случае достижения ими более высоких слоёв атмосферы, перемещаться на большие расстояния, а иногда и по всему миру, колонизируя, таким образом, даже изолированные субстраты. Споры лишайникового гриба, выбрасываемые из перитециев и апотециев, прорастают в гифы, которые, переплетаясь, образуют зачаточный таллом лишайника, или прототаллом. Чтобы в дальнейшем из него возник настоящий лишайник, необходим контакт прототаллома с определённым видом водоросли, а также определённые внешние условия. В противном случае прототаллом быстро погибает. Таким образом, споры гриба, образующиеся в апотециях и перитециях, большого значения для размножения лишайников не имеют, поскольку сочетание необходимых для этого условий в природе встречается редко.

Более важны для размножения лишайников такие образования, в которых одновременно присутствуют гифы гриба и клетки водоросли. Это соредии и изидии. Они служат для размножения лишайника как целого организма. Попав в благоприятные условия, они дают непосредственное начало новому таллому.

Соредии представляют собой мельчайшие образования в виде пылинок, состоящих из одной или нескольких клеток водоросли, окружённых гифами гриба. Соредии, разносимые ветром и дождевой водой, попав в благоприятные условия, постепенно образуют новое слоевище. Возобновление нового таллома из соредии происходит очень медленно. Так, у видов из рода кладония нормальные чешуйки первичного таллома развиваются из соредий только через 9-24 месяцев.

Изидии встречаются у меньшего числа лишайников, нежели соредии. Они представляют собой простые или коралловидно разветвлённые выросты, обычно покрывающие внешнюю сторону таллома. В отличие от соседней (скоплений соредий) изидии снаружи покрыты корой, часто более тёмной, чем таллом. Под ней они содержат грибные гифы и водоросли. Изидии легко отламываются от поверхности слоевища. Обламываясь и распространяясь с

помощью дождя и ветра, они, как и соредии, могут при благоприятных условиях образовывать новые талломы лишайников.

Многие лишайники не образуют этих органов воспроизводства и размножаются участками слоевища, которые легко отламываются от хрупких в сухую погоду лишайников или животными и ими же переносятся. Особенно распространён этот метод размножения в арктических областях.

1.3 Экологические группы лишайников

Лишайники насчитывают около 25 тысяч видов и широко распространены по всему земному шару – от полярных холодных скал до раскалённых камней пустынь.

По приуроченности к субстрату лишайники подразделяют на несколько экологических групп (Водоросли, лишайники и мохообразные СССР, 1978).

Напочвенные, или эпигейные, лишайники произрастают на почве, извлекая, как и растения, из неё питательные вещества. Поскольку они вынуждены выдерживать сильную конкуренцию со стороны высших растений, особенно травянистых, они редко встречаются на плодородных почвах и достигают большего развития в местах, мало пригодных для высших растений. Напочвенные лишайники могут расти как на открытых местах, так и в лесах. Особенно активно разрастаются эпигейные лишайники в тундре и лесотундре, где часто занимают громадные площади и определяют характер ландшафта.

Эпифитные лишайники поселяются на деревьях и кустарниках. Среди них можно выделить несколько подгрупп: эпифилльные лишайники, растущие на листьях деревьев и кустарников; настоящие эпифитные лишайники, растущие на коре; эпиксилные лишайники, растущие на оголённой и обработанной древесине (Водоросли, лишайники и мохообразные СССР, 1978).

Эпифитные лишайники на коре деревьев многочисленны. Здесь обитают и накипные, и листоватые, и кустистые формы. Нередко они сплошь покрывают ствол дерева на большом протяжении.

Для преобладающего расселения того или иного вида имеет значение строение коры. Приуроченность лишайников к определённым лесным породам в известной степени зависит и от климатических условий, в которых произрастает данная порода. Например, различается по качественному и количественному составу лишайников сосны Прибалтики, средней полосы Европейской части России и Европейского Севера (Водоросли, лишайники и мохообразные СССР, 1978).

Распространено мнение, что эпифитные лишайники поселяются на старых, ослабленных деревьях. Действительно, в ряде случаев это так: на старых экземплярах елей более богатый видовой состав лишайников. Однако лишайники часто растут и на молодых, хорошо развитых деревьях и кустарниках.

Расселение лишайников на стволе зависит в основном от освещённости. Лишайники, приспособленные к существованию при малой освещённости, поселяются ближе к основанию ствола, а светолюбивые поднимаются по

стволу. На основании лишайники конкурируют со мхами. Вероятно, они частично на них паразитируют.

