

Министерство образования и науки Амурской области  
Управление образования администрации Сковородинского района  
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа №3 г. Сковородино  
Детское эколого-биологическое объединение «Тайны живой природы»

Исследовательский проект  
**Оценка загрязнения воздуха г. Сковородино  
с помощью разных методов лишенодикации.**

*Автор:*

Гаращенко Дмитрий  
Константинович,  
обучающийся 9 «А» класса  
МБОУ СОШ №3  
г. Сковородино

*Руководитель:*

Сафьянникова Наталья Валерьевна  
учитель химии и биологии  
МБОУ СОШ №3  
г. Сковородино

г. Сковородино

2018 г

## Оглавление

|                                       | стр. |
|---------------------------------------|------|
| Введение .....                        | 3    |
| 1. Литературный обзор                 |      |
| 1.1 Метод биоиндикации .....          | 5    |
| 1.2 Характеристика лишайников .....   | 6    |
| 1.3 Лишайники как биоиндикаторы ..... | 6    |
| 1.4 Методы лишеноиндикации .....      | 8    |
| 1.5 Классы полеотолерантности .....   | 8    |
| 2. Этапы реализации проекта .....     | 10   |
| 3. Экспериментальная часть            |      |
| 3.1 Материалы и методика .....        | 11   |
| 3.2 Результаты исследования .....     | 15   |
| Выводы .....                          | 18   |
| Список литературы .....               | 19   |
| Приложение 1 .....                    | 20   |
| Приложение 2 .....                    | 23   |
| Приложение 3 .....                    | 26   |
| Приложение 4 .....                    | 29   |
| Приложение 5 .....                    | 32   |
| Приложение 6 .....                    | 33   |
| Приложение 7 .....                    | 34   |
| Приложение 8 .....                    | 36   |
| Приложение 9 .....                    | 37   |
| Приложение 10 .....                   | 39   |

## Введение

Проблема загрязнения атмосферного воздуха – одна из серьезнейших глобальных проблем, с которыми столкнулось человечество. Опасность загрязнения атмосферы – не только в том, что в чистый воздух попадают вредные вещества, губительные для живых организмов, но и в вызываемом загрязнением изменении экосистем и климата. Россия также входит в список стран с высоким уровнем концентрации сернистого газа. Только в 15 крупных городах загрязненность воздуха не выходит за пределы санитарных норм. Только 15% городского населения дышит относительно незагрязненным воздухом. В 125 городах ПДК загрязняющих веществ превышает норму в 5–10 раз.

В современном обществе все больше людей активно участвует в решении экологических проблем и готовы самостоятельно проводить исследования и обнародовать полученные результаты. Не у каждого есть специальное оборудование, позволяющие проводить измерение, поэтому метод биоиндикации делает мониторинг окружающей среды более доступным.

Для нашего города стоит проблемы загрязнения воздуха от работающих котельных и транспорта. Особенности рельефа и приземистые перемещения воздуха, особенно в зимний период, способствуют накоплению загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы. В нашем городе нет специальных приборов для измерения концентрации сернистого газа в атмосфере, поэтому для определения загрязнения воздуха мы решили использовать метод биоиндикации. Из всех направлений биоиндикации мы решили взять метод лишеноиндикации. На первом этапе нашего проекта мы использовали индекс полеотолерантности для оценки загрязнения воздуха. На втором этапе мы решили использовать 2 индекса метода лишеноиндикации для сравнения.

**Цель исследования:** Сравнить индекс чистоты атмосферы (IAQ) и индекс полеотолерантности (IP) путем апробирования на разных участках г. Сковородино.

**Задачи исследования:**

1. Освоить способы измерения проективного покрытия деревьев лишайниками: способ линейный пересечений и способ палетки
2. Определить видовой состав и систематическое положение лишайников.
3. Произвести расчеты полученных результатов, используя индекс чистоты атмосферы (IAQ) и индекс полеотолерантности (IP)
4. Оценить полученные результаты с целью определения эффективности методов.

**Объект исследования:** Индекс полеотолерантности(IP) и индекс чистоты атмосферы(IAQ).

**Предмет исследования:** Индекс полеотолерантности (IP) и индекс чистоты атмосферы (IAQ), как методы, показывающие объективное состояние чистоты атмосферы.

**Гипотеза:** Если индекс полеотолерантности (IP) и индекс чистоты атмосферы (IAQ) правильно отражают уровень загрязненности то, результаты оценки состояния атмосферного воздуха с помощью этих методов не будут сильно различаться между собой.

# 1. Литературный обзор

## 1.1 Метод биоиндикации

Биологический мониторинг в качестве одного из методов использует биоиндикацию - определение биологически значимых нагрузок по реакции на них живых организмов и их сообществ. Главная идея биомониторинга состоит в том, что живые организмы отражают сложившиеся условия среды. Те виды, для которых эти условия неблагоприятны, выпадают, заменяясь новыми видами с иными потребностями. В качестве индикатора выбирается тот вид, который имеет узкую амплитуду экологической толерантности по отношению к какому-либо фактору среды.

В качестве биоиндикаторов могут быть использованы представители всех «царств» живой природы. Для биоиндикации непригодны организмы, поврежденные болезнями, вредителями и паразитами. Идеальный биологический индикатор должен удовлетворять ряду требований:

- быть типичным для данных условий;
- иметь высокую численность в исследуемом экотопе;
- обитать в данном месте в течение ряда лет, что дает возможность проследить динамику загрязнения;
- находиться в условиях, удобных для отбора проб;
- давать возможность проводить прямые анализы без предварительного концентрирования проб;
- характеризоваться положительной корреляцией между концентрацией загрязняющих веществ в организме-индикаторе и объекте исследования;
- использоваться в естественных условиях его существования; иметь короткий период онтогенеза, чтобы была возможность отслеживания влияния фактора на последующие поколения.

Ответная реакция биоиндикатора на определенное физическое или химическое воздействие должна быть четко выражена, т.е. специфична, легко регистрироваться визуально или с помощью приборов (Мелехова О.П., 2008).

## **1.2 Характеристика лишайников**

Лишайники (Lichens) представляют собой особую группу симбиотических организмов, тело которых состоит из двух компонентов: грибного (микобионта) и водорослевого (фикобионта). В роли фикобионта могут выступать и цианобактерии. Долгое время природа лишайников оставалась загадочной, и даже после открытия двойственного характера этих организмов немецким ботаником Симоном Швенденером в 1867 году они продолжали оставаться, по образному определению К.А. Тимирязева, растениями-сфинксами. Природа взаимоотношений двух симбионтов в лишайниковом тандеме трактуется неоднозначно и до сих пор. Ее определяют как истинный паразитизм гриба на водоросли, либо как сбалансированный паразитизм, либо как мутуализм - облигатное взаимовыгодное сожительство двух организмов. Вместе с тем лишайники представляют собой биологически целостные организмы, имеющие свой эволюционный путь развития и характерные только для них черты строения и обмена веществ.

Лишайники образуют особые морфологические типы, жизненные формы, не встречающиеся у грибов и водорослей, слагающих лишайниковое слоевище. Для лишайников характерен особый тип обмена веществ. Физиология гриба и водоросли в талломе лишайника отличается от физиологии свободноживущих грибов и водорослей.

Размножаются лишайники путем отделения кусочков слоевища с последующей его регенерацией. Растут лишайники очень медленно, прирост их составляет от 1 до 8 мм в год. Средний возраст лишайников от 30 до 80 лет (Зенова М.Г., 1999).

