

**Государственное бюджетное общеобразовательное
учреждение города Москвы Школа № 1517**

Город Москва

**Анализ распространения лишайников на участках с разной
степенью загрязненности**



Учащиеся: Городничева Елизавета Андреевна,
Штань Ярослава Дмитриевна, 8Ю профильного класса

Руководитель: Гаранин Кирилл Евгеньевич,
учитель биологии школы 1517

Москва, 2023

Оглавление

Введение	3
Экология лишайников	6
Методы лишеноиндикации	8
Материалы и методы	12
Результаты и обсуждение	16
Вывод	19
Список литературы	20

Введение

Одним из способов контроля загрязненности окружающей среды является биомониторинг или биоиндикация.

Важность биоиндикации определяется тем, что в отличие от физико-химических методов, она позволяет оценить не только общую загрязненность, но и ее комплексное воздействие на живые организмы, являющиеся биоиндикаторами.

Одним из уникальных биоиндикаторов являются лишайники. Уникальность лишайников как биоиндикаторов связана со свойствами лишайников, в том числе:

- они поглощают воду осадков, росы, тумана вместе с растворенными в ней веществами и накапливают эти вещества в талломе, содержание элементов в талломах адекватно отражает их содержание в воздухе;
- симбиотическая природа лишайников не допускает нарушения установившегося между партнерами равновесия: как только один из партнеров повреждается, погибает лишайник, поэтому лишайники, в целом, весьма чувствительны к различным изменениям среды, в частности, к изменению состава воздуха;
- метаболизм лишайников происходит во все сезоны, то есть за состоянием лишайников или их сообществ можно наблюдать круглый год;
- повсеместное распространение лишайников позволяет проводить лишеноиндикационные работы во всех регионах Земли.

Еще в начале 1900-х годов было замечено постепенное исчезновение лишайников из городов. Этот феномен был широко признан и поначалу его связывали с действием угольной сажи. Одним из первых системную работу по установлению связи наличия лишайников в городе и состояния загрязненности воздуха провел шведский ученый Р. Сернандер (1926) в Стокгольме. Он выделил в Стокгольме "лишайниковую пустыню" (центр города и фабричные районы с сильно загрязненным воздухом - лишайники здесь почти отсутствуют); зону "соревнования" (части города со средней загрязненностью воздуха - флора

лишайников бедна, виды с пониженной жизненностью) и "нормальную зону" (периферийные части города, где встречаются многие виды лишайников). В середине 20-го столетия подобные работы проводились во многих странах Европы, а лишеноиндикация (определение состояния окружающей среды с помощью лишайников) получила широкое признание. Было экспериментально установлено, что наибольшее влияние на видовой состав и распространение лишайников имеет двуокись серы (SO₂). Это соединение в концентрации 0,08-0,1 мг/м³ начинает действовать на многие лишайники. Так, например, для *Buellia punctata* (Аманденея точечная) предельной концентрацией является 90-110 мкг/м³, для *Lecanora subfusca* (Леканора нежноватая) - 70-80 мкг/м³, для *Physcia pulverulenta* (Фисция припудренная) - 40 мкг/м³ SO₂. Концентрация же двуокиси серы 0,5 мг/м³ губительна для всех видов лишайников, произрастающих в естественных ландшафтах. Ныне список загрязнителей воздуха, негативно действующих на лишенобиоту, много больше и включает фтороводород (HF), некоторые металлы, кислотные дожди, окислители и органические соединения. Однако имеется группа выносливых по отношению к городской среде видов, которые могут существовать и в довольно загрязнённом воздухе. [1]

При всей значимости лишеноиндикации для экологического мониторинга необходимо отметить сложность ее применения, связанную с необходимостью учета множества экологических факторов, влияющих на видовой состав лишайников в конкретной местности. К таким факторам относятся микроклимат (особенно влажность воздуха), кислотность субстратов, конкурентная межвидовая борьба, в которой преимущества получают более устойчивые к загрязнению виды лишайников или виды, для развития которых является важным наличие в воздухе определенных веществ, которые в целом являются загрязнителями. Например, наиболее часто встречающиеся в Москве виды *Xanthoria parietina* (Ксантория настенная) и *Phaeophyscia orbicularis* (Феофисция округлая) считаются нитрофитами (т.е. на чье развитие положительно действуют нитраты). В настоящее время атмосферный воздух города наиболее загрязнен оксидами азота, бензапиреном, аммиаком, формальдегидом. Таким образом, среди загрязнителей

уменьшилось количество двуокиси серы, но значительно увеличилось количество выбрасываемых в атмосферу города соединений азота в форме аммиака и оксидов азота, что связано с большим количеством транспорта [3].

