**Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №135**

**с углубленным изучением английского языка Выборгского района Санкт-Петербурга**

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ИТОГОВЫЙ ПРОЕКТ**

**«Лихенофлора лесопарков Выборгского района»**

Выполнил: Асатурян Нина Семеновна ( *Ф.И.О. )*

*обучающийся 11 «А» класса*

Руководитель: учитель биологии Воронова Екатерина Сергеевна

( *Ф.И.О.,*  *должность)*

Работа допущена к защите «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021

Руководитель проекта Воронова Екатерина Сергеевна

Санкт-Петербург

2022

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc120738954)

[ГЛАВА 1. ЛИШАЙНИКИ: ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕНЕНИЕ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА. 5](#_Toc120738955)

[1.1. Краткая история развития лихенологии. 5](#_Toc120738956)

[1.2. Строение и морфология лишайника. 6](#_Toc120738957)

[1.3. Размножение и рост лишайника. 7](#_Toc120738958)

[1.4. География лишайников и применение в жизни человека. 8](#_Toc120738959)

[Выводы по главе 1. 9](#_Toc120738960)

[ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ВЫБОРГСКОМ РАЙОНЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ. 10](#_Toc120738961)

[2.1. Методика исследования. 10](#_Toc120738962)

[2.2. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха в парке Сосновка. 10](#_Toc120738964)

[2.3. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха в Шуваловском парке. 11](#_Toc120738965)

[Выводы по главе 2. 12](#_Toc120738966)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 13](#_Toc120738967)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 15](#_Toc120738968)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 17](#_Toc120738969)

ВВЕДЕНИЕ

Лихеноиндикация — это комплекс методов, позволяющих определить уровень загрязнения окружающей среды с помощью лишайников. Эти уникальные организмы можно назвать «королями живой природы», ведь они распространились по всему земному шару, занимая до 8% площади Земли [8].

**Целью** моего исследования является изучение лихенофлоры лесопарка Сосновка и Шуваловского парка и определение уровня загрязнения воздуха в восьми точках района.

**Актуальность** моего исследования заключается в том, что оно позволит выявить уровень загрязнения в Выборгском районе, а выявление загрязнения является начальным шагом в работе над улучшением экологической обстановки в городе. В современном экологически нестабильном мире борьба с загрязнением воздуха критически необходима, ведь подобные загрязнения влияют не только на видовое разнообразие в регионе, но и непосредственно на здоровье жителей города, в частности на вероятность возникновения раковых опухолей и тяжёлых генетических заболеваний. Особенно актуально проведение подобных исследований в крупных и промышленных городах – ведь именно они являются промышленными центрами и местами массового пользования частным автотранспортом. Именно автомобили являются главным источником загрязнения воздуха. Основной объем выбросов - 64% от суммарных выбросов всех загрязняющих веществ г. Санкт-Петербурга, вносит автотранспорт [1].

Основным **методом** моего исследования является лихеноиндикация. С одной стороны, лишайники за годы эволюции – порядка четырёхсот миллионов лет – приспособились к самым суровым условиям. С другой, лишайники очень чувствительны к изменениям состава окружающей среды – в особенности к окислам серы и азота. При увеличении концентрации загрязнителей в воздухе с лишайниками происходят различные изменения. В первую очередь, снижается видовое разнообразие лишайников. При этом наиболее устойчивы к загрязнению накипные лишайники, наименее устойчивы - кустистые. Во-вторых, снижается численность лишайников. В-третьих, в 4-6 раз уменьшается величина таллома лишайников, отмеченных в черте города. Талломы их разобщены и менее интенсивно окрашены, что свидетельствует об угнетенном состоянии водорослевого компонента [9]. Таким образом, лихеноиндикация является достаточно точным, простым и дешевым методом исследования окружающей среды.

Естественно, биоиндикация не может заменить химических и физико-химических методов мониторинга, однако она является начальным этапом для выявления загрязненных районов и дальнейшей работы по улучшению экологической обстановки.

**Гипотеза** состоит в том, что состояние воздуха в Шуваловском парке хуже состояния воздуха в Сосновке. Самый загрязнённый район – юго-запад парка. Это связано с высокой загруженностью дорог на Выборгском и Суздальском шоссе. Как показывает исследование транспортной доступности районов Санкт-Петербурга, проведенное компанией Яндекс в 2015 году, микрорайон Парголово является самым загруженным районом Санкт-Петербурга [11]. Наиболее загрязнёнными районами парка «Сосновка» являются северный и южный, т.к. они примыкают к Светлановскому и Северному проспектам, отличающимися наиболее высокими показателями загруженности.