## **1.3 Лишайники как биоиндикаторы**

Лишайники являются симбиотическими организмами. Многими исследователями показана их пригодность для целей биоиндикации. Они обладают весьма специфическими свойствами, так как реагируют на изменение состава атмосферы, обладают отличной от других организмов

биохимией, широко распространены по разным типам субстратов, начиная со скал и кончая корой и листьями деревьев, удобны для экспозиции в загрязненных районах.

Выделяют четыре основные экологические группы лишайников: эпифитные - растущие на коре деревьев и кустарников; эпиксильные - растущие на обнаженной древесине; эпигейные - на почве; эпилитные - на камнях. Из них наиболее чувствительны к загрязнению воздуха эпифитные виды. С помощью лишайников можно получать вполне достоверные данные об уровне загрязнения воздуха. При этом можно выделить группу химических соединений и элементов, к действию которых лишайники обладают сверхповышенной чувствительностью: оксиды серы и азота, фторо- и хлороводород, а также тяжелые металлы. Многие лишайники погибают при невысоких уровнях загрязнения атмосферы этими веществами. Процедура определения качества воздуха с помощью лишайников носит название лишеноиндикации (Пчёлкин А.В., 2006).

Осмотр слоевища невооруженным взглядом или при помощи лупы позволяет оценить внешний вид избранных видов и выявить такие свойства лишайников, как цвет, размер, особенности размножения. Преимущество такого способа в том, что он не требует сложного оборудования и больших затрат.

Выводы делаются на основе сравнения фиксированных признаков:

- ✓ до и после обработки загрязнителем;
- ✓ через определенные промежутки времени на тех же местах;
- ✓ и (или) по градиенту расстояния от известного источника загрязнения;

Репродуктивная способность является очень чувствительным механизмом, снижение которой может привести к исчезновению представителей вида с территории. Лишайники растут намного медленнее сосудистых растений, поэтому рост как показатель их реакции на загрязнение воздуха используется в полевых работах нечасто. (Лиштва А.В., 2007).

#### **1.4 Методы лишеноиндикации**

Один из ведущих лишенологов Х.Х.Трасс разделил методы лишеноиндикации на 3 группы:

- методы, основанные на изучении изменений, происходящих в лишайниках под влиянием загрязнений;
- методы, основанные на изучении изменений видового состава лишайников, происходящих под влиянием загрязнений;
- методы изучения лишайниковых сообществ в загрязненных районах и составление специальных карт.

При использовании методов первой группы выбирают индикаторный вид, наиболее чувствительный к какому-либо загрязнению и следят за такими параметрами растения как кислотность и электропроводность клеточного сока, содержание хлорофилла в лишайниковых водорослях, содержание серы, железа, ртути, кадмия и других поллютантов в слоевище лишайника и т.д.

Установлено, что лишайники могут накапливать в своем слоевище более тридцати различных элементов: Hg, Cd, Fe, Pb, F, As, Se, Cu, Zn, V, Cr и др. Равновесие между содержанием элементов в лишайнике и в окружающей среде достигается примерно за 15 месяцев.

Выносливость лишайников, относящихся к различным систематическим группам, при действии на них воздушных загрязнений не одинакова.

Чем выше концентрация загрязняющих веществ в воздухе, тем беднее видовой состав лишайников. (Чеснокова С.М. 1999).

#### **1.5 Классы полеотолерантности**

По реакции к загрязнению воздуха виды лишайников делят на три категории:

- 1) самые чувствительные, исчезающие при первых симптомах загрязнения;
- 2) среднечувствительные, приходящие на смену погибшим чувствительным видам, с которыми они не могли конкурировать, пока воздух был чистым;
- 3) самые выносливые, к загрязнению (накипные лишайники из рода

леканора и листоватые из родов ксантория и фисция).

На основе индивидуальных особенностей лишайников были разработаны шкалы полеотолерантности лишайников. Шкала полеотолерантности эпифитных лишайников (Х. Трасс) включает десять классов (см. Прил.3, табл. 2). В 1-й, 2-й и 3-й классы входят лишайники, встречающиеся только в природных ландшафтах (в лесах, болотах, вдали от населенных пунктов) и в слабо окультуренной местности (в лесных массивах рядом с населенными пунктами, лугах). В 4-й, 5-й и 6-й классы включены лишайники, более или менее часто встречающиеся в умеренно окультуренном ландшафте (поселках, малых городах, парках, окрестностях больших городов и кладбищах). Классы 7 –10 объединяют те виды лишайников, которые распространены в сильно окультуренных районах (средних и больших городах). (Чеснокова С.М. 1999).

## 2.Этапы реализации проекта

### 1. Подготовительный:

- Определение цели и задач;
- Составление плана исследования;
- Определение сроков исследования;
- Изучение литературных источников по теме исследования;
- Знакомство с методикой.

### 2.Практический:

- Осуществление исследований по методике.

### 3.Обобщение результатов:

- Обобщение полученных результатов
- Сравнение методик
- Формулирование выводов.

### 4.Информационно-просветительский:

- Выступление на школьной научно-практической конференции.

### Ожидаемые результаты

**Качественные:** овладеть методикой лишеноиндикации.

**Количественные:** узнать большее количество лишайников.

### Риски проекта:

| № п/п | Риски                               | Пути снижения рисков  |
|-------|-------------------------------------|---|
| 1.    | Неверно определены виды лишайников. | Использовать разные определители.   |
| 2.    | Недостоверность полученных данных.  | Использовать другие методы оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха |

### 3. Экспериментальная часть.

#### 3.1 Материалы и методика.

Теоретические: работа с литературными источниками, статистическая обработка и анализ полученных данных. Эмпирические: определение систематического положения лишайников, использование метода «палетки» и метода «линейных пересечений» для оценки проективного покрытия лишайников и расчета индекса полеотолерантности и индекса чистоты атмосферы.

Для измерения численности лишайников на деревьях, в частности – их проективного покрытия, использовали способ «палетки» и метод «линейных пересечений». Для использования способа «палетки» прозрачную пленку изготовили самостоятельно из куска полиэтиленовой пленки, расчертив её ручкой на квадраты 1 x 1 см.

«Способ палетки» является методом непосредственного измерения проективного покрытия лишайников на стволах деревьев, т.е. измерения процентного отношения площади, покрытой лишайниками, к площади, свободной от лишайников. Палетку накладывали на ствол дерева. Подсчет лишайников на каждом участке ствола производили следующим образом: сначала считали число квадратов, в которых лишайники занимают на глаз больше половины площади квадрата (а), условно приписывая им покрытие, равное 100 %. Затем подсчитывают число квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади квадрата (b), условно приписывая им покрытие, равное 50 %. Данные записывали в рабочую таблицу.

Общее проективное покрытие в процентах (R) вычисляли по формуле:  $R = (100 a + 50 b) / C$ , где C - общее число квадратов палетки (при использовании палетки 10 x 10 см с ячейками 1 x 1 см, C = 100). При наличии на обследуемом участке коры дерева нескольких видов лишайников каждый вид считали в отдельности.

Способ "линейных пересечений", менее наглядный и требующий немного более сложных расчетов, но зато более точный и универсальный.

