

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования детей
«Центр детский экологический г. Челябинска»
(МБУДО «ЦДЭ г. Челябинска»)
Челябинская область
Город Челябинск

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды

Номинация «Микология, лишенология, альгология»

ТЕМА «Оценка качества воздуха на территории Каштакского бора
методом лишеноиндикации»

Выполнил:

Ахмадеева Маргарита Айратовна,
9 класс

Научный руководитель:

Серебренникова Юлия Александровна
заместитель директора по УВР
МБУДО «ЦДЭ г. Челябинска»,
кандидат биологических наук

Челябинск

2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	5
1.1. История возникновения лихенологии	5
1.2. Место лишайников в системе органического мира.....	5
1.3. Лихеноиндикация.....	6
ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
2.1 Характеристика района исследования.....	7
2.2. Методы исследования.....	8
ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	14
3.1. Видовой состав эпифитной лихенофлоры исследуемой территории	14
3.2. Оценка состояния воздуха	16
ВЫВОДЫ.....	17
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	20

Введение

В свете достижений мировой экологической науки становится очевидной необходимость комплексного изучения всех компонентов экосистемы, однако многие компоненты экосистем все еще остаются недостаточно изученными. В полной мере это касается и лишайников, особенно их распространения. Изучение их представляет несомненный теоретический интерес и практическую значимость.

Чистота воздушного бассейна – существенный фактор сохранения экологического благополучия населения. Проведение инструментального контроля и получаемые результаты не всегда позволяют оценить истинную опасность загрязнения, прогнозировать последствия воздействия поллютантов на живые организмы. В связи с этим все большую ценность приобретают биоиндикационные методы, главное достоинство которых заключается в предоставлении интегральной оценки качества окружающей среды.

Исследования видовой биоразнообразия лишайников в отдельных регионах в современных условиях постепенно становятся предметом изучения многих ученых. Такой интерес к лишайникам связан в первую очередь с тем, что они являются признанными биоиндикаторами антропогенных загрязнений атмосферы, а также степени нарушенности растительных сообществ. Изучение лишайников на заселенных людьми территориях особенно актуально, поскольку лишайники являются наиболее чувствительными компонентами экосистем: некоторые лишайники не выносят даже малейшего загрязнения и погибают; другие, наоборот, живут только в городах и прочих населенных пунктах, хорошо приспособившись к соответствующим антропогенным условиям. На этой основе стало развиваться особое направление – лихеноиндикация.

Лишайники являются наилучшими индикаторами состояния окружающей среды, так как распространены по всему земному шару и их реакция на внешние воздействия очень сильна, а собственная изменчивость, по сравнению с другими организмами, незначительна.

Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью обладают эпифитные лишайники (или эпифиты), т.е. лишайники, растущие на коре деревьев. Поэтому они стали объектом нашего исследования.

Цель: оценить качество воздуха на территории Каштакского бора методом лихеноиндикации.

Задачи исследования:

1. Изучить видовой состав эпифитной лихенофлоры исследуемой территории.
2. Рассчитать проективное покрытие лишайников.
3. Определить качество воздуха по проективному покрытию лишайников.

Методы исследования: маршрутно – рекогносцировочный, метод определения проективного покрытия, систематический, гербаризации.

ГЛАВА 1. Теоретические аспекты исследования

1.1. История возникновения лихенологии

Лишайники имеют очень древнюю историю: они появились на Земле более ста миллионов лет назад, когда образовалась меловая толща нашей планеты.

Впервые лишайники были описаны древнегреческим ученым Теофрастом. Он выявил 2 рода лишайников: уснея (*Usnea*) и рочелла (*Rocella*).

В XVII веке было известно уже 28 видов лишайников. Французский ботаник и врач Жозеф де Турнефор в своей системе выделил лишайники в отдельную группу в составе мхов [13].

К 1753 году стало известно свыше 170 видов лишайников. В это время их описывал шведский ученый – Карл Линней. Изучив 80 видов, он охарактеризовал лишайники как «скудную растительность» и включил их в состав «наземных водорослей».