Для достижения цели моего исследования, я поставила следующие **задачи**:

1. изучить литературу по выбранной теме
2. выбрать точки сбора фотографического материала (фотографии покрытия деревьев лишайниками)
3. собрать материалы с каждой из выбранных точек проведения исследования
4. провести сравнительный анализ фотографического материала и сделать соответствующие выводы о состоянии атмосферы в районах проведения анализа
5. Собрать биоматериал (образцы лишайников) и составить коллекцию

**Новизна проекта** состоит в том, что исследований загрязнения воздуха с помощью методов биоиндикации в Выборгском районе ещё не проводилось.

**Методы проекта:**

1. биоиндикация

2. сравнительный анализ

Продуктом моего проекта является коллекция лишайников Выборгского района, собранных в лесопарке «Сосновка» и Шуваловском парке.

Результаты исследования могут быть использованы для привлечения внимания жителей Санкт-Петербурга к проблеме экологического загрязнения посредством публикации результатов в социальных сетях и на других платформах, привлечения внимания Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга.

ГЛАВА 1. ЛИШАЙНИКИ: ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕНЕНИЕ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

* 1. **Краткая история развития лихенологии**

Лишайники, или лихенизированные грибы — симбиотрофные организмы, состоящие из гетеротрофного и автотрофного компонента. Гетеротрофный компонент представлен грибом и называется микобионтом, а автотрофный — водорослью или/и цианобактерией и называется фотобионтом. Грибной компонент лишайника представлен отделами Ascomycota и Basidiomycota, а водорослевый компонент – отделами Chlorophyta, Ochrophyta, а также Cyanobacteria. Существует около 500 видов трехкомпонентных лишайников. Они представлены микобионтом, зеленой водорослью и цианобактерией [3].

До конца XVII века лишайники не представляли особого интереса для ученых. Считалось, что лишайники – это результат разложения высших растений или, наоборот, образование из соков растений. Сам Карл Линней окрестил их “rustici pauperrimi” – “бедствующим мусором” растительного мира [12].

Впервые лишайники были замечены как объект для исследований французским ботаником Жозе́фом Питто́ном де Турнефо́ром. в 1694 году он отнес лишайники к растениям и выделил их в отдельную группу.

В начале 19 века появилась идея о том, что репродуктивные органы (гонидии) лишайника оплетены нитями, схожими с грибными гифами. Русский ботаник Андрей Сергеевич Фаминицын вместе с О. В. Баранецким показал сложную природу лишайников и впервые выделил из лишайников зелёные клетки (гонидии), установив их родство со свободноживущими водорослями. На основании работы Фаминицына и Баранецкого швейцарский ботаник Симон Швенденер в 1867 году выпустил статью “Об истинной природе лишайников”, в которой сделал вывод о том, что лишайник – это симбиоз гриба и водоросли. Его теория была резко отвергнута ведущими лихенологами того времени, так как считалось, что живой организм всегда автономен. Тем не менее, гипотезой Швенденера заинтересовался ряд учёных, в частности немецкий ботаник А. де Бари, раскрывший в конце 19 в. Понятие “симбиоз” на примере лишайников [3].

С момента установления дуалистической природы лишайников лихенологи спорят о характере взаимоотношений микобионта и фотобионта. Взаимоотношения компонентов лишайника крайне сложны. Так, гриб предоставляет клетке водоросли воду, впитанную из окружающей среды, и минеральные вещества, а также защищает от попадания прямых солнечных лучей, высыхания и нагревания, а из водоросли гриб поглощает органические вещества. Тем не менее, лишайники называют паразитическим симбиозом. Клетки водорослей могут погибнуть от "общения" с грибом. В гифах гриба есть специальные отросты, благодаря которым происходит впитывание соединений из водоросли, и часто эти отростки повреждают клеточные оболочки водоросли, и водорослевые клетки погибают. В стабильных условиях ассоциацию компонентов лишайника можно назвать контролируемым паразитизмом [3].

В 2010-х годах был раскрыт новый факт о взаимоотношениях внутри лишайника. Тоби Сприбилл и его коллеги выяснили, что многие виды лишайников имели в своём составе как гриб ascomycota, так и basidiomycota [13].