Каким бы способом ни подсчитывались лишайники, все измерения производят на постоянной высоте – примерно 150 см от земли (главное - везде одинаково). Перед началом измерений заготавливают специальные таблицы, в которые вносят основные сведения о месте проведения измерений и собственно результаты подсчетов. Определение проективного покрытия лишайников способом «линейных пересечений», в отличие от способа «палетки», основано на измерении не площадных, а линейных показателей. Способ заключается в наложении на окружность ствола мерной ленты с фиксированием всех пересечений ее со слоевищами лишайников. В качестве ленты можно использовать простой «портняжный метр» (с миллиметровыми делениями). Измерение лишайников этим способом производится следующим образом. После выбора модельного дерева исследователь определяет на стволе точку, находящуюся на высоте 150 см от комля с северной стороны (использовать компас). Затем на ствол накладывается мерная лента с делениями таким образом, чтобы ноль шкалы ленты совпадал с выбранной точкой, а возрастание чисел на шкале соответствовало движению по часовой стрелке (с севера на восток). После полного оборота вокруг ствола лента закрепляется на стволе булавкой в - 9 - нулевой точке. Совмещая последнее деление и ноль ленты определяют длину окружности ствола. Ее при дальнейших расчетах принимают за 100 %. После этого начинают измерения, двигаясь взглядом по ленте и фиксируя начало и конец каждого пересечения ленты с талломами лишайников (чтобы не сбиться – удобно использовать указатель – карандаш, ручку, спичку и т.п.). Измерения проводятся с точностью до 1 мм. По данным полевых измерений в домашних условиях производят расчет проективного покрытия лишайников, т.е. определяют отношение покрытой лишайниками части ствола к его общей поверхности. Вначале подсчитывается общая (суммарная) длина (протяженность) талломов лишайников. Затем, зная общую длину окружности ствола и принимая ее за 100%, рассчитывается проективное покрытие лишайников (в %).

Более точно и, главное, количественно, определить уровень нарушенности местообитания помогают так называемые лишеноиндикационные индексы, учитывающие, в основном, видовое разнообразие, т.е. видовое богатство (число видов) и численность разных видов лишайников. На сегодняшний день существует несколько десятков лишеноиндикационных индексов, как тех, которые учитывают видовой состав лишайников, так и тех, при расчете которых нужно знать только видовое богатство (число видов). Мы использовали наиболее простой – индекс полеотолерантности (**IP**), который учитывает видовой состав лишайников и вычисляется по формуле:  $IP = \sum_{n=1}^n (AiCi/Cn)$ , где n – количество видов на пробных площадках,  $Ai$  – класс полеотолерантности  $i$ -того вида  $Ci$  – проективное покрытие  $i$ -того вида в баллах,  $Cn$  - сумма значений покрытия всех видов.

Индекс полеотолерантности вычисляется для всех обследованных модельных деревьев на площадке в среднем. Общая обследованная площадь поверхности стволов при использовании палеток должна быть не менее 0,7 м<sup>2</sup>.

Оценка проективного покрытия дается по 10-балльной шкале:

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

Значения IP колеблются между 1 и 10. Чем больше значение IP, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании. Нулевое значение IP может быть только в случае полного отсутствия лишайников.

Значения IP можно коррелировать со среднегодовым содержанием SO<sub>2</sub> в воздухе (по Трассу, 1985) (Приложение 9, Таблица 2).

Другим способом расчетов, не требующим знаний о видовом составе лишайников, является индекс чистоты атмосферы, IAQ (Index of Atmosphere Quality),

$$IAQ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i C_i}{10}$$

где  $Q_i$  - экологический индекс определенного  $i$ -того вида (или индекс ассоциированности),  $C_i$  – показатель обилия  $i$ -того вида, а  $n$  - количество видов. Вначале IAQ рассчитывается для каждого модельного дерева в отдельности, затем находится среднее значение для всей площадки в целом. Экологический индекс (индекс ассоциированности)  $Q$  характеризует количество видов, сопутствующих данному виду на всей пробной площадке, плюс сам описываемый вид. Фактически – это общее число видов, обнаруженных на данной площадке. Оценка проективного покрытия вида дается по такой же 10-балльной шкале, что и при расчете индекса полеотолерантности. Таким образом, чем больше проективное покрытие лишайников, и чем больше видов обитает на данном участке местности, тем выше показатель IAQ и, соответственно, тем чище воздух местообитания. Значения IAQ могут располагаться в диапазоне от 0 до бесконечности (теоретически). Такой расчет, повторим, производится вначале для каждого модельного дерева на площадке. Затем находится среднее значение IAQ для всей площадки в целом (значения IAQ для каждого дерева складываются и полученная сумма делится на число модельных деревьев). (Боголюбов А.С., 2001).

Также, как и индекс полеотолерантности, индекс чистоты атмосферы IAQ коррелирует с концентрацией SO<sub>2</sub> в воздухе (по Трассу, 1985) (Приложение 9, Таблица 3).

Для определения видового состава использовали атлас-определитель (Цуриков А.Г., 2009).

### 3.2 Результаты исследования.

В целях сравнения методов индекса полеотолерантности (IP) и индекса чистоты атмосферы (IAQ) было обследовано 6 участков г. Сковородино: ул. 60 Лет СССР, ул. Красноармейская, ул. Победы, ул. Калинина, Школьный двор, Привокзальная площадь. На каждом участке проводилось измерение проективного покрытия на стволах десяти деревьев. В качестве модельного дерева был выбран тополь. Для более точного измерения проективного покрытия использовались 2 способа: способ линейных пересечений и способ палетки (Приложение 10. Рис. 1- 5).

По результатам измерения способа линейных пересечений (Приложение 2, Таблицы 1- 7) и способа палетки (Приложение 1, Таблицы 1 - 7) были составлены таблицы с процентным измерением проективного покрытия деревьев лишайниками на всех улицах. Для наглядности полученных результатов проективного покрытия была составлена диаграмма (Приложение 7, Рис 1). Из приведенной диаграммы видно, что результаты, полученные измерением проективного покрытия каждым способом, совпадают. Так же из диаграммы видно, что с участок наибольшим проективным покрытием по результатам измерения двумя способами участок – Школьный двор, и ул. Калинина, по остальным участкам значения расходятся незначительно.

Обнаруженные на стволах деревьев, обследуемых участков, лишайники относятся к 4 видам: Фисция звездчатая (*Physcia stellaris*), род *Physcia*, Ксантория восковидная (*Xanthoria candelaria*) род, *Xanthoria*, Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), род Пармелия, Фисция серо-голубая (*Physcia airolia*), род *Physcia*. Данные виды относятся к семейству Телохистовые, *Physciaceae*, Пармелия, класс – Леканоромицеты (*Lecanoromycetes*); отдел – Аскомицеты (*Ascomycota*); царство – Грибы (*Mycota*). Фисция звездчатая (*Physcia stellaris*) и Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) относятся к 7 классу полеотолерантности, то есть приурочены к умеренно (часто) и сильно

(редко) антропогенно измененным местообитаниям, Ксантория восковидная (*Xanthoria candelaria*) относится к 8 классу полеотолерантности, то есть приурочен к умеренно и сильно антропогенно измененным местообитаниям (с равной встречаемостью), Фисция серо-голубая (*Physcia airolia*) относится к 5 классу полеотолерантности, то есть приурочен к естественным, антропогенно слабо- и умеренно измененным местообитаниям (с равной встречаемостью). Наиболее распространенный вид на обследованных участках Фисция звездчатая (*Physcia stellaris*) занимает половину от общего числа особей всех видов лишайников, второй по распространенности Ксантория восковидная (*Xanthoria candelaria*), а Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) и Фисция серо-голубая (*Physcia airolia*) встречаются редко, что видно на диаграмме (Приложение 7, Рис. 2).