Эпилитные лишайники поселяются на камнях и скалах и представлены в основном накипными видами. Расселение их по субстрату различно. Один вид может сплошь покрыть скалу или крупный камень на большой площади, придавая им характерную для определённого вида лишайника жёлтую, оранжевую, зеленоватую, коричневатую, чёрную или другую окраску. В другом случае на небольшом участке могут произрастать несколько видов лишайников, образуя на субстрате пёстрый узорчатый рисунок благодаря своей разнообразной окраске. К эпилитным нужно отнести и лишайники, поселяющиеся на черепичных крышах, кирпичных строениях и т. д.

1.4 Лихеноиндикация

Лихеноиндикация представляет собой хорошо применяемый в последние десятилетия метод оценки качества одного из компонентов 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).

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 загрязнённых районах и составление специальных карт.

При использовании методов первой группы можно выбрать показательный вид лишайника, достаточно легко отзывающийся на ухудшение качества окружающей среды. Отличный пример такого индикаторного вида – гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*), и многие лишайники используют этот лишайник при проведении своих исследований. Так, изучая распространение выбросов сталелитейных заводов в Северной Финляндии, ученые собрали со стволов деревьев гипогимнию вздутую, произраставшую на разных расстояниях от заводов. По мере приближения к источнику выбросов сильно менялись такие показатели состояния растения, как кислотность клеточного сока, электропроводность, содержание хлорофилла, серы и железа в слоевище и степень поврежденности фикобионта.

За состоянием водоросли в лишайнике легко наблюдать, пользуясь флуоресцентным микроскопом. Здоровые клетки в синем или ультрафиолетовом свете имеют характерное красное свечение. По мере разрушения клеток цвет становится сначала коричневым, затем оранжевым и потом белым (<http://xn--80ahlydgb.xn--p1ai/lichens/likhenoidikatsiya.php>).

Глава 2. Материалы и методы исследования

Для определения видового разнообразия эпифитных лишайников нами были отобраны образцы лишайников с 40 берез (со всех сторон света) на четырех участках города Сыктывкара: ул. К. Маркса, Октябрьском проспекте, в сквере у Вечного огня и в Кировском парке. На каждом участке было обследовано по 10 берёз с прямыми стволами и диаметром стволов не менее 10 см на уровне груди.

На этих же березах было определено проективное покрытие методом «палетки». Этот способ непосредственного измерения проективного покрытия лишайников на стволах деревьев, т.е. измерения процентного отношения площади, покрытой лишайниками, к площади, свободной от лишайников.

Палетка, сделанная из пластиковой бутылки, представляла собой рамку размером 10x10 см, разделенную на квадраты размером 1x1 см (квадраты были расчерчены острием ножа). При измерении проективного покрытия эпифитных лишайников, палетку накладывали на ствол дерева и визуально измеряли площадь покрытия лишайниками с четырех сторон света. Определение лишайников проводилось с использованием современных определителей, набора реактивов и оптической техники.

Также нами были взяты образцы коры со всех исследуемых участков для определения рН субстрата, на котором развиваются эпифитные лишайники.

Глава 3. Результаты исследования и обсуждение

Всего на четырех участках нами было обнаружено 23 вида эпифитных лишайников из 8 семейств (рис. 1).



Рис. 1. Распределение видов лишайников по семействам

Доминирует по видовому богатству семейство Фисциевые (36%). На втором месте находятся виды семейств Пармелиевые (31%). Семейства Канделяриевые, Лецидеевые, Леканоровые, Лихеновые и Сколициоспоровые представлены одним видом (4%).

Участок №1 по ул. Карла Маркса расположен между МАОУ «Лицей народной дипломатии» и ул. Чернова. Берёзы, на которых определялось видовое разнообразие лишайников и их проективное покрытие, располагались на северо-восточной стороне улицы. Освещенность этой части улицы умеренная. Кислотность коры (рН водн.) составляет 6,42.

На этом участке насчитывается 11 видов из 4 семейств (таблица 1). Доминирующим семейством на исследуемом участке является семейство *Physciaceae*.