Кроме того, определение видового состава лишайников является зачастую непростой задачей, так как некоторые виды демонстрируют сильную изменчивость морфологии, в т.ч. ввиду влияния разных экологических факторов.

Соответственно целью настоящей работы является выявить степень загрязненности воздуха районов Хорошёво-Мневники и Северное Бутово с помощью расчета одного из индексов, используемых в лишайноиндикации.

Задачи работы:

- Выбрать один из методов лишайноиндикации для выполнения сравнения загрязненности воздуха двух районов Москвы.
- Провести картографирование видов лишайников на выбранных площадках.
- Рассчитать числовые показатели выбранного метода для сравнения загрязненности воздуха.

Обзор литературы

I.1 Экология лишайников

Лишайники можно встретить в самых трудных для жизни условиях, где не в состоянии поселиться ни одно другое многоклеточное растение. Не случайно за лишайниками давно укрепилось название «пионеры» растительности. Медленный рост лишайников не дает им возможности конкурировать с быстрорастущими растениями, так что им достаются не самые благоприятные места проживания.

Так, лишайники обладают удивительной способностью расти на самых разных субстратах: каменистых породах, почве, коре деревьев, на хвое, листьях вечнозеленых растений, на мхах, гниющей древесине. Лишайники поселяются также на стекле, костях, коже, железе, тряпках и других предметах. Важно лишь одно – чтобы эти предметы пролежали неподвижно длительное время. Тем не менее большинство видов лишайников поселяются на немногих или на даже только на одном определенном субстрате. [6]

По отношению к субстрату лишайники разделяют на несколько основных экологических групп:

- эпилитные лишайники (эпилиты), живущие на поверхности горных пород;
- эпифитные лишайники (эпифиты), растущие на коре деревьев и кустарников;
- эпиксилные лишайники (эпиксилы), живущие на гниющей или обработанной древесине;
- эпигейные лишайники (эпигей), растущие на поверхности почвы.

В различных местообитаниях (на скалах, почве, стволах деревьев и т.д.) лишайники образуют растительные группировки – синузии, которые обычно характеризуются определенным видовым составом и морфологическими типами. На распределение лишайников влияют как физические, так и химические свойства субстратов. Особенно сильно физические и химические свойства субстрата влияют на эпифитные лишайники. Для них большое значение имеют структура коры, ее жесткость, частота отслаивания и т.д. Эпифитная лишайниковая растительность различных древесных пород, как правило, различается по составу. Например, на стволах сосен обычна синузия, образованная гипогимнией и псевдэвернией (*Hypogymnia physodes* – Гипогимния вздутая и *Pseudevernia furfuracea* – Псевдэверния зернистая). На дубах, липах, и других лиственных породах эти лишайники обычно не встречаются, зато здесь обильно произрастают различные виды листоватой пармелии и кустистые рамалины и эвернии. Для стволов осин характерны синузии, образованные видами фисции, ксантории, калоплаки и др.

Видовой состав лишайниковых синузий зависит не только от вида дерева, но и от его возраста. В данном случае большую роль играют физические свойства коры. Так, например, на молодых стволах лиственных пород, имеющих гладкую тонкую кору, обычно развиваются накипные лишайники с эндофлеодным (развивающимся внутри коры) слоевищем (виды артонии, графиса и др.). С возрастом свойства коры меняются: она становится грубее, на ней появляются трещины и шероховатости. На такой коре уже появляются кустистые и листоватые лишайники (виды пармелии, эвернии, рамалины), а из накипных – многочисленные виды леканор, лецидей и др.

Кроме того, состав эпифитных лишайников на одном и том же стволе дерева различен в зависимости от высоты над землей. В этом случае на видовой состав лишайников оказывают влияние не только физические свойства коры, но и другие экологические факторы – освещенность, влажность и др.