Несмотря на первые ранние исследования, началом лихенологии (науки о лишайниках) считают 1803 год, когда молодой ученый Эрик Ахариус, ученик Карла Линнея, опубликовал свой труд «Методы, с помощью которых каждый сможет определить лишайники». Он выделил их в самостоятельную группу и создал систему, основанную на строении плодовых тел, в которую вошли 906 описанных на то время видов [11].

А в 1866 году на примере одного из видов микробиолог и врач Антуан де Бари впервые ввел термин «симбиоз», т.е. сожитительство двух организмов. Поэтому ученый К.А. Тимирязев назвал лишайники загадочным «растением-сфинксом», подразумевая двойственную природу лишайников [14].

Русские ботаники Андрей Фаминцын и Осип Баранецкий обнаружили, что зеленые клетки в лишайнике – одноклеточные водоросли [13].

Все эти открытия воспринимались современниками как «удивительнейшие». Сегодня лихенология является самостоятельной наукой, включающей в себя микологию и ботанику (альгологию).

1.2. Место лишайников в системе органического мира

Лишайники представляют собой своеобразную группу организмов, тело которых всегда состоит из двух, тесно связанных между собой, компонентов: гетеротрофного – гриба и автотрофного (фототрофного) – водорослей или цианопрокариот. Эта древняя группа живых организмов в результате адаптации к различным условиям среды в процессе эволюции приобрела большое разнообразие жизненных форм, расселилась по всему земному шару [13].

На протяжении почти полувека после открытия природы лишайников систематики довольно часто меняли положение лишайников в общей системе органического мира, относя их то к водорослям, то к мхам, то к грибам. Главной особенностью лишайников является то, что они представляют собой ассоциацию между грибом, обычно аскомицетом, но в некоторых случаях

базидиомицетом или дейтеромицетом (несовершенные грибы), и одним (или более) фотосинтезирующим партнером – зеленой водорослью или цианобактерией. Они не образуют отдельной систематической группы и в эволюционном смысле полифилетичны (имеют различное происхождение) [4].

До сих пор справедливы слова К.А. Тимирязева, назвавшего лишайники «растениями-сфинксами»[15]. Эта загадочность лишайников приводит к тому, что в системе растительного мира лишайникам отводят разные места. В настоящее время имеются следующие взгляды на положение лишайников в системе органического мира. Сторонники одного из них считают лишайники самостоятельным таксоном, возводя в ранг отдела. Сторонники другого взгляда считают лишайники биологической, а не систематической группой и присоединяют их к соответствующим группам грибов, рассматривая их как лишенизированные грибы. Предпринимаются попытки создать классификацию лишайников на основе химизма слоевищ.

1.3. Лихеноиндикация

Биоиндикация – это оценка состояния среды с помощью живых объектов. Термин «биоиндикация» чаще используется в европейской научной литературе, а в американской его обычно заменяют аналогичным по смыслу названием «экотоксикология».

По мнению Ван Штраалена (1998), существуют по крайней мере 3 случая, когда биоиндикация становится незаменимой, по сравнению с физико-химическими методами оценки качества среды.

1. Фактор не может быть измерен. Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох.

2. Фактор трудно измерить. Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве.

3. Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать. Данные о концентрации в окружающей среде различных поллютантов (если их концентрация не запредельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биоиндикация, позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды.

Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими.

Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и достаточной дешевизной определения качества среды. В отдельных

случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

Так же различают прямую и косвенную биоиндикацию. О прямой биоиндикации говорят, когда фактор среды действует на биологический объект непосредственно, о косвенной биоиндикации – когда фактор действует через изменение других (абиотических или биотических) факторов среды.

Лишайники относят к чувствительным индикаторам изменений условий окружающей среды, в частности, загрязнения экосистем токсичными веществами. Их чувствительность к загрязнению окружающей среды обусловлена несколькими причинами. Во-первых, в силу того, что лишайники представляют собой ассоциацию гриба и водорослей, любое воздействие, которое изменяет баланс взаимодействия между симбионтами, будет влиять на их жизнеспособность. Кроме того, лишайники поглощают аэрозоли и газы всей поверхностью талломов, что также повышает их чувствительность к загрязнению, а периодически происходящая дегидратация талломов, позволяющая переживать лишайникам периоды засухи, приводит к росту концентрации загрязняющих веществ в талломах до высоких уровней [7].