* 1. **Строение и морфология лишайника**

Лишайник – это организм-симбионт, состоящий из грибного и водорослевого компонента(ов). Таллом лишайника может быть гомеомерным (не делящимся на слои) и гетеромерным (рис.1)

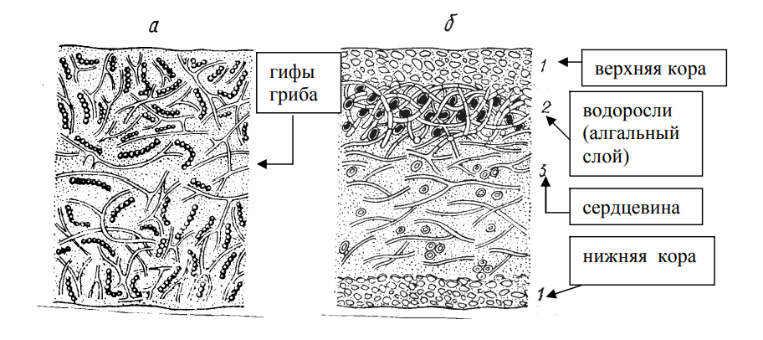


Рис. 1 Разрез гомеомерного (а) и гетеромерного (б) слоевища. – по С.М. Чесноковой

Гетеромерный таллом состоит из верхнего слоя (кортекса), водорослевой зоны (зоны фотобионта, или алгального слоя), сердцевины (медуллы) и нижнего корового слоя, образующего ризоиды. Верхний коровый слой регулирует количество света, проникающего внутрь таллома, обеспечивает газо- и водообмен, а также содержит пигмент, от которого зависит окраска таллома. В зоне фотобионта, образованной водорослями, оплетёнными грибными гифами, происходит синтез органических соединений. Сердцевина (медулла) состоит из грибных гиф с утолщёнными клеточными стенками. Грибные гифы обеспечивают газообмен, поглощение воды, а также создают резервуар питательных веществ. Нижний коровый слой обеспечивает прикрепление лишайника к субстрату посредством отращивания ризоидов.

Гифы в талломе лишайника часто специализированы: двигающие гифы могут перемещать клетки водоросли внутри таллома; ищущие и охватывающие гифы служат для захвата клеток водорослей из внешней среды в процессе образования таллома [3]. По внешнему виду таллома лишайники подразделяют на накипные, листоватые и кустистые.

Накипные лишайники представляют собой корочку на поверхности субстрата. К накипным лишайникам относят и лепрозные слоевища. Лепрозные слоевища - лишайники в виде тонкого порошкообразного налета, окружённого грибными гифами (напр. у лишайников родов Lepraria, Сгосуnia). Накипные лишайники являются наиболее устойчивыми к загрязнению атмосферы [10].

Листоватые лишайники – это лишайники, похожие на пластинку, образованную из нескольких лопастей. К субстрату они могут прикрепляться ризоидами, либо единичными скоплениями грибных гиф – гомфами. Листоватые лишайники делят на монофильные, т.е. состоящие из одной пластинки, и полифильные [8]. Некоторые листоватые лишайники являются кочующими, т.е. они никак не прикреплены к субстрату (напр. Aspicilia Fructiculosa).

Кустистые лишайники формируют форму кустика благодаря тому, что, в отличие от остальных лишайников, их гифы могут расти вертикально. Кустистые лишайники – наименее устойчивые к загрязнению окружающей среды [10].

* 1. **Размножение и рост лишайника**

Лишайники могут размножаться вегетативно (фрагментами слоевища), половым или бесполым путём.

При вегетативном размножении от высохшего слоевища отпадают частички – соредии и изидии, которые разносятся по ветру и при благоприятных условиях разрастаются на новом субстрате. Соредии представляют собой скопления водорослевых клеток, окружённых грибными гифами. Они образуются в водорослевой зоне таллома и выходят во внешнюю среду через разрывы корового слоя. Изидии по строению схожи с соредиями, однако они вырастают непосредственно на коровом слое.

При половом размножении гриб лишайника, как и другие аскомицеты, образует в результате полового процесса аскоспоры. Сумки с аскоспорами находятся в открытых и закрытых плодовых телах. Закрытые плодовые тела — перитеции — округлой или бутылковидной формы (часто напоминают «кувшинчики»). Открытые плодовые тела — апотеции — различаются цветом, размером и формой, но базовые кортексы у всех одинаковые. При бесполом размножении образуются споры-пикнидии, или пикноспоры [3].