Свет для лишайников необходим, как для всех фотосинтезирующих организмов. Отсутствие света или его небольшая интенсивность препятствуют их развитию. Некоторые лишайники образуют плодовые тела только в ярко освещенных местах. Избыток света, как правило, не препятствует развитию лишайников, а вызывает лишь некоторые морфологические изменения. И все же у различных видов потребность в свете неодинаковая. Это можно хорошо наблюдать на одном и том же стволе дерева: лишайники, растущие в нижней и верхней частях ствола представлены разными видами.

Влажность также относится к важнейшим экологическим факторам, влияющим на распределение лишайников по местообитаниям. Несмотря на то, что лишайники относятся к числу наиболее засухоустойчивых растений, процессы фотосинтеза и дыхания происходят лишь во влажных слоевищах. Лишайники черпают влагу из разных источников – дождевой воды, росы, талого снега, туманов, влажного воздуха. Способность использовать влагу воздуха – важная особенность лишайников. Они способны абсорбировать водяной пар даже из очень сухого воздуха, с относительной влажностью всего 50 % (влажность воздуха пустыни).

Температура в жизни лишайников не играет той роли, какую играют другие климатические факторы. Лишайники очень устойчивы к очень высокой и очень низкой температуре. В условиях пустынь, например, лишайники переносят нагревание до +50-60°C, а в полярных районах падение температуры до -40-50°C. И все же лишайники не безразличны к влиянию температурного фактора: они способны фотосинтезировать только при определенной температуре окружающей среды. Оптимальная температура для лишайников умеренной зоны находится в пределах от +10°C до +25°C, а температурный минимум – между -7° С и -13° С.

Довольно значимым экологическим фактором является химический состав субстрата лишайников, в т.ч. его кислотность. Кора деревьев неодинакова по

богатству элементами минерального питания, различна и кислотность разных древесных пород. Степень влияния данных факторов по сравнению с другими изучена недостаточно, но по некоторым данным их значимость, во-первых, различна для разных видов лишайников, во-вторых, может меняться в зависимости от других экологических факторов. Например, при сильном давлении какого-то значимого для лишайников фактора (загрязненности воздуха) значение химического состава субстрата падает, в то время как при благоприятных условиях оно может возрасти. [5]

Помимо особенностей субстрата и климатических факторов, на лишайники оказывают влияние и биотические факторы: взаимоотношения между самими лишайниками, между лишайниками и другими растениями, между лишайниками и животными. Изучение взаимоотношений между лишайниками в лишайниковых синузиях показало, что внутри них существует как межвидовая, так и внутривидовая конкуренция. На любом субстрате лишайники, разрастаясь, ведут между собой борьбу за пространство и свет, которая выражается в механическом давлении – нарастанию одного слоевища на другое, подрыв одного слоевища другим, а также в воздействии химическими элементами.

I.2 Методы лишайноиндикации

К настоящему времени разработаны и используются различные методы лишайноиндикации. Условно, используемые методы можно разделить на две группы:

1. Методы, основанные на видовом составе лишайников, присутствующем на исследуемой территории.
2. Методы, основанные на определении накопления слоевищами лишайников различных загрязнителей, включая тяжелые металлы и радиоактивные вещества.

Методы, основанные на использовании видового состава лишайнобиоты изучаемой территории, могут заключаться в определении и подсчете видового состава, выделения и описания лишайниковых синузий или установлении присутствия/отсутствия чувствительных к загрязнению видов. Данные методы основаны на существовании среди представителей лишайнобиоты видов, различающихся степенью чувствительности к загрязнению воздуха.

Ранжирование видов лишайников по степени чувствительности к загрязнению является сложной задачей. Как правило, процедура ранжирования заключается в распределении выявленных на территории видов на то или иное количество классов, различающихся реакциями на загрязнители. При ранжировании необходимо определить влияние именно факторов загрязнения, а не других факторов внешней среды, являющихся значимыми для произрастания тех или иных видов. В частности, реакция на загрязнение представителей вида, может зависеть от условий

конкретного региона и даже от места обитания, особенно от режима и формы водоснабжения. Поскольку лишайники бывают физиологически активны только при определенном минимуме насыщения слоевищ, в областях с влажным климатом талломы активны больший период. Соответственно в таких областях при одинаковом уровне загрязнения симптомы повреждения проявляются быстрее.