На сегодняшний день лишайноиндикация является одним из перспективных и наиболее разработанных методов экологического мониторинга, который позволяет достоверно и без больших затрат определять степень загрязнения воздуха и оценивать воздействие предприятий на окружающую среду. Основаниями для лишайноиндикации состояния воздушной среды служат низкая способность лишайников к авторегуляции и высокая степень их зависимости от физико-химических параметров среды [10].

Под воздействием токсичных веществ (диоксид серы, оксиды азота, тяжелые металлы, озон, органические оксиданты и др.) происходят изменения биохимического состава, физиологических процессов, анатомических и морфологических признаков, структуры популяций, видового состава и структуры лишайниковых сообществ. Наиболее изученными являются биохимические реакции лишайников и изменения видового состава эпифитных сообществ лишайников в условиях атмосферного загрязнения. Последний подход, ввиду его простоты и быстроты, получил наибольшую популярность среди методов лишайноиндикации.

Первое, что происходит в местообитаниях с высоким содержанием поллютантов – это накопление их (в особенности тяжелых металлов) в талломах лишайников.

Под воздействием токсических агентов происходят биохимические изменения, уменьшается скорость роста таллома и снижается образование апотециев [14].

Изменения популяционной структуры лишайников в условиях загрязнения изучены в меньшей степени. На примере (гипогимния вздутая)

было показано, что при увеличении загрязнения частотные распределения массы и длины талломов сдвигаются в сторону особей меньших размеров [8].

Общие изменения структуры лишайниковых сообществ под воздействием загрязнения проявляются в уменьшении числа видов и обилия чувствительных видов, смене субстратов и увеличении обилия токситолерантных видов [3].

Выявлены следующие изменения в видовом составе лишайников в условиях загрязнения: обеднение его видового состава, изменение спектра жизненных форм (уменьшение доли кустистых и, в меньшей степени, листоватых лишайников), сокращение числа напочвенных видов и увеличение доли эпифитов, космополитов и нитрофильных видов [7].

В основе изменения видового состава лишайниковых сообществ под влиянием загрязнения лежит дифференциальная чувствительность различных видов к воздействию поллютантов. Большое количество данных, касающихся распространения видов, и длительный мониторинг по определению концентраций поллютантов в местах их произрастания позволяют составить точные количественные шкалы чувствительности видов к различным загрязнителям [3].

Многочисленные исследования в районах промышленных объектов, на заводских и прилегающих к ним территориях показывают прямую зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определённых видов лишайников. Особая чувствительность лишайников объясняется тем, что они не могут выделять в среду поглощенные токсические вещества, которые вызывают физиологические и морфологические изменения.

По мере приближения к источнику загрязнению становится толстым, компактным почти совсем утрачивают плодовые тела, обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневатый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются и лишайник погибает. Изучение лишайниковой флоры в населённых пунктах и вблизи крупных промышленных объектов показывает, что состояние окружающей среды оказывает существенное влияние на развитие лишайников. По их видовому составу и встречаемости можно судить о степени загрязнении воздуха [7].

Таким образом, методы оценки загрязнённости атмосферы по встречаемости лишайников основаны на следующих закономерностях:

1. Чем сильнее загрязнён воздух города, тем меньше встречается в нём видов лишайника.
2. Чем сильнее загрязнён воздух, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев.
3. При повышении загрязнённости воздуха исчезают первыми кустистые лишайники, за ними – листоватые, последние исчезают накипные.

На основании этих закономерностей можно количественно оценить чистоту воздуха, в конкретном месте [1].

ГЛАВА II. Материалы и методы исследования

2.1. Характеристика района исследования

Исследования проводились в Каштакском бору, являющимся особо охраняемой природной территорией – ботаническим памятником природы областного значения. Каштакский бор отнесен к памятникам природы областного значения решением Исполнительного комитета Челябинского областного Совета народных депутатов от 21 января 1969 года № 29 «Об охране памятников природы в области».

Статус территории обозначен в Постановлении Правительства Челябинской области от 15.02.2007 № 27-П, границы – в Постановлении Законодательного собрания Челябинской области от 28.06.2001 № 171. Площадь Каштакского бора составляет 2772 га.