Лишайник растет очень медленно. Около 90% таллома приходится на грибные гифы, а углеводы он получает от водоросли, поэтому такой медленный рост вполне оправдан. Скорость роста лишайников колеблется от сотых долей миллиметра до нескольких сантиметров в год. Медленнее всего растут накипные лишайники (их прирост составляет от нескольких долей миллиметра до 2 мм в год), чуть быстрее растут листоватые формы — от 2 до 25 и даже до 45 мм в год (некоторые представители рода Peltigera). Рекордсменами по скорости роста являются кустистые лишайники (один тропический вид рода Ramalina прирастает почти на 70 мм в год), но основная масса кустистых видов дает примерно такой же ежегодный прирост, как и листоватые: от 2 до 45 мм. Скорость роста одного и того же вида может варьировать в зависимости от климатических условий местообитания. Так, например, Rhizocarpon geographicum в Гренландии растет со скоростью 2–45 мм за 100 лет, на Аляске — 12,5–50 мм/100 лет, в Южной Норвегии — 40–90 мм/100 лет [3].

Сроки жизни лишайников различны. Кустистые виды живут 40–100 лет; многие листоватые — до нескольких веков; есть и долгожители: особенно аркто-альпийские и антарктические накипные виды, время жизни которых исчисляется тысячелетиями [3].

* 1. **География лишайников и применение в жизни человека**

Распространение лишайников зависит от экологических условий, поэтому формирование лихенофлоры в разных регионах в первую очередь зависит от климатических условий, наличия и доступности определенных субстратов.

Возможности практического применения лишайников достаточно велики. Всем известно, что лишайники (в основном три вида кустистых лишайников – кладония лесная, кладония альпийская и кладония оленья, известные как олений мох) служат основным кормом для северных оленей, разведение которых составляет животноводство народов Крайнего Севера – нартов, ненцев, коми, якутов и др.) [2].

Лишайники служат кормом не только для домашнего северного оленя, но и для диких копытных животных — марала, кабарги, косули, лося. По многочисленным свидетельствам охотников Алтая, в голодное время конца зимы — начала весны эпифитные лишайники могут быть одним из основных кормов марала. Алтайские охотники даже называют уснеи «маральим сеном». Было замечено, что маралы и лоси нередко зимой тщательно объедают лишайники с древесных стволов, с сухих и опавших веток. Эпифитные лишайники поедают и другие животные, например белки, полевки и др. [2].

Другая область практического применения лишайников – медицина. Лишайники использовались в медицине с 2000-х гг. до н.э. до наших дней. Лишайники вырабатывают биологически активные вещества – лишайниковые кислоты. К настоящему времени известно свыше 450 подобных соединений - именно они определяют цвет таллома лишайников. Эти соединения образует гриб, но вырабатываются они только в симбиотическом состоянии и не выделяются у грибов вне состава лишайника. Самая известная лишайниковая кислота – усниновая. Это вещество обладает антибактериальным и антивирусным эффектом. В 2022 году сотрудники Института органической химии (НИОХ) СО РАН разработали действующие вещества против SARS-CoV-2 (COVID-19) на основе усниновой кислоты [14].

Лишайниковые вещества обладают и другими интересными с медицинской точки зрения свойствами. Например, известно антиопухолевое действие полипоровой кислоты.

Лишайники широко используют и как сырье для парфюмерной промышленности. Наибольшее значение как сырье для парфюмерной промышленности приобрела эверния сливовая (Evernia prunastri), известная на мировом рынке под названием Mousse dechene — «дубовый мох». Из этого лишайника получают резиноид — концентрированный спиртовой экстракт, имеющий вид густой жидкости темного цвета. Резиноид — ароматическое вещество, его используют на парфюмерных фабриках в качестве ароматического начала для некоторых сортов духов. Кроме того, он обладает свойством фиксатора запаха, и парфюмеры в ряде случаев используют его для придачи стойкости духам. Резиноид входит в состав целого ряда духов и одеколонов. На основе резиноида созданы российские духи и одеколоны «Бахчисарайский фонтан», «Кристалл», «Кармен», «Подарочные», «Чайка», «Восток», «Шипр», «Новый» и некоторые другие. Резиноид используют и в других косметических изделиях — в кремах, пудрах, мылах, сухих духах. [2].

**Выводы по главе 1**

Лишайники – удивительные организмы, природу которых человечество продолжает раскрывать до сих пор. Очевидно то, что лишайники являются полезными объектами для человеческой деятельности. Задача современных учёных-лихенологов заключается в открытии новых, уникальных свойств лишайников, и грамотном использовании их в производстве.

ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ВЫБОРГСКОМ РАЙОНЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

## 2.1. Методика исследования

Для оценки состояния атмосферы была использована следующая методика: в Сосновском и Шуваловском парках были выбраны по 4 точки с северной, восточной, южной и западной сторон парков. На каждой точке выбирались по 10 деревьев рода Берёза. К каждому дереву прикладывалась лихенологическая сетка на расстоянии 0,3 м от поверхности земли, сетка фотографировалась.