**Классы полеотолерантности** - это группы, члены которых более или менее одинаково реагируют на определенные загрязняющие вещества и их концентрации в атмосферном воздухе

Для того чтобы узнать проективное покрытие лишайников в баллах, которые необходимо для расчета лишайноиндикационных индексов по формуле, мы оценили проективное покрытие лишайников каждым способом по 10-бальной шкале, полученные результаты занесли в таблицы (Приложение 4, Таблицы 1-7, Приложение 5, Таблицы 1-7).

С помощью полученных результатов мы провели вычисления по формулам индекса полеотолерантности (IP). (Приложение 5, Таблица 2, Приложение 6 Таблица 2)

Для вычисления индекса чистоты атмосферы (IAQ) нам необходимо было узнать количество видов лишайников на каждом участке, полученные результаты отображены в диаграмме (Приложение 7, Рис 3). С помощью полученных результатов мы провели вычисления по формуле индекса чистоты атмосферы (Приложение 5, Таблица 1, Приложение 6, Таблица 1).

По результатам вычисления индекса полеотолерантности (IP), полученные 2 способами измерения проективного покрытия на обследуемых участках: ул.

60 Лет СССР, ул. Красноармейская, ул. Победы, ул. Калинина, Школьный двор и Привокзальная площадь концентрации сернистого газа составляет 0,08 – 0,10 (мг/м<sup>3</sup>) (Приложение 5, Таблица 2, Приложение 6 Таблица 2).

По результатам вычислений индекса чистоты атмосферы (IAQ), полученные 2 способами измерения проективного покрытия на обследуемых участках: ул. 60 Лет СССР, ул. Красноармейская, Победы, Калинина, Школьный двор и Привокзальная площадь концентрации сернистого газа составляет - более 0,086 мг/м<sup>3</sup> (Приложение 5, Таблица 1, Приложение 6, Таблица 1).

Индекс полеотолерантности и индекс чистоты атмосферы одинаково отразили концентрацию сернистого газа в атмосфере, и наша гипотеза подтвердилась.

Результаты, полученные в ходе исследовательской работы, доказали, что индексы полеотолерантности (IP) и индекс чистоты атмосферы (IAQ) могут быть использованы, как достоверные способы определения уровня загрязнения воздуха, а также применяться в случаи отсутствия специального оборудования, что делает экологические исследования более доступными. С помощью метода лишеноиндикации можно снизить вероятность ошибки при определении уровня загрязнения воздуха другими методами биоиндикации, то есть снизить экологический риск методов, оценивающих загрязненность атмосферы.

## Выводы:

1. Нами были освоены два способа измерения проективного покрытия: способ линейных пересечений и способ палетки.

2. Изученные лишайники относятся к 4 видам: Фисция звездчатая (*Physcia stellaris*), род *Physcia*, Ксантория восковидная (*Xanthoria candelaria*) род, *Xanthoria*, Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), род Пармелия, Фисция серо-голубая (*Physcia airolia*), род *Physcia*. Данные виды относятся к семейству Телохистовые, *Physciaceae*, Пармелия, класс – Леканоромицеты (*Lecanoromycetes*); отдел – Аскомицеты (*Ascomycota*); царство – Грибы (*Mycota*).

3. По результатам вычислений индексы полеотолерантности (IP), полученные 2 способами измерения проективного покрытия на обследуемых участках: ул. 60 Лет СССР, ул. Красноармейская, ул. Победы, уд. Калинина, Школьный двор и Привокзальная площадь концентрации сернистого газа составляет 0,08 – 0,10 (мг/м<sup>3</sup>).

По результатам вычислений индекса чистоты атмосферы (IAQ), полученные 2 способами измерения проективного покрытия на обследуемых участках: ул. 60 Лет СССР, ул. Красноармейская, Победы, Калинина, Школьный двор и Привокзальная площадь концентрации сернистого газа составляет - более 0,086 (мг/м<sup>3</sup>).

4. Показатели Индекса полеотолерантности равны не сильно различаясь в концентрации сернистого газа, что показывает их достоверность и эффективность.

### Список использованной литературы:

1. Боголюбов А.С, Кравченко М.В. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации: методическое пособие/А.С. Боголюбов, М.В Кравченко,- М.: Экосистема, 2001. – 15 с. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/768861/> (дата обращения 8.07.2016)
2. Зенова Г.М. Лишайники: Соросовский образовательный журнал, №8 / Г.М Зенова – М.: Московский государственный университет. М.В. Ломоносова, 1999. – 5 с.
3. Лиштва А. В. Лихенология: учебно-методическое пособие/А.В Лиштва. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2007. - 124 с.
4. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студ. высш. учеб. Заведений/ О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. - 2-е издание, испр. - М.:Издательский центр «Академия», 2008. – 232 с.
5. Пчелкин А.В. Популярная лишенология: учебное пособие/ А.В. Пчелкин, Д.В Моргун.- М.: МГСЮН, 2006. - 36 с. Электронный ресурс. Режим доступа <http://www.ecosystema.ru/07referats/pchelkin/monitoring.htm> (дата обращения 12.12.2016)
6. Цуриков А. Г. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель: учебное пособие для студентов биологических специальностей вузов [и др.] / А. Г. Цуриков, О. М. Храмченкова– Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 123 с.
7. Чеснокова С.М. Ч451 Лишеноиндикация загрязнения окружающей среды: Практикум / Владим. гос. ун-т. Владимир, 1999 38 с.

Проективное покрытие способом «Палетки»

60 лет СССР

Таблица 1

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 22%                  | 22,7%             |                  |                 |
| 2  |                      | 25%               |                  |                 |
| 3  | 100%                 | 13%               |                  | 4%              |
| 4  | 60%                  |                   |                  | 17%             |
| 5  | 17%                  | 11,5%             |                  | 1%              |
| 6  | 4%                   | 8%                |                  |                 |
| 7  | 52%                  |                   |                  |                 |
| 8  |                      | 18%               |                  |                 |
| 9  | 100%                 | 13%               |                  | 9%              |
| 10 | 2%                   | 23,5%             | 6,5%             |                 |

Таблица 2

Красноармейская

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 0,5%                 | 15,5%             |                  |                 |
| 2  | 17,5%                | 3%                |                  |                 |
| 3  |                      | 4,5%              |                  | 4%              |
| 4  | 28%                  | 35%               |                  |                 |
| 5  |                      | 25,5%             |                  |                 |
| 6  | 100%                 |                   |                  |                 |
| 7  |                      | 70,5%             |                  |                 |
| 8  |                      | 33%               |                  |                 |
| 9  |                      | 100%              |                  |                 |
| 10 | 42%                  | 100%              |                  |                 |

Таблица 3

## Улица Победы

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 2,5%                    | 65%                  |                     |                    |
| 2  |                         | 100%                 | 34%                 |                    |
| 3  | 16%                     |                      |                     |                    |
| 4  |                         | 11%                  |                     | 6%                 |
| 5  |                         |                      | 22%                 |                    |
| 6  | 20%                     | 8%                   |                     | 8%                 |
| 7  | 11%                     | 70%                  |                     |                    |
| 8  | 12%                     | 15%                  | 15%                 | 4%                 |
| 9  | 7%                      | 55%                  |                     |                    |
| 10 |                         | 20%                  |                     |                    |