Таблица 1

Лихенофлора участка по ул. Карла Маркса

Семейство	Вид	Тип таллома
Канделяриевые (<i>Candelariaceae</i>)	<i>Candeliariella xanthostigma</i>	Накипной
Лецидеевые (<i>Lecideaceae</i>)	<i>Lecidea sp.*</i>	Накипной
Фисциевые (<i>Physciaceae</i>)	<i>Buellia disciformis</i>	Накипной
	<i>Phaeophyscia ciliate</i>	Листоватый
	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Листоватый
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Листоватый
	<i>Physcia aipolia</i>	Листоватый
	<i>Physcia dubia</i>	Листоватый
Телосхистовые (<i>Teloschistaceae</i>)	<i>Rinodina sp.*</i>	Накипной
	<i>Caloplaca sp.*</i>	Накипной
	<i>Xanthoria Parietina</i>	Листоватый

* – лишайник определен до рода

На берёзах, произрастающих на ул. Карла Маркса, среднее проективное покрытие эпифитными лишайниками составило 15% с минимальным значением покрытия 1% и с максимальным – 33% (таблица 2).

Таблица 2

Проективное покрытие (%) эпифитных лишайников на берёзах на ул. К. Маркса

№ дерева	Сторона дерева				Среднее значение по дереву
	северная	южная	восточная	западная	
1	6	4	0,5	5	4
2	2	94	12	11	30
3	27	10	6	90	33
4	6	8	2	1	4
5	2	0,5	0,5	-	1
6	-	19	3	-	6
7	37	4	4	83	32
8	4	27	4	5	10
9	8	17	3	2	8
10	4	47	6	14	18
Среднее значение	10	24	4	21	15

Участок №2 в сквере у Вечного огня, расположенного на пересечении ул. Карла Маркса, ул. Чернова и ул. Коммунистической. Берёзы, на которых мы исследовали эпифитные лишайники, располагались от улицы Чернова по направлению к Вечному огню. Освещённость берёз неоднородна и уменьшается в направлении от ул. Чернова к Вечному огню. Кислотность коры (рН водн.) на участке составляет 6,56.

На этом участке насчитывается 14 видов из 7 семейств (таблица 3). Доминирующим семейством на исследуемом участке является семейство *Physciaceae*.

Таблица 3

Лихенофлора участка в сквере у Вечного огня

Семейство	Вид	Тип таллома
Канделяриевые (<i>Candelariaceae</i>)	<i>Candeliariella xanthostigma</i>	Накипной
Леканоровые (<i>Lecanoraceae</i>)	<i>Lecanora sp.*</i>	Накипной
Лихеновые (<i>Lichinaceae</i>)	<i>Lichinodium sirosiphoideum</i>	Накипной
Пармелиевые (<i>Parmeliaceae</i>)	<i>Parmelia sulcata</i>	Листоватый
Фисциевые (<i>Physciaceae</i>)	<i>Buellia disciformis</i>	Накипной
	<i>Phaeophyscia ciliata</i>	Листоватый
	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Листоватый
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Листоватый
	<i>Physcia aipolia</i>	Листоватый
	<i>Physcia dubia</i>	Листоватый
	<i>Rinodina sp.*</i>	Накипной
Сколициоспоровые	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	Накипной
Телосхистовые (<i>Teloschistaceae</i>)	<i>Caloplaca sp.*</i>	Накипной
	<i>Xanthoria Parietina</i>	Листоватый

* – лишайник определен до рода

На берёзах в сквере у Вечного Огня среднее проективное покрытие составило 17% с минимальным значением покрытия 2% и максимальным покрытием – 35% (таблица 4).

Таблица 4

Проективное покрытие (%) эпифитных лишайников на берёзах в сквере у Вечного огня

№ дерева	Сторона дерева				Среднее значение по дереву
	северная	северная	северная	северная	
1	5	18	6	11	10
2	3	9	3	8	6
3	6	6	37	87	34
4	17	50	6	27	25
5	16	15	13	21	16
6	18	10	22	24	19
7	64	34	18	24	35
8	<1	66	-	4	18
9	3	4	9	-	4
10	1	5	2	-	2
Среднее значение	13	22	12	21	17

Участок №3 по Октябрьскому проспекту расположен от перекрёстка ул. Оплеснина в направлении магазина «Пятёрочка». Берёзы, на которых изучались эпифитные лишайники, расположены на северо-восточной стороне улицы. Освещённость на этой стороне улицы выше, чем на ул. К. Маркса и сквере у Вечного огня. Кислотность (рН водн.) на участке – 6,65.

На участке насчитывается 8 видов из 3 семейств (таблица 5). Доминирующим семейством на исследуемом участке является семейство *Physciaceae*.