Данные по каждому дереву (степень покрытия лишайниками в %, число видов в данной области ствола и число доминирующих видов) заносились в таблицы (см. приложения 2-5, 7-10). На основании данных таблиц рассчитывались средняя степень покрытия, среднее число видов и среднее число доминирующих видов.

По данным средних значений с помощью таблицы (см. приложение 12) и по данным об устойчивости некоторых видов лишайников (см. приложение 11) определялся уровень загрязнения в каждой точке.

Материалом и оборудованием исследования являются:

1. Лихенологическая сетка 20\*20 см с делениями 1\*1 см
2. Измерительная лента
3. Фотокамера
4. Складной нож
5. Конверты для хранения образцов лишайников

## 2.2. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха в парке Сосновка

Оценка состояния атмосферы проводилась на точках, указанных на карте (см. приложение 13).

Из таблицы (см. приложение 2) следует, что средняя степень покрытия ствола лишайниками в Северной точке находится в диапазоне от 20% до 50%; среднее число видов составляет 2, доминирующих видов – 2. По таблице (см. приложение 12) определяем, что северная часть лесопарка находится в зоне умеренного загрязнения.

Средняя степень покрытия ствола лишайниками в восточной точке – менее 20%. Среднее число видов – 2, среднее доминирующее число видов – 1. Восточная часть парка находится в зоне очень сильного загрязнения.

Средняя степень покрытия ствола лишайниками в южной точке находится в диапазоне от 20% до 50%. Среднее число видов – 2, среднее число доминирующих видов – 1. Южная часть парка находится в зоне умеренного загрязнения.

Средняя степень покрытия ствола в западной точке находится в диапазоне от 20% до 50%. Среднее число видов – 3, среднее число доминантных видов – 2. Западная точка парка находится в зоне умеренного загрязнения.

Из анализа данных можно сделать вывод о том, что территории вокруг лесопарка Сосновка являются умеренно-загрязнёнными. Наилучшие показатели видового разнообразия и степени покрытия ствола были выявлены в западной точке лесопарка (см. приложение 5). На карте (см. приложение 13) показано, что данная точка находится на наибольшем отдалении от крупных дорог, чем остальные точки парка. Хорошим видовым показателем отличилась южная точка парка. В этой точке было обнаружено наибольшее число видов листоватых лишайников (Vulpicida Pinastri, Hypogymnia Physodes, Parmelia Sulikata). Вид Hypogymnia Physodes является среднечувствительным, т.е. он чувствительнее других видов, обнаруженных в парке, по отношению к чистоте воздуха. Как ни странно, наихудшие показатели были выявлены в восточном районе парка, хотя этот район и сопряжён с Тихорецким проспектом, менее загруженным, чем Северный проспект. Это противоречит гипотезе о том, что наиболее загрязнённые районы парка – северный и южный.

## 2.3. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха в Шуваловском парке

Оценка состояния атмосферы проводилась в точках, указанных на карте (см. приложение 14).

Средняя степень покрытия ствола лишайниками в южной точке составляет менее 20 %. Среднее число видов – 3, среднее число лишайников доминантного вида – 1. Южная часть парка находится в зоне сильного загрязнения.

Средняя степень покрытия ствола лишайниками в западной точке составляет менее 20%. Среднее число видов лишайников – 1, среднее число лишайников доминантного вида – 1. Западная часть парка находится в зоне очень сильного загрязнения.

Средняя степень покрытия ствола в северной точке находится в диапазоне от 20% до 50%. Среднее число видов составляет 3, среднее число лишайников доминирующего вида – 2. Точка находится в зоне умеренного загрязнения.

Средняя степень покрытия ствола в восточной точке – менее 20%. Среднее число видов – 1, среднее число лишайников доминирующего вида – 1. Точка находится в зоне очень сильного загрязнения.

По оценке атмосферного воздуха в Шуваловском парке можно сделать вывод о том, что территории, окружающие парк, являются сильно загрязнёнными. Это соответствует гипотезе исследования о том, что Шуваловский парк будет иметь показатели загрязнённости хуже показателей по парку Сосновка. Наилучшие показатели выявлены в северной точке парка – эта точка находится на наибольшем отдалении от Выборгского и Суздальского шоссе. По таблице (см. приложение 6) можно увидеть, что на этой точке и самый высокий уровень биоразнообразия лишайников. В этой точке встречаются лишайники видов Lecanora Allaphana и Hypogymnia Physodes, являющиеся среднечувствительными по отношению к чистоте атмосферного воздуха.

