Министерство образования и науки Российской Федерации

Управление образования и науки Ленинградской области

*Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования «Киришский Дворец детского (юношеского) творчества имени Л.Н. Маклаковой»*

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды**

***Номинация «Ботаника и экология растений»***

**Влияние транспортной нагрузки на эпифитную лихенофлору тополя в г. Кириши и сосны в окрестностях пос. Будогощь Ленинградской области**

Подготовил:

***Коршаков Егор Сергеевич***,

НОУ «НООСФЕРА», МАУДО «Киришский Дворец творчества имени Л.Н. Маклаковой»,

187110, г. Кириши, Волховская наб., д.9;

учащийся 8 «б» класса МОУ «Киришский лицей», 187110, г. Кириши, ул. Энергетиков, д.29

Контактный телефон 8 921 435 00 91

Руководитель:

***Иванова Татьяна Васильевна,***

педагог МАУДО «Киришский Дворец творчества имени Л.Н. Маклаковой»

187110, г. Кириши, Волховская наб., д.9

Контактный телефон 8 960 235 11 00

г. Кириши

2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……………………………………………………………………............................3

# Эпифитные лишайники и использование их для лихеноиндикации (обзор литературы)………………………………………………………………………………..….5

# Степень изученности проблемы……………………………………………………..9

# Методы исследования…………………………………………………………….....13

# Полученные результаты и их обсуждение ………………………………………..16

# Влияние транспортной нагрузки на развитие лихенофлоры тополя в г. Кириши……………………………………………………………………………...16

# Оценка транспортной нагрузки на учётных площадках…………………..16

# Влияние величины транспортной нагрузки на площадь покрытия тополей эпифитными лишайниками………....................................................................17

# Оценка загрязнённости атмосферного воздуха путём вычисления показателя ОЧА на исследуемых участках………………..…………………19

# Сравнение влияния транспортной нагрузки на развитие лихенофлоры сосны в окрестностях пос. Будогощь и лихенофлоры тополя в г. Кириши…..21

# Влияние транспортной нагрузки на групповой состав и видовое разнообразие лихенофлоры сосны и тополя……………………….………..21

# Влияние транспортной нагрузки на площадь проективного покрытия сосен и тополей эпифитными лишайниками……………………………….22

# Выводы……………………………………………………………….………23

# Заключение…………………………………………………………………………..24

# Список использованной литературы………………………………………………25

Приложения……………………………………………………………….…………………26

Приложение 1. Карта исследуемого района в г. Кириши………………………………..26

Приложение 2. Расчёт величины транспортной нагрузки в г. Кириши ………………..27

Приложение 3. Данные измерения площади покрытия тополей эпифитными лишайниками………………………………………………………………………………..28

Приложение 4. Расчёт средних значений показателя ОЧА в г. Кириши……………..29

Приложение 5. Доля площади покрытия стволов тополей эпифитными лишайниками с разных сторон света в общем лишайниковом покрытии на учётных площадках с разным направлением действия транспортной нагрузки…………………………………30

Приложение 6. Фотоприложение…………………………………………………………..31

# Введение

Одной из глобальных экологических проблем является ухудшение экологических качеств городской среды из-за чрезмерной концентрации на сравнительно небольших территориях населения, автотранспорта и промышленных предприятий. Автотранспорт вносит значительный вклад в загрязнение воздуха в городах, количество автомобилей на городских улицах ежегодно растёт, и город Кириши Ленинградской области не является исключением. Для оценки и прогнозирования экологического состояния промышленных городов необходим постоянный контроль качества атмосферного воздуха. Наряду с другими методами для оценки качества воздуха широко применяется лихеноиндикация.

Однако стандартные методики лихеноиндикации разработаны на основе оценки состояния лихенофлоры сосны, а эта порода деревьев весьма чувствительна к загрязнению атомосферного воздуха и в промышленных городах, в том числе в г. Кириши, практически не растёт или испытывает угнетение. Поэтому для применения метода лихеноиндикации в городских условиях ***актуально*** установление закономерностей развития лихенофлоры на других древесных породах и сравнение их с закономерностями развития лихенофлоры на сосне.

Исходя из актуальности исследований, ***целью*** работыявляется***выявление влияния транспортной нагрузки на развитие эпифитной лихенофлоры тополя и сосны.***

Для достижения цели был поставлен ряд ***задач***:

1. Сравнить особенности качественного и количественного состава лихенофлоры сосны и тополя.
2. Выявить зависимость видового разнообразия лихенофлоры и площади проективного покрытия лишайниками стволов тополя и сосны эпифитными лишайниками от уровня транспортной нагрузки.
3. Проанализировать чувствительность разных морфологических групп эпифитных лишайников к загрязнению воздуха выбросами автотранспорта.
4. Оценить качество воздуха в г. Кириши и в окрестностях пос. Будогощь путём вычисления индекса ОЧА (относительной чистоты атмосферы).
5. Сравнить полученные данные с результатами работ предыдущих исследователей и сделать вывод о возможности использования тополя в качестве субстрата для лихеноиндикации в промышленных городах.