Таким образом, предлагаемые разными авторами классы полеотолерантности обладают рядом недостатков и могут содержать субъективные оценки. Например, чувствительность *Hypogymia physodes* (Гипогимия вздутая) у разных авторов варьирует от 0,6 до 7,1 (балл 10 в данном случае соответствует наиболее чувствительным видам), *Parmelia sulcata* (Пармелия бороздчатая) от 1,1 до 8,9 баллов.

Предпочтительными являются классы полеотолерантности, учитывающие особенности местности. В частности, различные варианты классов были предложены Х.Х. Трассом в 1985 г. для Прибалтики, Кавказа и Дальнего востока. Классы полеотолерантности для Москвы были предложены Л.Г. Бязровым по результатам его масштабного исследования г. Москвы в пределах МКАД (1996 г.).

Оценка качества воздуха по видовому составу лишайников включает:

- коллекционирование всех встреченных видов лишайников;
- фиксирование наличия повреждения слоевищ: обесцвечивание частей слоевищ и их отмирание, встречаемость слоевищ без органов плодоношения, ненормальное развитие слоевищ, отсутствие молодых талломов и пр.;
- идентификация собранных представителей лишайнобиоты и составление списка видов с указанием особенностей их распределения по сообществам, субстратам и т.д.;
- анализ состава лишайнобиоты в отношении наличия чувствительных видов и особенностей их распространения, выявленных признаков повреждения слоевищ, и т.д.
- сравнение собранных данных с историческими материалами, если они имеются, или с составом видов территории с чистым воздухом того же региона для установления возможных изменений как лишайнобиоты в целом, так и показателей отдельных видов.

Ввиду большого количества параметров, которые должны быть учтены при оценке загрязненности, в том числе для сравнения разных территорий, в течение времени развития лишайноиндикации был разработан ряд индексов загрязненности, рассчитываемых с помощью математических формул. Абсолютная величина конкретного индекса и есть степень загрязненности воздуха конкретной территории. Значения индексов также могут наноситься на карту.

Методы определения индексов предъявляют особые требования к выбору участков и подсчету лишайников.

По возможности, все сравниваемые площадки должны быть сходными по всем экологическим параметрам, кроме уровня загрязнения. Рекомендуется учитывать эпифиты одной древесной породы, хотя допускаются и разные породы, если имеются данные, что свойства коры растущих вместе разных видов деревьев имеют одинаковые характеристики (степень бороздчатости, плотность, прочность, рН, влагоемкость и пр.) Деревья должны быть зрелыми, стоящими в отдалении друг от друга, пряморастущими. Отступления от этих требований может привести к определению пространственного варьирования свойств лишайников, а не степени загрязненности воздуха.

Основными используемыми индексами являются:

Индекс полеотолерантности I.P. (предложен Х.Х. Трассом):

$$I.P. = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{C_n}$$

где n – количество видов; A_i – класс полеотолерантности i -го вида или иная величина, отражающая степень полеотолерантности вида; C_i – проективное покрытие i -го вида в баллах; C_n – сумма значений покрытия всех видов (в баллах).

Индекс атмосферной чистоты I.A.P. (предложен Д. Деслувером, Ф. Лебланком):

$$I.A.P. = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n Q_i * F_i$$

где n – количество видов на учетной площади; Q_i – экологический показатель вида i (среднее число видов, растущих совместно с видом i на учетной площадке); F_i – оценка встречаемости i -го вида согласно приведенной ниже шкале;

F_i равно:

5 – виды с очень высокой встречаемостью и очень высокой степенью покрытия;

4 – виды с высокой частотой или высокой степенью покрытия;

3 – виды, встречающиеся не часто или имеющие небольшую степень покрытия;

2 – виды, встречающиеся редко или имеющие низкую частоту встречаемости;

1 – виды очень редкие и с очень низкой степенью покрытия.

Необходимо отметить, что данный индекс имеет множество различных модификаций.

Индекс степени качества воздуха LGW:

$$LGW_j = \sum F_{ij}/n_j$$

где LGW_j – средняя сумма встречаемости в квадрате j ; i – номер отдельного дерева в квадрате j ; j – номер квадрата; F_{ij} – сумма встречаемостей видов лишайников на дереве i в квадрате j ; n_j – число обследованных деревьев в квадрате j .