## Выводы по главе 2

По результатам, полученным в ходе исследования, видно, что показатели в Шуваловском парке хуже показателей в парке Сосновка. Это подтверждает гипотезу исследования о том, что воздух в Шуваловском парке более загрязнён, чем воздух в Сосновке. Таким образом, мы действительно можем найти подтверждение тому, что на уровень загрязнения воздуха огромное значение оказывает загруженность на дорогах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе моего исследования мне удалось выполнить все задачи, поставленные мной во введении, и достичь цели исследования - изучить лихенофлору лесопарков Выборгского района и определить уровень загрязнения воздуха в Выборгском районе.

В ходе выполнения проекта была подтверждена гипотеза о том, что состояние воздуха в Шуваловском парке хуже состояния воздуха в парке «Сосновка», самым загрязнённым районом оказался юго-восток парка.

Гипотеза о том, что в парке «Сосновка» самыми загрязнёнными районами являются северный и южный, не подтвердилась. Худшие показатели были выявлены в восточном районе парка.

В ходе выполнения проекта мне пришлось столкнуться с некоторыми трудностями. Главной проблемой явился недостаток опыта и знаний, необходимых для проведения исследования. Тем не менее, благодаря наличию литературы по выбранной мной теме, мне удалось изучить методики проведения подобных исследований и провести собственное.

Одной из серьёзных трудностей для меня стало определение видового состава (определение родов и видов) лишайников. Как было сказано во введении, определить лишайник с точностью до вида (а иногда и до рода), не используя лабораторных методов исследования, практически невозможно. Результаты моего исследования основаны на тщательном анализе учебного определителя лишайников Средней России Е. Мучника, однако они не являются максимально точными. Как видно из приложений 1 и 6, некоторые лишайники мне удалось определить только до рода. Трудности вызвал и учёт наибольшего числа факторов, влияющих на биологию организмов.

Таким образом, моё исследование может быть продолжено и углублено. Более тщательное проведение исследования с учётом большего количества факторов, влияющих на рост, развитие и распространение этих организмов, позволит более точно определить уровень загрязнения воздуха.

Подобное исследование состояния окружающей среды может быть проведено в любом городе и населённом пункте. Тема использования живых организмов для определения состояния среды (не только атмосферного воздуха) практически безгранична, именно поэтому моё исследование может быть продолжено во многих направлениях. С годами оно не будет терять актуальности, а, к сожалению, лишь становиться всё актуальнее.

Результаты исследования неутешительны для жителей Санкт-Петербурга. В Выборгском районе есть зоны очень сильного атмосферного загрязнения, а Выборгский район является не единственным, по которому проходят крупные шоссе и автодороги. С учётом того, что с каждым годом частный автотранспорт становится всё более доступным средством передвижения, задача каждого человека состоит в том, чтобы максимально минимизировать использование частного автотранспорта.

Каждый из нас должен понимать, насколько сильно человеческая деятельность влияет на состояние окружающей среды. Если мы вовремя не предпримем меры по предотвращению загрязнений воздуха, воды и почвы, то в будущем мы станем так же сильно зависимы от изменений в атмосфере, как лишайники и любые другие живые организмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2021 году. - https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2022/06/27/05/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4\_2022\_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9.pdf
2. Жизнь растений: в 6-ти т./ под ред. проф. А.А. Федорова – М.:Просвещение, 1974.
3. Учебный определитель лишайников Средней России: учебно-методическое пособие / Е.Э. Мучник, И.Д. Инсарова, М.В. Казакова; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. — Рязань, 2011. — 360 с
4. Медицинская ботаника: учебник для студентов вузов / А.Г.Сербин, Л.М. Серая, Н.М. Ткаченко, Т.А. Слободянюк; Под общ. ред. Л.М. Серой. — Харьков: Изд-во НФаУ:Золотые страницы, 2003.—364 с.
5. Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие / М.Н. Мукминов, Э.А. Шуралев. – Казань: Казанский университет, 2011. – 48с.
6. Чеснокова С.М. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды: Практикум / Владим. гос. ун-т. Владимир, 1999. 38 с.
7. Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие / СПб ГТУРП. - СПб., 2012. – 67 с.
8. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель: учебное

пособие для студентов биологических специальностей вузов и др. /

А. Г. Цуриков, О. М. Храмченкова; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т.

им. Ф. Скорины – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 123 с.