Каштакский бор имеет особо важное средозащитное, санитарно-гигиеническое, водоохранное, оздоровительное и рекреационное значение для населения Челябинской области и других субъектов Российской Федерации, является уникальным островным бором, реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи, расположенным в черте города Челябинска и в границах Сосновского района [6].

На территории бора расположены разнообразные рекреационные объекты: базы отдыха, детские оздоровительные лагеря, санатории и т.п.

Наша работа проведена на территории МАУ ДОЛ «Солнечная поляна» в период летней профильной естественно-научной смены «ЭкоСити», организуемой МБУДО «ЦДЭ г. Челябинска» (рис. 1).

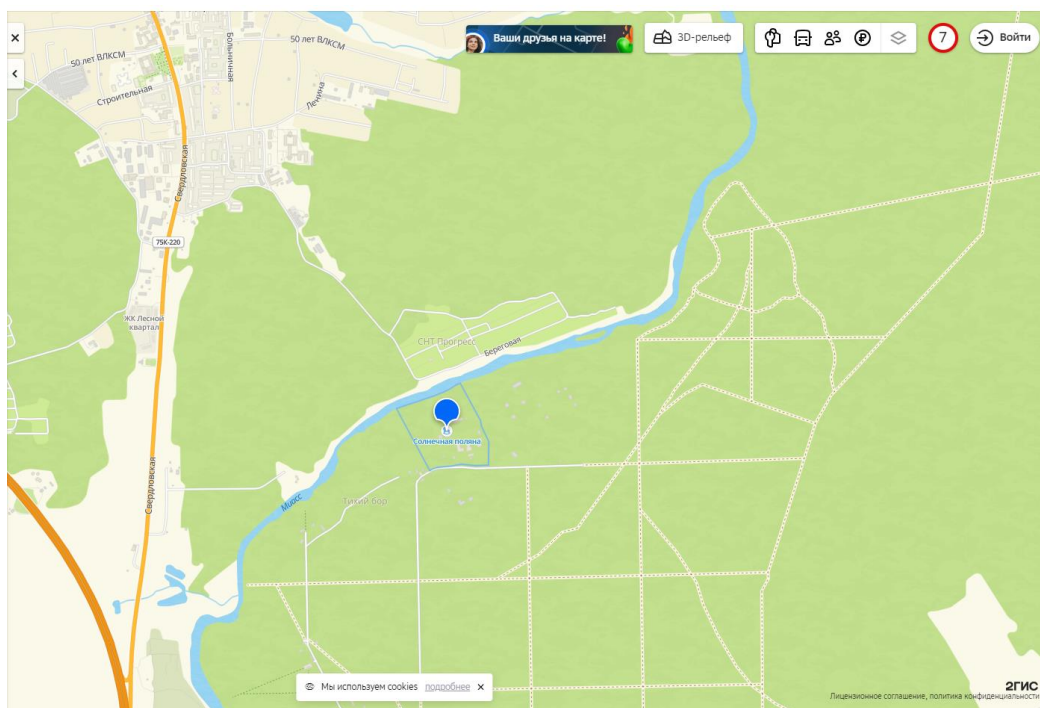


Рис. 1. Карта района исследования (источник: 2gis.ru) [16]

2.2. Методы исследования

2.2.1. Методика заложение временных пробных площадей

Временными площадями называются территории (леса), на которых производятся лишенологические исследования и в пределах которых производится выбор модельных деревьев. В центре пробной площади выбиралось одно дерево, далее вокруг него выбирали ещё девять других деревьев. Деревья были выбраны с учётом того, чтобы они были приблизительно одного диаметра и одного возраста. При этом не использовали молодые или же перестойные деревья, наклонно растущие деревья, а также деревья с видимыми механическими повреждениями. Выбор осуществлялся без учета предварительной информации об обилии лишайников на стволах деревьев[2].

2.2.2. Методика сбора лишайников.

Один из основных этапов в изучении лишайников – коллекционирование, поскольку от качества и разнообразия собранного материала напрямую зависит уровень изученности и, соответственно, богатство и разнообразие данной лишенофлоры [12].