Таблица 4

## Калинина

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 100%                    | 100%                 |                     |                    |
| 2  | 100%                    | 90%                  |                     |                    |
| 3  | 85%                     | 100%                 |                     |                    |
| 4  | 100%                    | 100%                 |                     |                    |
| 5  | 100%                    | 100%                 |                     |                    |
| 6  | 100%                    | 97%                  |                     |                    |
| 7  | 100%                    | 90%                  |                     |                    |
| 8  | 61%                     | 80%                  | 10%                 |                    |
| 9  | 100%                    | 100%                 |                     |                    |
| 10 | 100%                    | 100%                 |                     |                    |

Таблица 5

## Привокзальная площадь

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  |                         | 10%                  |                     |                    |
| 2  | 15%                     | 1%                   |                     |                    |
| 3  | 28%                     | 100%                 |                     |                    |
| 4  |                         | 54%                  |                     |                    |
| 5  |                         | 42%                  |                     |                    |
| 6  |                         | 37%                  |                     |                    |
| 7  | 18%                     | 30%                  |                     |                    |
| 8  | 100%                    | 41%                  |                     |                    |
| 9  |                         | 20%                  |                     |                    |
| 10 |                         | 38%                  |                     |                    |

Таблица 6

## Школьный двор

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 94%                     |                      |                     |                    |
| 2  | 100%                    | 80%                  |                     |                    |
| 3  |                         | 100%                 |                     |                    |
| 4  |                         | 64%                  |                     |                    |
| 5  |                         | 100%                 |                     |                    |
| 6  | 100%                    | 85%                  |                     |                    |
| 7  |                         | 100%                 |                     |                    |
| 8  | 86%                     |                      |                     |                    |
| 9  | 100%                    |                      |                     |                    |
| 10 |                         | 100%                 |                     |                    |

Таблица 7

| Улица                | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 60 Лет СССР          | 44,6%                   | 16,8%                | 6,5%                | 7,75%              |
| Красноармейская      | 37,6%                   | 43%                  |                     | 4%                 |
| Победа               | 11,4%                   | 43%                  | 24%                 | 6%                 |
| Калинина             | 97,6%                   | 97,7%                | 10%                 |                    |
| Привокзальная<br>пл. | 40,25%                  | 37,3%                |                     |                    |
| Школьный двор        | 96%                     | 90%                  |                     |                    |

Проективное покрытие способом линейных пересечений

60 Лет СССР

Таблица 1

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 16%                  | 21%               |                  |                 |
| 2  |                      | 27%               |                  |                 |
| 3  | 90%                  | 11%               |                  | 4%              |
| 4  | 57%                  |                   |                  | 20%             |
| 5  | 13%                  | 9%                |                  | 10%             |
| 6  | 6%                   | 10%               |                  |                 |
| 7  | 48%                  |                   |                  |                 |
| 8  |                      | 16%               |                  |                 |
| 9  | 87%                  | 10%               |                  | 13%             |
| 10 | 5%                   | 27%               | 9%               |                 |

Таблица 2

Красноармейская

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 1%                   | 10%               |                  |                 |
| 2  | 14%                  | 5%                |                  |                 |
| 3  |                      | 6%                |                  | 2%              |
| 4  | 30%                  | 29%               |                  |                 |
| 5  |                      | 23%               |                  |                 |
| 6  | 92%                  |                   |                  |                 |
| 7  |                      | 67%               |                  |                 |
| 8  |                      | 36%               |                  |                 |
| 9  |                      | 90%               |                  |                 |
| 10 | 40%                  | 95%               |                  |                 |

Таблица 3

## Улица Победы

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 2%                      | 63%                  |                     |                    |
| 2  |                         | 81%                  | 32%                 |                    |
| 3  | 16%                     |                      |                     |                    |
| 4  |                         | 11%                  |                     | 8%                 |
| 5  |                         |                      | 23%                 |                    |
| 6  | 19%                     | 6%                   |                     | 11%                |
| 7  | 12%                     | 68%                  |                     |                    |
| 8  | 15%                     | 12%                  | 13%                 | 5%                 |
| 9  | 6%                      | 51%                  |                     |                    |
| 10 |                         | 21%                  |                     |                    |

Таблица 4

## Калинина

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 92%                     | 89%                  |                     |                    |
| 2  | 86%                     | 92%                  |                     |                    |
| 3  | 83%                     | 94%                  |                     |                    |
| 4  | 93%                     | 95%                  |                     |                    |
| 5  | 97%                     | 87%                  |                     |                    |
| 6  | 84%                     | 97%                  |                     |                    |
| 7  | 96%                     | 93%                  |                     |                    |
| 8  | 64%                     | 84%                  | 13%                 |                    |
| 9  | 98%                     | 96%                  |                     |                    |
| 10 | 94%                     | 97%                  |                     |                    |

Таблица 5

## Привокзальная площадь

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  |                         | 12%                  |                     |                    |
| 2  | 20%                     | 2%                   |                     |                    |
| 3  | 28%                     | 93%                  |                     |                    |
| 4  |                         | 52%                  |                     |                    |
| 5  |                         | 38%                  |                     |                    |
| 6  |                         | 35%                  |                     |                    |
| 7  | 21%                     | 34%                  |                     |                    |
| 8  | 97%                     | 44%                  |                     |                    |
| 9  |                         | 22%                  |                     |                    |
| 10 |                         | 35%                  |                     |                    |

Таблица 6

## Школьный двор

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 92%                     |                      |                     |                    |
| 2  | 87%                     | 85%                  |                     |                    |
| 3  |                         | 94%                  |                     |                    |
| 4  |                         | 58%                  |                     |                    |
| 5  |                         | 95%                  |                     |                    |
| 6  | 95%                     | 88%                  |                     |                    |
| 7  |                         | 91%                  |                     |                    |
| 8  | 89%                     |                      |                     |                    |
| 9  | 96%                     |                      |                     |                    |
| 10 |                         | 98%                  |                     |                    |

Таблица 7

| Улица                | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 60 Лет СССР          | 40,2%                   | 16,4%                | 9%                  | 12%                |
| Красноармейская      | 35,4%                   | 40,1%                |                     | 2%                 |
| Победа               | 11,6%                   | 39,1%                | 22,7%               | 8%                 |
| Калинина             | 88,7%                   | 92,4%                | 13%                 |                    |
| Привокзальная<br>пл. | 41,5%                   | 36,7%                |                     |                    |
| Школьный двор        | 91,8%                   | 87%                  |                     |                    |

Проективное покрытие способом палетки в баллах

60 Лет СССР

Таблица 1

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 5                    | 5                 |                  |                 |
| 2  |                      | 5                 |                  |                 |
| 3  | 10                   | 4                 |                  | 2               |
| 4  | 8                    |                   |                  | 4               |
| 5  | 4                    | 4                 |                  | 1               |
| 6  | 2                    | 3                 |                  |                 |
| 7  | 7                    |                   |                  |                 |
| 8  |                      | 4                 |                  |                 |
| 9  | 10                   | 4                 |                  | 3               |
| 10 | 1                    | 5                 | 3                |                 |

Таблица 2

Красноармейская

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 1                    | 4                 |                  |                 |
| 2  | 4                    | 1                 |                  |                 |
| 3  |                      | 2                 |                  | 2               |
| 4  | 5                    | 6                 |                  |                 |
| 5  |                      | 5                 |                  |                 |
| 6  | 10                   |                   |                  |                 |
| 7  |                      | 9                 |                  |                 |
| 8  |                      | 6                 |                  |                 |
| 9  |                      | 10                |                  |                 |
| 10 | 7                    | 10                |                  |                 |