1. Лишайник: жизнь, смерть, рабство, еда / Поветкин А.И. https://rg.ru/2017/02/09/lishajnik-zhizn-smert-rabstvo-eda.html
2. Воздух: инструкция к изучению / Международный социально-экологический союз.

http://www.seu.ru/members/bereginya/2006/03/29-1.htm

1. Автомобильные пробки в Санкт-Петербурге. - <https://yandex.ru/company/researches/2015/spb/jams>
2. Charles C. Plitt A short history of lichenology, the Bryologist No 6 nov. 1919. - <https://www.jstor.org/stable/3238526#metadata_info_tab_contents>
3. Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. - <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaf8287>
4. Ученые РФ разработали действующие вещества от COVID-19 на основе лишайников. –

<https://nauka.tass.ru/nauka/14088541>

ПРИЛОЖЕНИЕ

В приложениях 1 – 5 представлены данные по лесопарку «Сосновка».

Приложение 1. Виды, обнаруженные в парке «Сосновка»

|  |  |
| --- | --- |
| Точка сбора | Виды |
| Северная точка | Cladonia sp. |
|  | Cladonia fimbriata |
|  | Cladonia foliacea |
|  | Lecanora sp. |
| Южная точка | Vulpicida pinastri |
|  | Hypogymnia physodes |
|  | Cladonia fimbriata |
|  | Lecanora sp. |
|  | Parmelia sulikata |
| Восточная точка | Cladonia sp. |
|  | Lecanora sp. |
| Западная точка | Melanohalea exasperatula |
|  | Cladonia sp. |
|  | Lecanora sp. |
|  | Vulpicida pinastri |

Приложение 2. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в северной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 51 | 19 | 0 | 83 | 11 | 39 | 35 | 51 | 19 | 66 |
| Количество квадратов с лишайниками | 205 | 75 | 0 | 330 | 45 | 155 | 140 | 205 | 75 | 265 |
| Количество видов лишайников | 3 | 3 | 0 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| Число лишайников доминирующего вида | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |

Приложение 3. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в восточной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 28 | 0 | 3 | 20 | 0 | 0 | 37 | 11 | 0 | 30 |
| Количество квадратов с лишайниками | 112 | 0 | 10 | 80 | 0 | 0 | 147 | 42 | 0 | 119 |
| Количество видов лишайников | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 2 |
| Число лишайников доминирующего вида | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 |

Приложение 4. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в южной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 38 | 28 | 64 | 15 | 16 | 27 | 81 | 9 | 3 | 15 |
| Количество квадратов с лишайниками | 153 | 110 | 256 | 60 | 63 | 109 | 323 | 36 | 13 | 60 |
| Количество видов лишайников | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| Число лишайников доминирующего вида | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |

Приложение 5. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в западной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 25 | 0 | 75 | 28 | 56 | 61 | 56 | 11 | 29 | 34 |
| Количество квадратов с лишайниками | 101 | 0 | 300 | 111 | 223 | 242 | 223 | 45 | 115 | 135 |
| Количество видов лишайников | 2 | 0 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 |
| Число лишайников доминирующего вида | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |

В приложениях 6 – 10 представлены данные по Шуваловскому парку.

Приложение 6. Виды, обнаруженные в Шуваловском парке

|  |  |
| --- | --- |
| Точка сбора | Виды |
| Северная точка | Lecanora sp. |
|  | Lecanora allaphana |
|  | Cladonia foliacea |
|  | Vulpicida pinastri |
|  | Hypogymnia physodes |
|  | Xanthoria sp. |
| Южная точка | Cladonia foliacea |
|  | Cladonia fimbriata |
|  | Lecanora sp. |
| Восточная точка | Lecanora sp. |
|  | Parmelia sulikata |
| Западная точка | Lecanora sp. |
|  | Cladonia sp. |
|  | Cladonia fimbriata |

Приложение 7. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в южной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 67 | 4,5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 41 | 2 | 35 | 6 |
| Количество квадратов с лишайниками | 268 | 18 | 20 | 0 | 0 | 0 | 163 | 8 | 139 | 25 |
| Количество видов лишайников | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| Число лишайников доминирующего вида | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 |

Приложение 8. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в западной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 1 | 5 | 4 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| Количество квадратов с лишайниками | 2 | 20 | 15 | 16 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 68 |
| Количество видов лишайников | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Число лишайников доминирующего вида | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Приложение 9. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в северной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 18 | 58 | 8 | 1 | 18 | 15 | 16 | 50 | 88 | 88 |
| Количество квадратов с лишайниками | 71 | 232 | 30 | 5 | 72 | 60 | 65 | 200 | 350 | 350 |
| Количество видов лишайников | 3 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| Число лишайников доминирующего вида | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 |

Приложение 10. Оценка качества воздуха по покрытию стволов деревьев в восточной точке