По сравнению с высшими растениями лишайники собирать намного проще – многие из них (например, растущие на деревьях – эпифиты) доступны в любое время года, не только в течение вегетационного периода. Главное – знать, где и как собрать больше разных видов лишайников, ведь зачастую недостаточно опытный коллектор собирает лишь заметные, бросающиеся в глаза макролишайники, проходя мимо мелких, так называемых, микролишайников. А ведь последние составляют более половины всего богатства лишенофлоры в любом регионе [10].

Выявление богатства флоры будет более успешным, если вести активный поиск, т. е. представлять какие виды в данных условиях можно обнаружить. Поэтому было проведено предварительное знакомство с общим обликом различных таксономических групп лишайников в гербариях, а также работа с литературой.

Для сбора лишайников необходимы – острый нож, топорик. Ножом можно срезать кусочки корки с образцом лишайника. Когда приходится иметь дело с деревьями с твердой коркой, а также в зимнее время – лучше пользоваться ножом и топориком: приставить нож лезвием к дереву, и, легко постукивая по нему молотком, срезать верхний слой корки вместе с лишайником (стараясь не повредить камбий).

Главное, чтобы на собранном образце было достаточно важных деталей лишайника – край таллома, подслоевище или первичное слоевище, плодовые тела и т. п. Чем представительнее коллекционный материал по конкретному образцу лишайника, тем легче будет найти характерные признаки вида и точнее будет определение (соответственно – меньше ошибок).

Собранные лишайники упаковывали в заранее заготовленную тару, а именно традиционные прямоугольные конверты и пакеты (из бумажного материала) с завернутыми углами. Последние гораздо удобнее – не

рассыпается материал при сушке и транспортировке. В один пакет помещались образцы с одного ствола.

Каждый образец снабжался этикеткой. Если несколько образцов были собраны в одном месте, то они снабжались одной этикеткой. Но этикетку следует помещать так, чтобы она не потерялась при последующей транспортировке и хранении.

В этикетке указывали: дату сбора, место, кратко условия местообитания (растительное сообщество, экспозиция, степень освещения и увлажнения, выходов контрастных пород, кострищ и пр.), субстрат, предположительное название собранного вида (хотя бы на уровне рода или семейства), номер сбора [12].

2.2.3. Методика определения лишайников.

Определение лишайников чрезвычайно трудоемкое и сложное дело. Для определения нам потребовался микроскоп, с объективами, дающими увеличение от 8 до 90х и окулярами от 7 до 15х, острые лезвия, вода, растворы реактивов, предметные и покровные стекла и определители [11].

Лучше всего начинать с определения относительно простых макролишайников (кустистых – *Cladonia* и листоватых – *Parmelia*), конечно даже среди них имеются очень сложные в диагностике виды. После того, как освоена методика определения макролишайников можно переходить к накипным.

Для определения лишайников используются следующие растворы и реактивы:

К – 10%-ный раствор КОН в воде. Для обнаружения цветных реакций слоевище смачивают каплей раствора. Такая реакция происходит очень быстро. Наличие цветной реакции обозначают К⁺, чаще всего слоевище желтеет или краснеет.

С – водный раствор гипохлорита кальция – Ca(ClO)₂, в последнее время в качестве заменителя используют обыкновенную бытовую белизну. Наличие или отсутствие цветовой реакции обозначают соответственно С⁺ или С⁻. У некоторых видов лишайников применение одного только С не вызывает цветной реакции, так же как и применение только К. Иногда бывает, что цветовая реакция проявляется только, если сначала слоевище смочить К, а затем сразу же С. Такая реакция кратко обозначается КС⁺ с указанием цвета.

Ј – раствор Ј в КЈ. При наличии амилоидных гиф или желатины обнаруживается синее или фиолетовое окрашивание. В последнее время этот реактив широко используется для изучения апикальных структур сумок. Иногда предварительное синее окрашивание изменяется впоследствии на красно-бурое, а иногда быстро переходит в зеленоватое или буровато-желтое. Наличие или отсутствие окрашивания обозначается Ј⁺ или Ј⁻.

Для определения видового многообразия лишайников использовали определители «Водоросли, лишайники и мохообразные СССР» (1978), компьютерный цифровой атлас-определитель лишайников России и

методическое пособие «Изучение флоры и экологии лишайников (методика описаний лишайниковых сообществ)» [2, 4, 9].