**Таблица 3****Улица Победы**

|    | <i>Xanthoria candelaria</i> | <i>Physcia stellaris</i> | <i>Parmelia sulcata</i> | <i>Physcia aipolia</i> |
|----|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1  | 1                           | 9                        |                         |                        |
| 2  |                             | 10                       | 5                       |                        |
| 3  | 4                           |                          |                         |                        |
| 4  |                             | 4                        |                         | 1                      |
| 5  |                             |                          | 5                       |                        |
| 6  | 5                           | 3                        |                         | 1                      |
| 7  | 4                           | 9                        |                         |                        |
| 8  | 4                           | 4                        | 4                       | 1                      |
| 9  | 3                           | 8                        |                         |                        |
| 10 |                             | 4                        |                         |                        |

**Таблица 4****Калинина**

|    | <i>Xanthoria candelaria</i> | <i>Physcia stellaris</i> | <i>Parmelia sulcata</i> | <i>Physcia aipolia</i> |
|----|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 2  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 3  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 4  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 5  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 6  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 7  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 8  | 9                           | 10                       | 3                       |                        |
| 9  | 10                          | 10                       |                         |                        |
| 10 | 10                          | 10                       |                         |                        |

Таблица 5

## Привокзальная площадь

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  |                         | 3                    |                     |                    |
| 2  | 4                       | 1                    |                     |                    |
| 3  | 2                       | 10                   |                     |                    |
| 4  |                         | 8                    |                     |                    |
| 5  |                         | 7                    |                     |                    |
| 6  |                         | 6                    |                     |                    |
| 7  | 4                       | 5                    |                     |                    |
| 8  | 10                      | 7                    |                     |                    |
| 9  |                         | 4                    |                     |                    |
| 10 |                         | 6                    |                     |                    |

Таблица 6

## Школьный двор

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 10                      |                      |                     |                    |
| 2  | 10                      | 9                    |                     |                    |
| 3  |                         | 10                   |                     |                    |
| 4  |                         | 9                    |                     |                    |
| 5  |                         | 10                   |                     |                    |
| 6  | 10                      | 9                    |                     |                    |
| 7  |                         | 10                   |                     |                    |
| 8  | 3                       |                      |                     |                    |
| 9  | 10                      |                      |                     |                    |
| 10 |                         | 10                   |                     |                    |

Таблица 7

| Улица                | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 60 Лет СССР          | 7 Б                     | 4 Б                  | 3 Б                 | 3 Б                |
| Красноармейская      | 6 Б                     | 7 Б                  |                     | 2 Б                |
| Победы               | 4 Б                     | 7 Б                  | 5 Б                 | 3 Б                |
| Калинина             | 10 Б                    | 10 Б                 | 4 Б                 |                    |
| Привокзальная<br>пл. | 7 Б                     | 6 Б                  |                     |                    |
| Школьный двор        | 10 Б                    | 10 Б                 |                     |                    |

Проективное покрытие способом линейных пересечений в баллах

Таблица 1

60 Лет СССР

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 4                    | 5                 |                  |                 |
| 2  |                      | 5                 |                  |                 |
| 3  | 10                   | 4                 |                  | 2               |
| 4  | 8                    |                   |                  | 5               |
| 5  | 4                    | 3                 |                  | 4               |
| 6  | 3                    | 3                 |                  |                 |
| 7  | 7                    |                   |                  |                 |
| 8  |                      | 4                 |                  |                 |
| 9  | 10                   | 3                 |                  | 4               |
| 10 | 2                    | 5                 | 3                |                 |

Таблица 2

Красноармейская

|    | Xanthoria candelaria | Physcia stellaris | Parmelia sulcata | Physcia aipolia |
|----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 1                    | 3                 |                  |                 |
| 2  | 4                    | 2                 |                  |                 |
| 3  |                      | 3                 |                  | 1               |
| 4  | 5                    | 5                 |                  |                 |
| 5  |                      | 5                 |                  |                 |
| 6  | 10                   |                   |                  |                 |
| 7  |                      | 9                 |                  |                 |
| 8  |                      | 6                 |                  |                 |
| 9  |                      | 10                |                  |                 |
| 10 | 6                    | 10                |                  |                 |

Таблица 3

## Улица Победы

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 1                       | 9                    |                     |                    |
| 2  |                         | 10                   | 6                   |                    |
| 3  | 4                       |                      |                     |                    |
| 4  |                         | 4                    |                     | 3                  |
| 5  |                         |                      | 5                   |                    |
| 6  | 4                       | 3                    |                     | 4                  |
| 7  | 4                       | 9                    |                     |                    |
| 8  | 4                       | 4                    | 4                   | 2                  |
| 9  | 3                       | 8                    |                     |                    |
| 10 |                         | 5                    |                     |                    |

Таблица 4

## Калинина

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 2  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 3  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 4  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 5  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 6  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 7  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 8  | 9                       | 10                   | 4                   |                    |
| 9  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 10 | 10                      | 10                   |                     |                    |

Таблица 5

## Привокзальная площадь

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  |                         | 4                    |                     |                    |
| 2  | 5                       | 1                    |                     |                    |
| 3  | 5                       | 10                   |                     |                    |
| 4  |                         | 8                    |                     |                    |
| 5  |                         | 6                    |                     |                    |
| 6  |                         | 6                    |                     |                    |
| 7  | 5                       | 6                    |                     |                    |
| 8  | 10                      | 7                    |                     |                    |
| 9  |                         | 5                    |                     |                    |
| 10 |                         | 6                    |                     |                    |

Таблица 6

## Школьный двор

|    | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1  | 10                      |                      |                     |                    |
| 2  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 3  |                         | 10                   |                     |                    |
| 4  |                         | 8                    |                     |                    |
| 5  |                         | 10                   |                     |                    |
| 6  | 10                      | 10                   |                     |                    |
| 7  |                         | 10                   |                     |                    |
| 8  | 10                      |                      |                     |                    |
| 9  | 10                      |                      |                     |                    |
| 10 |                         | 10                   |                     |                    |

Таблица 7

| Улица                | Xanthoria<br>candelaria | Physcia<br>stellaris | Parmelia<br>sulcata | Physcia<br>aipolia |
|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 60 Лет СССР          | 7                       | 4                    | 3                   | 4                  |
| Красноармейская      | 6                       | 7                    |                     | 1                  |
| Победа               | 4                       | 6                    | 4                   | 3                  |
| Калинина             | 10                      | 10                   | 4                   |                    |
| Привокзальная<br>пл. | 7                       | 6                    |                     |                    |
| Школьный двор        | 10                      | 10                   |                     |                    |

## Приложение 5

### Индексы IP и IAQ по результатам способом палетки.

Таблица 1

#### IAQ

| Улица             | IAQ  | Концентрация SO <sub>2</sub> |
|-------------------|------|------------------------------|
| 60 Лет СССР       | 3,8  | более 0,086                  |
| Красноармейская   | 2,46 | более 0,086                  |
| Победы            | 3,56 | более 0,086                  |
| Калинина          | 6,06 | более 0,086                  |
| Привокзальная пл. | 1,54 | более 0,086                  |
| Школьный двор     | 2,32 | более 0,086                  |