Индекс развития эпифитных лишайников IDEL (предложен Бязровым)

$$IDEL = K * \sum_{i=1}^n (F_i + f_i + s_i)$$

где n – число видов эпифитных лишайников в квадрате; F_i – оценка степени распространения вида I на всей обследованной территории; f_i – оценка распространения вида i в пределах территории конкретного квадрата; s_i – оценка степени надежности обнаружения представителей вида на стволах деревьев в пределах территории того же квадрата; K – коэффициент, показатель экологических особенностей территории в пределах квадрата.

Вычисление приведенных индексов требует строгого соблюдения процедур сбора и обработки исходных данных.

Еще одним методом проведения исследования является анализ распространения на территории одного выбранного высоко чувствительного вида. Это метод является относительно простым и менее трудоемким, однако необходимо точно определить такой репрезентативный вид.

Материалы и методы

Исследование проводилось в двух районах г. Москвы: Северное Бутово (Юго-Западный административный округ) и Хорошево-Мневники (Северо-Западный административный округ) с осени 2022 по осень 2023.

В районе Северное Бутово исследования проводились на территории жилого комплекса «Синяя птица» в парково-прогулочной зоне, чья площадь составляет приблизительно 1 кв. км. Обследованная территория расположена в 2 км от МКАД. На территории зоны находится пруд, вокруг которого высажены деревья и кустарники. Возраст деревьев составляет приблизительно от 27 до 35 лет. Для проведения исследования нами были обследованы лиственные деревья: клены (3 шт.), липы (3 шт.), рябины (3 шт.), облепиха (2 шт.), березы (2 шт.), сирень (1 шт.). Выбранные деревья и кустарники имеют здоровый вид, стволы прямые (кроме облепихи и сирени). Определение видов лишайников и подсчет производились на стволе деревьев на высоте 1 – 1,5 метра от земли.

В районе Хорошево-Мневники исследования проводились на набережной Новикова-Прибоя. Территория расположена на левом берегу Москвы-реки, вдоль которого высажены деревья и кустарники. Возраст деревьев составляет от 30 до 40 лет, однако есть и молодые саженцы. Для проведения исследования нами обследованы лиственные деревья: клён (9 шт.), дуб (1 шт.). Деревья, которые мы выбрали для исследований, имеют здоровый вид, почти у всех прямые стволы. Определения видов и подсчёт лишайников проводились на коре деревьев на высоте 1-1,5 метра от земли. Исследования проводились на разных участках берега (всего три участка).

Определение видов лишайников производилось с помощью определителя А.Г. Цурикова и О.М. Храмченковой «Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель». Для определения видов использовалась лупа с 30-кратным увеличением, световой микроскоп Levenhuk с увеличением 40, 100 крат, а также камера для микроскопа цифровая Levenhuk M500 BASE (разрешение 2592x1944). Реактив гидроокись калия КОН.

Процент покрытия лишайниками различных видов ствола дерева определялся с помощью палетки, размером 10X10 см, разделенной на квадраты со стороной 1 см. Общая площадь поверхности ствола одного дерева должна составлять не менее 0,7 кв. (рис. 1).



Рисунок 1. Процесс подсчёта обилия лишайников

В качестве индикатора чистоты воздуха использовался индекс полеотолерантности (IP), вычисляемый по формуле:

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{C_n}$$

где n – количество видов; A_i – класс полеотолерантности i -го вида по таблице 1 (правый столбец); C_i - проективное покрытие i -го вида в баллах; C_n - сумма значений покрытия всех видов (в баллах).

Как следует из формулы величина IP может принимать значение от 0 до 10. Чем выше значение IP, тем загрязненнее воздух.

Для определения класса полеотолерантности использовалась таблица классификации Х.Х.Трасса (Таблица 1).