2.2.4. Метод линейных пересечений

Одной из наиболее удачных методик измерения относительной численности лишайников является методика линейных пересечений. Данная методика заключается в наложении гибкой ленты с миллиметровыми делениями на поверхность ствола, горизонтально, обычно на высоте - 1.5 м. В качестве такой ленты удобно использовать обычный портняжный метр. Ленту накладывали в направлении по часовой стрелке. Начало ленты – нулевую отметку - ориентируют на север. Совмещая последнее деление и ноль ленты, определяют длину окружности ствола. Ее при дальнейших измерениях принимали за 100%. После каждого измерения, фиксировали начало и конец каждого пересечения ленты с талломами лишайников. Измерения проводили с точностью до 1 мм. Описывали видовой состав лишайников, а также основные количественные показатели - встречаемость видов и их линейное проективное покрытие в относительных единицах.

Линейное проективное покрытие оценивают как среднее значение отношения суммы длин частей горизонтального сечения боковой поверхности дерева на высоте 1,5 м, принадлежащих талломам лишайников данного вида, к длине всего горизонтального сечения (рис. 2). Удобнее всего величину покрытия приводить к процентам, умножая на 100.

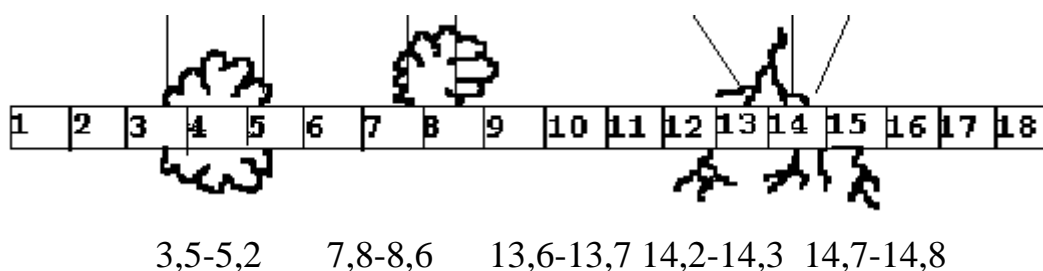


Рис.2. Схематическое изображение: мерная лента с миллиметровыми делениями (на рисунке указаны лишь сантиметровые) и талломы лишайников; при обследовании регистрируются начало и конец пересечения талломов с верхним краем ленты [5].

Метод линейных пересечений позволяет проводить измерения лишайников большинства жизненных форм и экологических групп.

Результаты определения проективного покрытия вносились в таблицу 1.

Таблица 1

Определение проективного покрытия лишайников

Порядковый номер дерева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Степень покрытия ствола лишайниками, %										
Количество видов лишайников										
Количество лишайников доминирующего вида										

После внесения данных, можно оценить качество воздуха, используя средние значения числа видов лишайников, степени покрытия и общего количества лишайников на каждом исследуемом дереве по шкале, приведенной в таблице 2.

Таблица 2

Шкала качества воздуха по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев

Проективное покрытие, %	Число видов	Число доминантных видов	Степень загрязнения
> 50	> 5	> 5	Очень чистый воздух
	3 – 5	> 5	Чистый воздух
	2 – 5	< 5	Относительно чистый воздух
20–50	>5	>5	
< 20	>2	< 5	Умеренное загрязнение
	3 – 5	< 5	Сильное загрязнение
	0 – 2	< 5	Очень сильное загрязнение

Глава III. Результаты собственных исследований

3.1. Заложение временной пробной площади

Полевые исследования проводились в июле 2024 года на территории МАУ ДОЛ «Солнечная поляна» в Каштакском бору. Временная пробная площадь была заложена рядом с экокласом в березово-сосновом сообществе.



Рис. 3. Фрагмент участка лесного сообщества, в котором проводились исследования

3.2. Видовой состав

Видовая принадлежность лишайников определялась в камеральных условиях по соответствующим определителям.