Таблица 2

#### IP

| Улица             | IP  | Концентрация SO <sub>2</sub> | Условная зона        |
|-------------------|-----|------------------------------|----------------------|
| 60 Лет СССР       | 7   | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Красноармейская   | 7,2 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Победы            | 7   | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Калинина          | 7,3 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Привокзальная пл. | 7,5 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Школьный двор     | 7,5 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |

## Приложение 6

### Индексы IP и IAQ по результатам способом линейных пересечений

**Таблица 1**

#### IAQ

| Улица             | IAQ  | Концентрация SO <sub>2</sub> |
|-------------------|------|------------------------------|
| 60 Лет СССР       | 3,96 | более 0,086                  |
| Красноармейская   | 2,4  | более 0,086                  |
| Победы            | 3,82 | более 0,086                  |
| Калинина          | 6,09 | более 0,086                  |
| Привокзальная пл. | 1,68 | более 0,086                  |
| Школьный двор     | 2,36 | более 0,086                  |

**Таблица 2**

#### IP

| Улица             | IP  | Концентрация SO <sub>2</sub> | Условная зона        |
|-------------------|-----|------------------------------|----------------------|
| 60 Лет СССР       | 7   | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Красноармейская   | 7,2 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Победы            | 7   | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Калинина          | 7,4 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Привокзальная пл. | 7,5 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |
| Школьный двор     | 7,5 | 0,08 – 0,10                  | Сильного загрязнения |

Рис.1 Сравнение двух способов измерения проективного покрытия

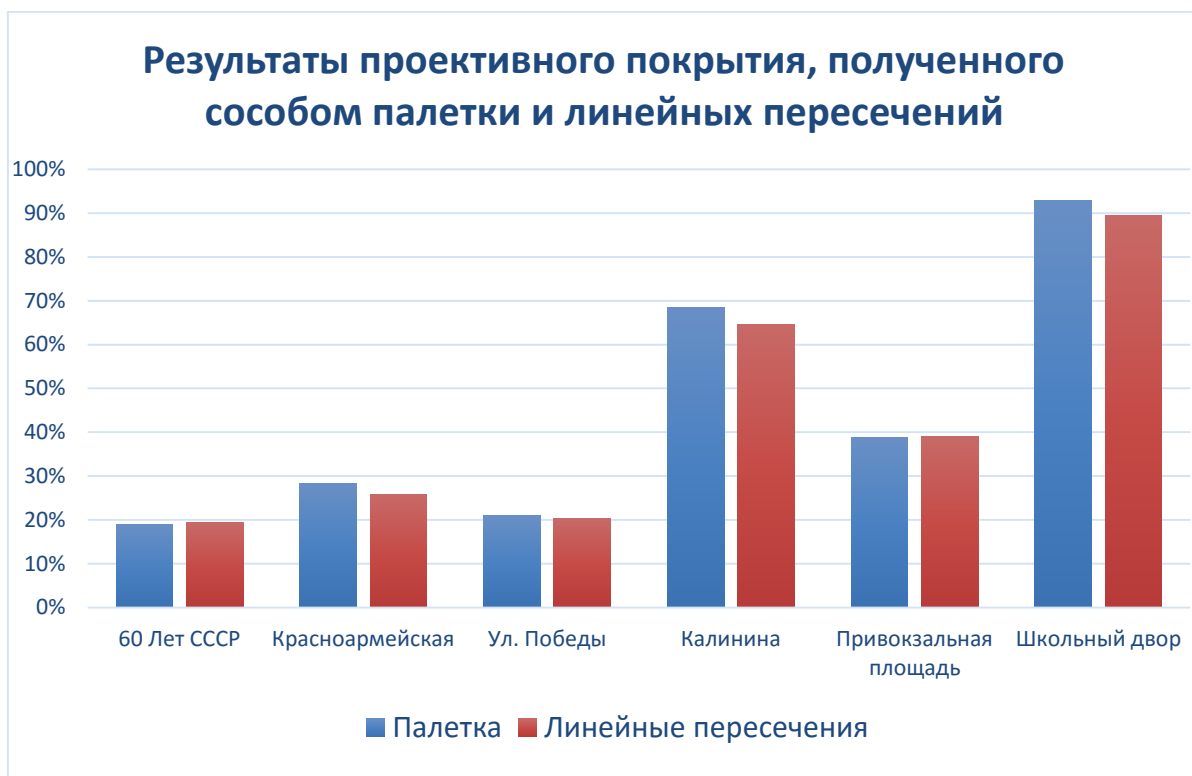
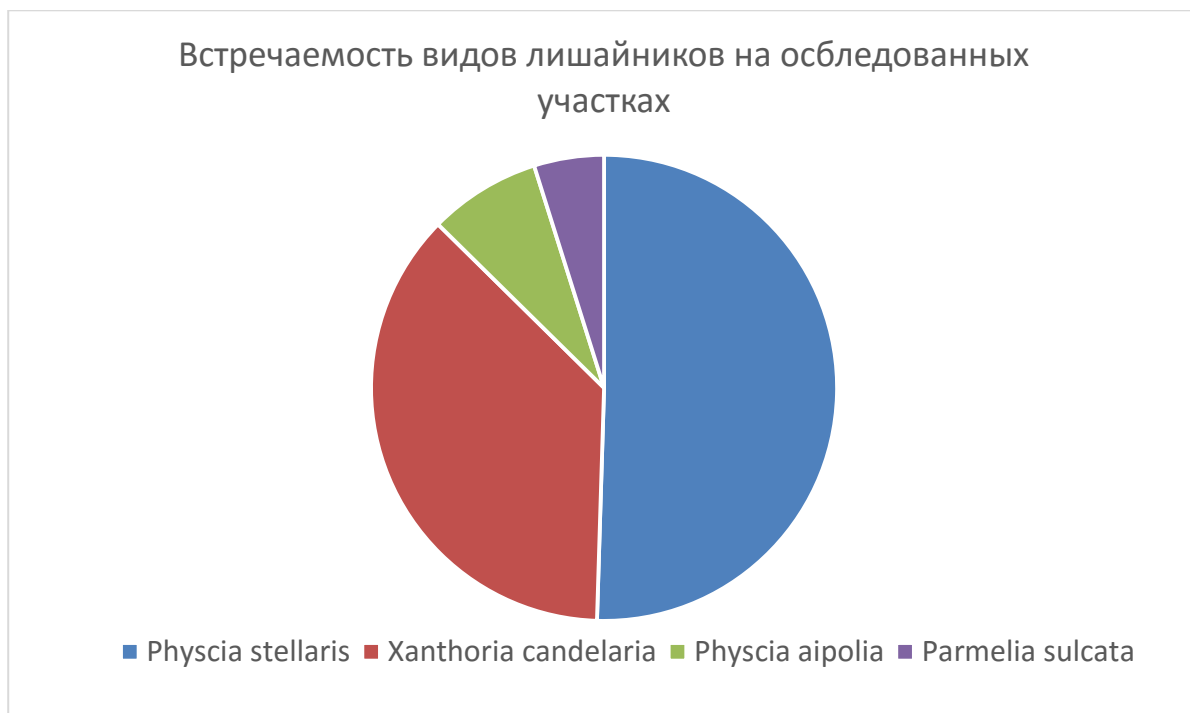
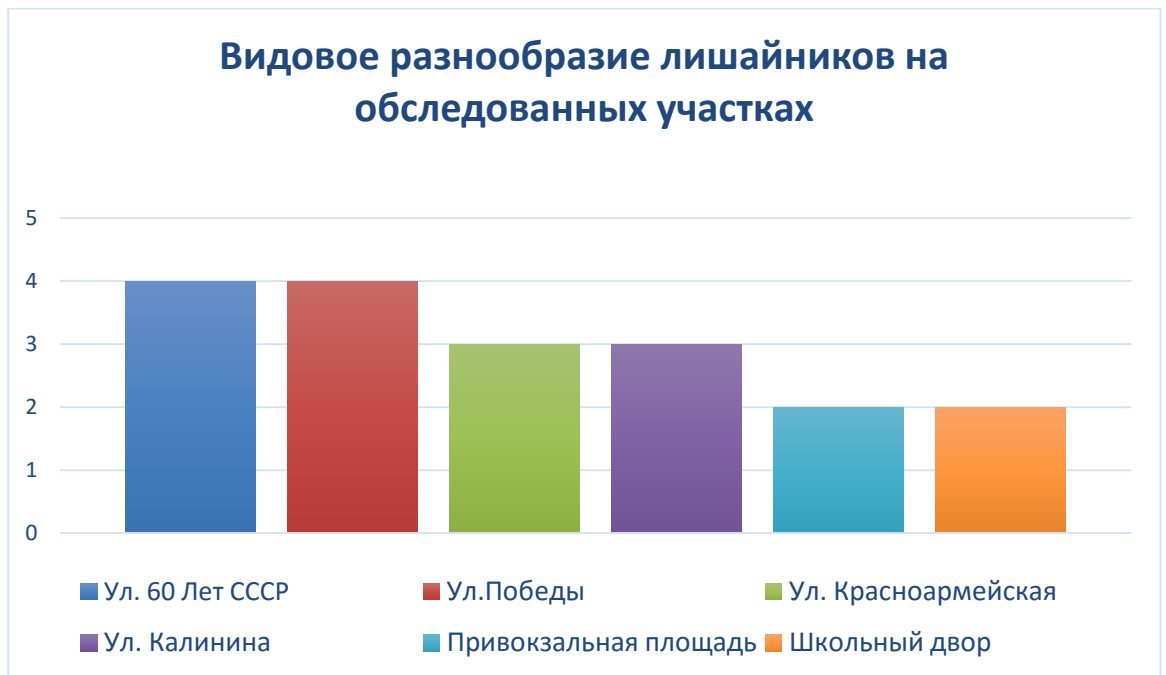