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Степень покрытия лишайниками, % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 38 | 2 |
| Количество квадратов с лишайниками | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 152 | 9 |
| Количество видов лишайников | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| Число лишайников доминирующего вида | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |

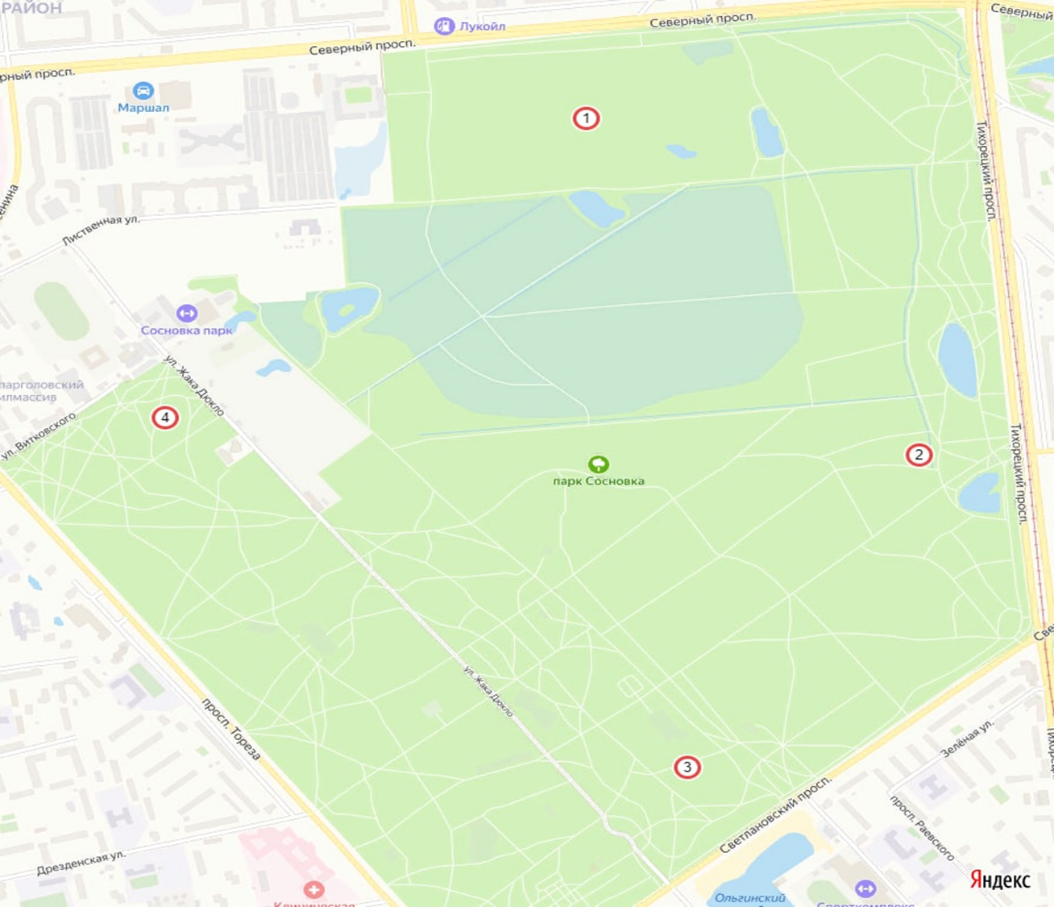
Приложение 11. Устойчивость некоторых видов лишайников к загрязнению воздуха

|  |  |
| --- | --- |
| Lecanora sp. | Умеренно-устойчивый |
| Xanthoria sp. | Умеренно-устойчивый |
| Hypogymnia physodes | Среднечувствительный |
| Parmelia sulicata | Умеренно-устойчивый |
| Lecanora allaphana | Среднечувствительный |
| Evernia prunastri | Среднечувствительный |

Приложение 12. Шкала качества воздуха по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Степень покрытия | Число видов | Число лишайников доминантного вида | Степень загрязнения |
| Более 50% | Более 5 | Более 5 | 6-я зона  Очень чистый воздух |
| 3-5 | Более 5 | 5-я зона  Чистый воздух |
| 2-5 | Менее 5 | 4-я зона  Относительно чистый воздух |
| 20-50% | Более 5 | Более 5 |
|  | Более 2 | Менее 5 | 3-я зона  Умеренное загрязнение |
| Менее 20% | 3-5 | Менее 5 | 2-я зона  Сильное загрязнение |
| 0-2 | Менее 5 | 1-я зона  Очень сильное загрязнение |

Приложение 13. Карта лесопарка «Сосновка»



Приложение 14. Карта Шуваловского парка