Таблица 5

Лихенофлора участка на Октябрьском проспекте

Семейство	Вид	Тип таллома
Фисциевые (<i>Physciaceae</i>)	<i>Phaeophyscia ciliata</i>	Листоватый
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Листоватый
	<i>Physcia aipolia</i>	Листоватый
	<i>Physcia stellaris</i>	Листоватый
	<i>Rinodina sp.*</i>	Накипной
Сколициоспоровые	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	Накипной
Телосхистовые (<i>Teloschistaceae</i>)	<i>Caloplaca sp.*</i>	Накипной
	<i>Xanthoria Parietina</i>	Листоватый

* - лишайник определен до рода

На берёзах Октябрьского проспекта среднее проективное покрытие составило 9% с минимальным значением покрытия 2% и максимальным покрытием – 25% (таблица 6).

Таблица 6

Проективное покрытие (%) эпифитных лишайников на берёзах Октябрьского проспекта

№ дерева	Сторона дерева				Среднее значение по дереву
	северная	северная	северная	северная	
1	28	-	24	-	13
2	68	14	5	14	25
3	4	11	4	-	5
4	5	<1	2	-	2
5	4	2	2	5	3
6	-	2	<1	5	2
7	3	50	13	5	18
8	2	2	4	-	2
9	-	5	7	<1	3
10	<1	8	2	63	19
Среднее значение	12	10	6	9	9

Исследуемый **участок №4 в Кировском парке** представляет собой склон от ул. Кирова по направлению к р. Сысола. Из-за пониженного давления над рекой поток воздуха из центра города, проходящий через парк, приносит на его территорию загрязняющие вещества. Освещённость выше умеренной. Кислотность (рН водн.) коры на участке – 6,01.

На участке в Кировском парке насчитывается 15 видов из 5 семейств (таблица 7). Доминирующим семейством на исследуемом участке является семейство *Parmeliaceae*.

Таблица 7

Лихенофлора участка Кировского парка

Семейство	Вид	Тип таллома
Канделяриевые (<i>Candelariaceae</i>)	<i>Candeliariella xanthostigma</i>	Накипной
Пармелиевые (<i>Parmeliaceae</i>)	<i>Brioria capillaris</i>	Кустистый
	<i>Evernia mesomorpha</i>	Кустистый
	<i>Hypogymnia physodes</i>	Листоватый
	<i>Hypogymnia tubulesa</i>	Листоватый
	<i>Parmelia olivacea</i>	Листоватый
	<i>Parmelia sulcata</i>	Листоватый
	<i>Usnea hirta</i>	Кустистый
Фисциевые (<i>Physciaceae</i>)	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Листоватый
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Листоватый
	<i>Physcia aipolia</i>	Листоватый
	<i>Rinodina sp.*</i>	Накипной
Сколициоспоровые	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	Накипной
Телосхистовые (<i>Teloschistaceae</i>)	<i>Xanthoria Candelaria</i>	Листоватый
	<i>Xanthoria Parietina</i>	Листоватый

* - лишайник определён до рода

На берёзах Кировского парка среднее проективное покрытие составило 24% с минимальным значением покрытия 18% и максимальным покрытием – 45% (таблица 8). Эти значения являются наиболее высокими из всех участков.

Таблица 8

Проективное покрытие (%) эпифитных лишайников на берёзах
в Кировском парке

№ дерева	Сторона дерева				Среднее значение по дереву
	северная	северная	северная	северная	
1	1	5	68	2	19
2	8	48	28	38	31
3	10	9	73	11	26
4	47	19	3	19	22
5	2	37	9	27	19
6	23	14	35	1	18
7	-	50	16	11	19
8	19	37	30	8	24
9	3	19	-	57	20
10	57	60	17	47	45
Среднее значение	17	30	28	22	24

Распределение представителей семейств лишайников (рис. 6) показывает, что наибольшим видовым разнообразием отличается участок Кировского парка – 15 видов из 5 семейств, а наименьшим – участок на Октябрьском проспекте – 8 видов из 3 семейств. Участок сквера у Вечного огня обладает также относительно высоким биоразнообразием: здесь насчитывается 14 видов из 7 семейств.



Рис. 2. Распределение представителей семейств лишайников на исследуемых участках

Наименьшее видовое разнообразие и минимальное проективное покрытие эпифитных лишайников на Октябрьском проспекте связано с интенсивной автотранспортной нагрузкой. По данным Государственного доклада о состоянии окружающей среды РК в 2018 году Октябрьский проспект является одной из самых загрязнённых улиц г. Сыктывкара. Гораздо в меньшей степени загрязнён сквер у Вечного огня, хотя он и располагается вблизи ул. Коммунистической, которая также является одной из наиболее оживлённых и загрязнённых улиц города. Кировский парк, хотя и находится рядом с улицей, закрытой для движения автотранспорта, подвержен влиянию загрязняющих веществ, «стекающих» вместе с потоком воздуха из центра города по направлению к реке.