Список видового состава лишайников исследуемой территории:

1. Цетрария сосновая *Cetraria pinastri* (Scop.) S. Gray
2. Пармелия бороздчатая *Parmelia sulcata* Tayl.
3. Пармелиопсис сомнительный *Parmeliopsis ambigua* (Wulf.) Nyl.
4. Гипогимния вздутая *Hypogimnia physodes* (L.) Nyl
5. Кладония бесформенная *Cladonia deformis* Hoffm.
6. Уснея жесткая *Usnea hirta* (L.) Wigg.emend.Mot.

В результате на исследованной территории определено 6 видов эпифитных лишайников, относящихся к 6 родам (приложение 1, фотографии автора).

Обнаруженные лишайники были распределены по жизненным формам.

Листоватых – 4 вида: *Cetraria pinastri*, *Parmelia sulcata*, *Parmeliopsis ambigua*, *Hypogimnia physodes*.

Кустистых – 2 вида: *Cladonia deformis*, *Usnea hirta*.

Их соотношение можно представить в виде диаграммы (рис. 4).

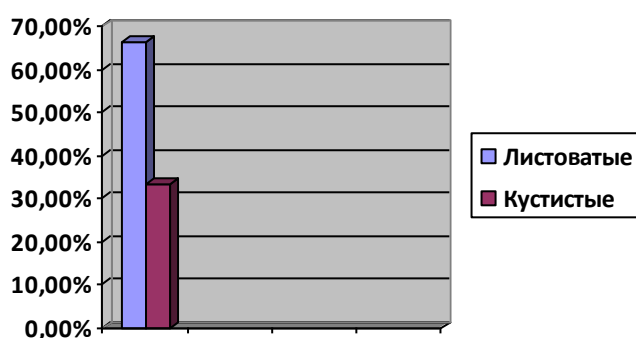


Рис.4. Распределение видов лишайников по жизненным формам.

Более половины обнаруженных лишайников (66,6%) по жизненной форме относятся к листоватым, 33,4% – к кустистым.

Относительно субстратной приуроченности лишайников можно отметить, что выявленные виды лишайников встречаются на обеих лесообразующих породах (сосне обыкновенной и березе повислой). Большее количество лишайников встречается на сосне обыкновенной.

Оценка проективного покрытия лишайниками стволов деревьев проводилась методом линейных пересечений. В полевых условиях выполнялась лишенометрическая съемка (приложение 2). Для этого внимательно рассматривался ствол модельного дерева по окружности ленты, фиксируя начало и конец каждого пересечения ленты с талломами лишайников. Полученные данные отражены в таблице 3.

Таблица 3

Определение проективного покрытия лишайников

Порядковый номер дерева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Степень покрытия ствола лишайниками, %	22,1	21	28,4	12,6	16,2	8,9	14,8	10,3	18,1	14,3
Количество видов лишайников	3	2	4	2	3	1	2	1	3	2
Количество лишайников доминирующего вида	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1

Как видно из данных таблицы степень проективного покрытия стволов деревьев лишайниками варьируется от 10,3 до 28,4%. Максимальное проективное покрытие у вида пармелия бороздчатая – до 18%, минимальное – у уснеи жесткой (ее талломы встречаются единично).

Основываясь на полученных результатах и сопоставив их с критериями, приведенными в таблице 2, можно сделать вывод о том, что воздух на исследуемой территории – относительно чистый.

Подобный результат может объясняться наличием большого количества дорог с активным транспортным трафиком, ведения строительных работ, достаточно близким расположением города Челябинска.

Таким образом, результаты наших исследований не противоречат закономерностям, на которых основаны методы оценки загрязнённости атмосферы с помощью лишеноиндикации.

Выводы:

1. В результате исследования выявлено 6 видов эпифитных лишайников, относящихся к 6 родам. Большая часть определенных видов относится к листоватым лишайникам.

2. К эвритопным можно отнести виды: пармелия бороздчатая, гипогимния вздутая, стенотопным является уснея жесткая.

3. По соотношению проективного покрытия лишайниками стволов деревьев, общему количеству видов и доминирующим видам воздух на исследуемой территории относится к категории – относительно чистый.