Для определения балла C_i применялась следующая шкала:

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Покровие, %	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100

Таблица 1. Классы полеотолерантности

Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды лишайников	Классы полеотолерантности
Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния <i>Lecanactis</i>	<i>Lecanactis abietina</i> , <i>Lobaria scrobiculata</i> , <i>Menegzzia terebrata</i> , <i>Mycoblastus sanguinarius</i> , виды родов <i>Pannaria</i> , <i>Parmeliella</i> , самые чувствительные виды рода <i>Usnea</i>	I
Естественные (часто) и антропогенно слабоизмененные местообитания (редко)	<i>Bryoria chalybeiformis</i> , <i>Evernia divaricata</i> , <i>Cyalecta ulmi</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Ochrolechia androgyna</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i>	II
Естественные (часто) и антропогенно слабоизмененные местообитания (часто)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Cetraria chlorophylla</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Lecidea tenebricosa</i> , <i>Opegrapha pulicaris</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>	III
Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания	<i>Bryoria implexa</i> , <i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Lecanora leptyroides</i> , <i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>Opegrapha diaphora</i> , <i>Parmelia subaurifera</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Pertusaria coccodes</i> , <i>Pseudevernia furfuraceae</i> , <i>Usnea filipendula</i>	IV
Естественные, антропогенно слабо- и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecania cyrtella</i> , <i>Lecanora chlarotera</i> , <i>L.rugosa</i> , <i>L.subfuscata</i> , <i>L.subrugosa</i> , <i>Lecidea glomerulosa</i> , <i>Parmelia exasperata</i> , <i>P.olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i> , <i>Ramalina farinacea</i>	V
Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно (часто) измененные местообитания	<i>Arthonia radiata</i> , <i>Caloplaca aurantiaca</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>L.carpinea</i> , <i>L.chlarona</i> , <i>L.pallida</i> , <i>L.symmictera</i> , <i>Parmelia acetabulum</i> , <i>P.subargentifera</i> , <i>P.exasperatula</i> , <i>Pertusaria discoidea</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Ramalina fraxinea</i> , <i>Rinodina exigua</i> ,	VI

Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды лишайников	Классы полеотолерантности
	<i>Usnea hirta</i>	
Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные местообитания	<i>Caloplaca vitellina, Candelariella vitellina, C.xanthostigma, Lecanora varia, Parmelia conspurcata, P.sulcata, P.verruculifera, Pertusaria amara, Phaeophyscia nigricans, Phlyctis agelaea, Physcia ascendens, Ph.stellaris, Ph.tenella, Physconia pulverulacea, Xanthoria polycarpa</i>	VII
Умеренно и сильно антропогенно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca cerina, Candelaria concolor, Phlyctis argena, Physconia grisea, Ph.enteroxantha, Ramalina pollinaria, Xanthoria candelaria</i>	VIII
Сильно антропогенно измененные местообитания (часто)	<i>Buellia punctata, Lecanora expallens, Phaeophyscia orbicularis, Xanthoria parietina</i>	IX
Очень сильно антропогенно измененные местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides, L.hageni, Lepraria incana, Scoliciosporum chlorococcum</i>	X

Выбор индикатора IP в качестве метода лишайноиндикации обусловлен более простым определением покрытия ствола конкретным видом лишайника, т.к. при применении формулы виды, попадающие в один класс полеотолерантности, учитываются совместно.

Результаты и обсуждение

В результате проделанной работе были получены следующие результаты. В целом районе Северное Бутово можно отметить, что зарастание стволов деревьев различными видами лишайников имеет сплошной характер. Лишайники занимают приблизительно от 50 до 100 % ствола деревьев, причем указанный процент выше для деревьев, имеющих сложную структуру коры (липа, клен) (лишайники занимают до 100 % ствола). На деревьях с более гладкой корой (рябина, береза) процент ниже (приблизительно, 30-60 %). Такой же процент характерен для сирени и облепихи. Самый низкий процент покрытия ствола был отмечен у берез (приблизительно 30%) (табл. 2).

Таблица 2. Обнаруженные виды лишайников в районе Северное Бутово

Дерево	Обнаруженные виды лишайников
Клен	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Феофисция округлая (<i>Phaeophyscia orbicularis</i>); 3. Фисция восходящая (<i>Physcia Adscendens</i>); 4. Фисция звездчатая (<i>Physcia stellaris</i>). Накипные лишайники: 1. Леканора разнообразная (<i>Lecanora allophana</i>).
Липа	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Феофисция округлая (<i>Phaeophyscia orbicularis</i>); 3. Фисция восходящая (<i>Physcia Adscendens</i>); 4. Фисция звездчатая (<i>Physcia stellaris</i>).
Облепиха	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Гипогимия вздутая (<i>Hypogymnia physodes</i>);
Рябина	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Феофисция округлая (<i>Phaeophyscia orbicularis</i>);
Сирень	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Феофисция округлая (<i>Phaeophyscia orbicularis</i>);
Береза	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Феофисция округлая (<i>Phaeophyscia orbicularis</i>);