Загрязнение воздуха вызывает разнообразные повреждения лишайников, некроз талломов и поражение их лихенофильными грибами, которые проявляются на всех участках. Сильнее всего от загрязнения воздуха страдают лишайники вида *Physcia aipolia*.

Нами были определены и подсчитаны виды поражений лишайников на участках. Все поражения были подразделены нами на три типа: слабые, средние и сильные. Меньше всего видов поражений зафиксировано в Кировском парке (7 видов). На остальных участках лишайники поражены сильнее: на них зафиксировано по 9 видов поражений (приложение, таблица).

Заключение

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

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

- Всего на исследуемых участках определено 23 вида эпифитных лишайников, относящихся к 8 семействам: в Кировском парке – 15 видов, на ул. К. Маркса – 11 видов, на Октябрьском проспекте – 8, в сквере у вечного огня – 14 видов. Из них 8 видов (35%) относятся к накипным лишайникам, 12 видов (52%) – к листоватым, 3 вида (13%) – к кустистым лишайникам.

- Проективное покрытие эпифитных лишайников максимально в Кировском парке (среднее проективное покрытие составляет 24%), а минимально – на Октябрьском проспекте (9%), что связано с уровнем загрязнения воздуха.

- Видовое разнообразие лишайников различно на участках с разной степенью автотранспортной нагрузки. Нами установлено, что наименьшее видовое разнообразие и минимальное проективное покрытие эпифитных лишайников фиксируется на Октябрьском проспекте – одной из самых загрязнённых улиц г. Сыктывкара.

- В структуре эпифитных лишайников с увеличением антропогенного загрязнения прослеживается уменьшение количества кустистых лишайников, наиболее чувствительных к загрязнению воздуха.

- Исследованные нами виды поражений эпифитных лишайников показали, что при загрязнении воздушной среды происходят негативные морфологические изменения талломов: изменение типичной окраски, бугристость и разрушение корового слоя, поражение лихенофильными грибами, отмирание (некроз) центральных участков талломов, хлороз, угнетение полового размножения, формирование компактных талломов с укороченными лопастями и т.д. Перечисленные поражения талломов эпифитных лишайников отмечены на всех участках, на каждом участке на 8-9 берёзах из десяти обследованных.

- Длительное по времени воздействие загрязняющих веществ вызывает многочисленные повреждения талломов эпифитных лишайников. Сильнее всего от загрязнения воздуха страдают лишайники семейства *Physciaceae*.

Проведённые исследования показали, что наша гипотеза о том, что эпифитные лишайники являются надёжными биоиндикаторами загрязнения атмосферного воздуха, полностью подтвердилась.

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. Херманссон Я., Пыстина Т.Н., Кудрявцева Д.И. Предварительный список лишайников Республики Коми. – Сыктывкар: 1998. – 136с.
5. Школьный экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие/ Под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: АТАР, 2000. – 385с.
6. <http://xn--80ahlydgb.xn--p1ai/lichens/likhenoidikatsiya.php>

Распределение видов поражений лишайников по участкам

Участки	Поражения					
	Слабые		Средние		Сильные	
Кировский парк	Изменение типичной окраски	16,60%	Укороченные талломы	16,60%	Обесцвечивание	41,60%
			Поражение лишенофильными грибами	25%	Некроз	50%
					Отмирание центральных участков	16,60%
					Разрушение верхнего корового слоя	8,30%
Сквер у Вечного огня	Бугристость	13,30%	Укороченные талломы	20%	Обесцвечивание	6,60%
	Изменение типичной окраски	26,60%	Поражение лишенофильными грибами	40%	Некроз	26,60%
					Отмирание центральных участков	20%
					Разрушение верхнего корового слоя	20%
					Угнетение полового размножения	13,30%
Октябрьский проспект	Бугристость	14,20%	Укороченные талломы	100%	Обесцвечивание	7,10%
	Изменение типичной окраски	21,40%	Поражение лишенофильными грибами	42,90%	Некроз	21,40%
					Отмирание центральных участков	21,40%
					Разрушение верхнего корового слоя	21,40%
					Угнетение полового размножения	14,20%
ул. Карла Маркса	Бугристость	23,10%	Укороченные талломы	15,40%	Обесцвечивание	7,70%
	Изменение типичной окраски	53,80%	Поражение лишенофильными грибами	46,10%	Некроз	15,40%
					Отмирание центральных участков	38,50%
					Разрушение верхнего корового слоя	15,40%
					Угнетение полового размножения	7,70%