Список использованной литературы

1. Ашихмина, Т.Я. Школьный экологический мониторинг /Т.Я. Ашихмина. - М.: Агар, 1999. - 96 – 113 с.
2. Боголюбов, А.С. Изучение флоры и экологии лишайников// Методика описаний лишайниковых сообществ /А.С. Боголюбов, М.В. Кравченко. – М.: «Экосистема», 2006.- 42 с.
3. Бязров, Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге/ Л.Г. Бязров. – М. : Научный мир, 2002. – 336 с.
4. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР/ отв. ред. М.В. Горленко. – М.: «Мысль», 1978. – 365с.
5. Инсаров, Г.Э. Сравнение различных методов учета лишайников-эпифитов / Г.Э. Инсаров, А. В.Пчелкин //Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л. : Гидрометеиздат, 1983. -Т.6.
6. Каштакский бор / сайт ОГУ ООПТ: https://oopt.gov74.ru/oopt/overview/oopt/kashtak_bor.htm (дата обращения: 01.11.2024)
7. Кулябина, Е.Ю. Региональные особенности лишеноиндикационного мониторинга качества атмосферного воздуха на примере урбанизированных и особо охраняемых территорий Нижегородской области: Дис. ... канд. биолог.наук/ Е.Ю.Кулябина. - Н.Новгород. – 2003.- 165 с.
8. Михайлова, И.Н Размерная и возрастная структура популяций эпифитного лишайника *Nurogymnia physodes* (L.) Nyl. в условиях атмосферного загрязнения / И.Н. Михайлова, Е.Л. Воробейчик. – М.: Экология. – 1999. № 2. С. 130-137.
9. Компьютерный цифровой атлас-определитель лишайников России <https://ecosystema.ru/04materials/guides/03lich.htm> (дата обращения 09.09.2024)
10. Пчелкин, А.В., Слепов Б.В, Использование водорослей и лишайников в экологическом мониторинге и биоиндикационных исследованиях/ А.В. Пчелкин, Б.В. Слепов. - М.: «Экосистема», 2004. - 48 с.

11. Пчелкин, А.В. Популярная лихенология/ А.В. Пчелкин. - М.: 2006. – 36 с.
12. Солдатенкова, Ю.П. Малый практикум по ботанике: лишайники (кустистые и листоватые)/ Ю.П. Солдатенкова.- М.: изд-во Московского университета. – 2003. – 123 с.
13. Федоров, Ал.А. Жизнь растений. В 6-ти т. Водоросли. Лишайники /Гл. ред. чл.-корр. АН СССР, проф. Ал. А.Федоров, Под ред. проф. М.М. Голербаха. – М.: Просвещение, 1977. – 487с. Т.3.
14. Шапиро, И.А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения /И.А. Шапиро. – М.: Усп. совр. биол., 1996. Т. 116, № 2.
15. Шапиро, И.А. Загадки растения-сфинкса. Лишайники и экологический мониторинг/ И.А. Шапиро. - Л.: Гидрометеиздат. 1991 – 80 с.
16. GIS карты. Территория исследования
<https://2gis.ru/chelyabinsk/firm/70000001031119210/61.357918%2C55.328923?m=61.365187%2C55.331656%2F14.7> (дата обращения: 23.10. 2024)

Приложение
Приложение 1



Фото 1. *Parmelia sulcata* Tayl.



Фото 2. *Parmeliopsis ambigua* (Wulf.) Nyl.



Φοτο 3. *Hypogimnia physodes* (L.) Nyl.



Φοτο 4. *Cetraria pinastri* (Scop.) S. Gray



Φοτο 5. *Cladonia deformis* Hoffm.

Образец оформления результатов лихенометрической съемки

Дерево 1, окружность ствола 128 см

№ Пересечений с лентой	Виды лишайников							
	Вид 1		Вид 2		Вид 3		Вид 4	
	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см
1	0	0,8	35	35,5	74,5	75		
2	3	5	74	75	88	89		
3	6	7	92	94	118	121		
4	12	13	96	97				
5	21,5	22	100	102				
6	32	32,2	113	114				
7	36	36,6						
8	47	48						
9	50	52						
10	59,5	60						
11	70,5	71						
12	75,5	74,5						
13	75,5	76,5						
14	80,5	81						
15	84,5	86						
16	90	93						
17	111	113						
18	114	115						
19	123	124						
20	126	127						