В ходе исследования обнаружили, что наибольшее видовое разнообразие встречается на стволах кленов и лип (5 и 4 видов соответственно). На стволах других деревьев мы обнаружили два вида лишайников. Всего нашили 4 вида листоватых лишайников и 1 вид накипного лишайника. Кустистых лишайников

обнаружено не было. В таблице 2 приводится список видов, обнаруженных на стволах разных видов деревьев. Ввиду сложности определения видов мы уверены только в определении видов Ксантория настенная и Феофисция округлая. По отношению к остальным видам мы сделали предположение, основанное на особенностях морфологии лишайников, частоты встречаемости в ЮАО, приведенной в Бязровым Л.Г. в работе «Динамика видового разнообразия эпифитных лишайников Южного округа Москвы» (2013 г.).

Для расчета IP были исключены березы и рябины, т.к. эти деревья имеют гораздо более гладкую кору, что может оказывать существенное влияние на видовое разнообразие. Сирень и облепиха, хоть и имеют структуру коры, отличающуюся от клена и липы, но кора данных видов имеет сильно шероховатую поверхность, что, позволяет предположить, что данный субстрат может подходить для всех найденных видов лишайников. В таблице 3 приведены значения % покрытия и соответствующего балла C_i, класс полеотолерантности.

Таблица 3. Классы полеотолерантности Северное Бутово (в соответствии с таблицей 1)

Дерево	Вид лишайника	% покрытия	Балл	Класс полеотолерантности
Клены	Xanthoria parietina Phaeophyscia orbicularis	50	8	IX
	Physcia Adscendens Physcia stellaris	40	6	VIII
	Lecanora allophana	10	3	VI
Липы	Xanthoria parietina) Phaeophyscia orbicularis	40	6	IX
	Physcia Adscendens Physcia stellaris	60	8	VIII
Сирень	Xanthoria parietina) Phaeophyscia orbicula	60	8	IX
Облепиха	Xanthoria parietina	10	4	IX
	Hypogymnia physodes	40	6	VI

$$C_n = 41$$

$$PI = 9 * (8+6+4)/41 + 8 * (6+8)/41 + 6 * (3+6)/41 = 3,95 + 2,73 + 1,32 = 8$$

В районе Хорошево-Мневники исследования проводились на набережной Новикова-Прибоя. Можно сказать, что зарастания стволов деревьев различными

видами прерывистые. Процент покрытия составляет от 40% до 80%. Деревьев с низким процентом покрытия ствола обнаружено не было.

Всего в данном районе было обнаружено лишайников, относящиеся к 4 видам: 3 вида листоватых лишайников и 1 вид накипного лишайника. С уверенностью удалось определить два вида: Ксанторию настенную и Феофисцию округлую. По отношению к двум другим видам, мы предполагаем, что встретили Пармелию бороздчатую и Леканору разнообразную.

Таблица 4. Обнаруженные виды лишайников в районе Хорошево-Мневники

Дерево	Обнаруженные виды лишайников
Клен	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Феофисция округлая (<i>Phaeophyscia orbicularis</i>); 3. Пармелия бороздчатая (<i>Parmelia sulcata</i>); Накипные лишайники: 1. Леканора разнообразная (<i>Lecanora allophana</i>).
Дуб	Листоватые лишайники: 1. Ксантория настенная (<i>Xanthoria parietina</i>); 2. Феофисция округлая (<i>Phaeophyscia orbicularis</i>);

В таблице 5 приведены значения % покрытия и соответствующего балла C_i , класс полеотолерантности.

Таблица 5. Классы полеотолерантности Хорошево-Мневники (в соответствии с таблицей 1)

Дерево	Вид лишайника	% покрытия	Балл	Класс полеотолерантности
Клены	<i>Xanthoria parietina</i>	40	6	IX
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>			
	<i>Parmelia sulcata</i>	20	5	VII
	<i>Lecanora allophana</i>	5	2	VI
Дуб	<i>Xanthoria parietina</i>	40	4	IX
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>			

$$C_n = 17$$

$$PI = 9*(6+4)/17 + 7*5/17 + 6*2/17 = 5,29 + 2,06 + 0,71 = 8$$

В обоих районах индекс толерантности PI равен 8, что говорит о высоком уровне загрязнения воздуха.