Рис. 2 Распространенность видов на пробных участках



**Рис.3 Видовое разнообразие лишайников на обследованных участках**



Систематическое положение лишайников





| № п/п | Название лишайника, систематическое положение   | Фото  |
|-------|---|---|
| 1     | <p>Фисция звездчатая (<i>Physcia stellaris</i>)<br/>                     Царство: Грибы<br/>                     Отдел: Аскомицеты<br/>                     Класс: Lecanoromycetes<br/>                     Порядок: Lecanorales<br/>                     Семейство: Physciaceae<br/>                     Род: Physcia</p>  |    |
| 2     | <p>Ксантория восковидная (<i>Xanthoria candelaria</i>)<br/>                     Царство: Грибы (Mycota)<br/>                     Отдел: Аскомициты (Ascomycota)<br/>                     Класс: Леканоромицеты (Lecanoromycetes)<br/>                     Порядок: Телосхистовые (Teloschistales)<br/>                     Семейство: Телосхистовые (Teloschistaceae)<br/>                     Род: Ксантория (Xanthoria)</p> |   |
| 3     | <p>Пармелия бороздчатая (<i>Parmelia sulcata</i>)<br/>                     Царство: Грибы (Mycota)<br/>                     Отдел: Аскомициты (Ascomycota)<br/>                     Класс: Леканоромицеты (Lecanoromycetes)<br/>                     Порядок: Леканоровые<br/>                     Семейство: Пармелиевые<br/>                     Род: Пармелия</p>  |  |
| 4     | <p>Фисция серо-голубая (<i>Physcia aipolia</i>)<br/>                     Царство: Грибы (Mycota)<br/>                     Отдел: Аскомициты (Ascomycota)<br/>                     Класс: Леканоромицеты (Lecanoromycetes)<br/>                     Порядок: Caliciales<br/>                     Семейство: Physciaceae<br/>                     Род: Physcia</p>  |  |

Таблица 1

## Классы полеотолерантности лишайников

| Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов        | Виды лишайников   | Классы полеотолерантности |
|---|---|---------------------------|
| Естественные местообитания (ландшафты) без ошутимого антропогенного влияния                     | <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>Parmeliops ambigua</i> , <i>Pertusaria coccodes</i> , <i>Pseudevernia furfuracea</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 chlorotera</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> , <b><i>Physcia aipolia</i></b> , <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. chlorona</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> , <i>Usnea hirta</i> | VI                        |
| Умеренно (часто) и  | <i>Caloplaca vitellina</i> , <i>Candelariella vitellina</i> ,   | VII                       |

|   |   |      |
|---|---|------|
| сильно (редко) антропогенно измененные местообитания  | <i>C.xanthostigma</i> , <i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia conspurcata</i> , <i>P.sulcata</i> , <i>P.verruculifera</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Phaeophyscia nigricans</i> , <i>Phlyctis agelaea</i> , <i>Physcia ascendens</i> , <i>Ph.stellaris</i> , <i>Ph.tenella</i> , <i>Physconia pulverulacea</i> , <i>Xanthoria polycarpa</i> |      |
| Умеренно и сильно антропогенно измененные местообитания (с равной встречаемостью)             | <i>Caloplaca cerina</i> , <i>Candelaria concolor</i> , <i>Phlyctis argena</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ph.enteroxantha</i> , <i>Ramalina pollinaria</i> , <i>Xanthoria candelaria</i>   | VIII |
| Сильно антропогенно измененные местообитания (часто)  | <i>Buellia punctata</i> , <i>Lecanora expallens</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>  | IX   |
| Очень сильно антропогенно измененные местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие) | <i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L.hageni</i> , <i>Lepraria incana</i> , <i>Scoliciosporum chlorococcum</i>  | X    |

Таблица 2

### Уровни загрязнения воздуха

| IP   | Концентрация SO <sub>2</sub> (мг/м <sup>3</sup> ) | Условная зона            |
|------|---|--------------------------|
| 1-2  | Менее 0,01  | Нормальная               |
| 2-5  | 0,01-0,03   | Малого загрязнения       |
| 5-7  | 0,03-0,08   | Среднего загрязнения     |
| 7-10 | 0,08- 0,10  | Сильного загрязнения     |
| 10   | 0,30-0,30   | Критического загрязнения |
| 0    | более 0,3   | Лишайниковая пустыня     |

Таблица 3

### Корреляция индекса чистоты атмосферы (IAQ) с концентрацией сернистого газа (SO<sub>2</sub>).

| IAQ    | Концентрация SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup> |
|--------|--|
| 0-9    | более 0,086                                      |
| 10 -24 | 0,086-0,057                                      |
| 25-39  | 0,057-0,028                                      |
| 40-54  | 0,028-0,014                                      |

Приложение 10

**Использование метода «палетки» и «линейных пересечений»  
для изучения проективного покрытия стволов лишайниками**



**Рис. 1**



**Рис. 2**



**Рис. 3**



**Рис. 4**



**Рис. 5**