Вывод

Районы Северное Бутово (территория жилого комплекса «Синяя птица») и Хорошево-Мневники (улица Новикова-Прибоя) имеют одинаковую степень загрязненности воздуха. Полученный результат имеет расхождение с данными по сравнению чистоты воздуха, приводимые компанией EcoStandard group, занимающейся проведением экологических экспертиз (данные приведены ниже по тексту). Согласно этим данным район Северное Бутово относится к экологически благополучным районам (зеленый цвет на карте), а Хорошево-Мневники к районам с приемлемой экологической ситуацией (темно-желтый цвет на карте) (рис. 2).

Несмотря на то, что полученное расхождение может быть связано как со слишком малой площадью выбранных площадок и/или ошибками при определении видового состава лишайников, необходимо отметить, что основной вероятной причиной все-таки, на наш взгляд, является разница в подходе к определению понятия «грязный» воздух.

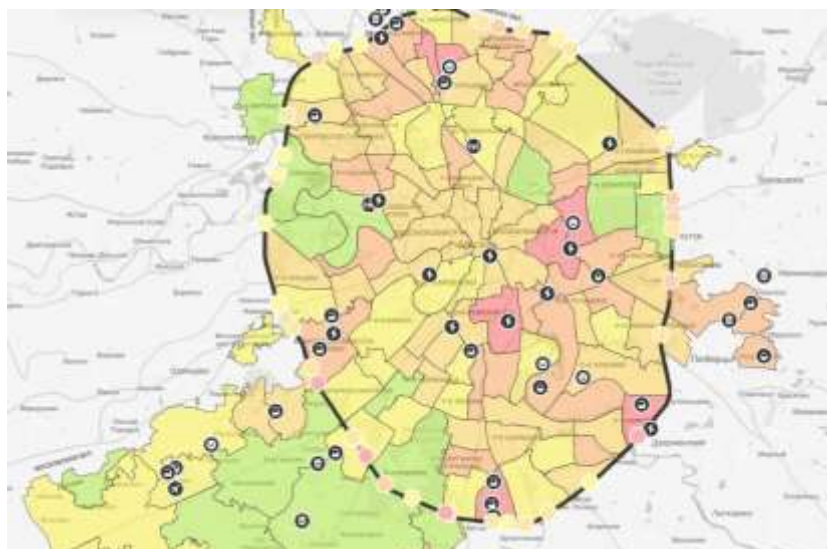


Рисунок 2. Загрязненность воздуха по районам Москвы по данным EcoStandard group.

зелёный (0–2 балла) — оптимальная экологическая обстановка; светло-жёлтый (3–4 балла) — благоприятная обстановка; тёмно-жёлтый (5–6 баллов) — приемлемая экологическая обстановка; оранжевый (7–8 баллов) — удовлетворительная обстановка; красный (9–10 баллов) — неудовлетворительная экология.

Список литературы

1. Боголюбов А. С., Кравченко М. В. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации. - М.: Изд-во. Экосистема. - 2001 . – С 15.
2. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. - М.: Изд-во Научный мир - 2002. - 335 с.
3. Бязров Л. Г. Динамика видового разнообразия эпифитных лишенизированных грибов Южного округа Москвы / научный электронный журнал «Принципы экологии». - Петрозаводск.: Изд-во ФГБОУ «Петрозаводский государственный университет». Т 2. № 1. - С. 33-49.
4. Красногорская Н.Н., Журавлёва С.Е., Миннуллина Г.Р. Лишеноиндикационные шкалы оценки качества атмосферного воздуха. - Фундаментальные исследования, - 2004. – № 5. – С. 38-42
5. Цуриков А.Г., Храмченкова О.М. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель - Гомельский гос. ун-т. им. Ф. Скорины – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. - 123 с.
6. Жизнь растений в шести томах / гл. ред. А. А. Федоров. - Москва: Просвещение. Том 3: Водоросли и лишайники / под ред. М. М. Голлербах. - 1977. – 379-422 с.
7. Флора лишайников России. Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников» / отв. редакторы М.П. Андреев, Д.Е. Гимельбрант / Москва – Санкт-Петербург: Товарищество научных изданий КМК. - 2014 . – стр. 61-141