Согласно ***рабочей гипотезе***, несмотря на различия видового и группового состава, лихенофлора сосны и тополя сходным образом реагирует на загрязнение атмосферы: по мере возрастания транспортной нагрузки развитие лихенофлоры угнетается.

Основные ***методы исследования***:

* определение площади проективного покрытия стволов деревьев эпифитными лишайниками,
* учёт группового и видового разнообразия лихенофлоры,
* графический анализ полученных результатов.

Исследование проводилось в г. Кириши Ленинградской области весной – летом 2017 года и в окрестностях пос. Будогощь Киришского района в марте 2018 г. Данная работа является продолжением лихеноиндикационного исследования, начатого воспитанницей объединения «ЧИЖ» Агафоновой Алиной в 2010 году [6].

Работа стала лауреатом ряда конкурсов исследовательских работ учащихся муниципального, регионального и федерального уровней, а также Международной Биос-олимпиады. Начальная часть работы представлялась на Областном конкурсе исследовательских работ в области экологии и биологии в 2017 году.

Работа включает 5 глав, 25 страниц.

1. **Эпифитные лишайники и использование их для лихеноиндикации** (обзор литературы)

***Лишайники*** (*Lichenes*) – низшие симбиотические организмы, образованным грибом (*микобионтом*) и водорослью (*фикобионтом*). Поэтому относительно систематического положения лишайников нет единого мнения: одни исследователи относят их к растениям, другие – к грибам.

Долгое время взаимоотношения гриба и водоросли в лишайнике рассматривали как *мутуализм*, в результате которого гетеротрофный гриб «снабжает» водоросль водой и неорганическими солями, а автотрофная водоросль «снабжает» гриб органическими веществами, созданными в процессе фотосинтеза. В действительности же отношения между грибом и водорослью основаны на *паразитизме*, особенно сильном со стороны гриба. Гриб, образующий лишайник, как правило, не проявляет избирательности по отношению к виду водоросли, но не каждая водоросль способна существовать в тесном контакте с грибом и при этом нормально жить и развиваться, поэтому фикобионтами некоторых лишайников являются строго определённые водоросли.

Вегетативное тело лишайников представлено *талломом*, или *слоёвищем,* и образовано переплетением грибных гиф и клетками водоросли, либо разбросанными среди гиф по всей толще таллома, либо образующими дифференцированный слой. [1, с. 327]

Размножаются лишайники спорами, созревающими в плодовых телах – кувшинообразных перитециях, или апотециях, имеющих дисковидную или бокаловидную форму. Вегетативное размножение осуществляется соредиями и изидиями. [1; 4] Лишайники – очень медленно растущие организмы. Прирост их слоёвища при благоприятных условиях колеблется в зависимости от вида от 1 до 8 мм в год; листоватые и кустистые лишайники растут быстрее, чем накипные. Ввиду медленного роста лишайников необходимое условие их жизни – продолжительная неподвижность субстрата.

По приуроченности к субстрату лишайники подразделяют на несколько ***экологических групп*** [2]:

* эпигейные лишайники, растущие на почве;
* эпифитные лишайники***,*** поселяются на деревьях и кустарниках;
* эпилитные лишайники***,*** поселяющиеся на камнях и скалах;
* водные лишайники*,* постоянно или большую часть года живущие под водой.

Лишайники весьма чувствительны к кислотности субстрата. На коре, имеющей нейтральную реакцию, эпифитные лишайники чувствуют себя лучше, чем на кислом субстрате. Этим объясняется различный состав лихенофлоры на разных породах деревьев.

Слоёвища лишайников очень разнообразны по форме (типу роста) и окраске. По форме слоёвища обычно выделяют 3 морфологические группы лишайников – накипные, листоватые и кустистые, а по окраске среди эпифитных лишайников преобладают серые и жёлтые формы (см. табл. 1).

**Основные морфологические группы эпифитных лишайников**

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| По окраске | | | |
| Серые | | Жёлтые | |
| P1030917.JPG | | P1030925.JPG | |
| По типу роста [2; 4] | | | |
| Накипные, или корковые | Листоватые | | Кустистые |
| Таллом представляет собой корочку, очень плотно сросшуюся с субстратом, от которого её невозможно отделить. Поверхность таллома порошковатая, зернистая, бугорчатая, реже гладкая. Примеры: леканора, аспицилия. | Таллом имеет вид чешуек, розеток или довольно крупных пластинок, обычно разрезанных на лопасти. Лишайник соединен с субстратом с помощью пучков грибных нитей – *ризин* или отдельными тонкими нитями – *ризоидами*; легко отделяется от него. Примеры: коллема, ксантория, пельтигера. | | Таллом состоит из ветвей или более толстых, часто ветвящихся, стволиков и имеет вид прямостоячего кустика или повисающей «бороды». Лишайник соединяется с субстратом только в одном месте с помощью мощного пучка грибных гифов – *гомфа*. Примеры: уснея, сферофорус. |
| P1030926.JPG | P1030903.JPG | | P1030920.JPG |

Лишайники являются чувствительными индикаторами загрязнения воздуха токсичными веществами. Вблизи больших промышленных городов они растут плохо и постепенно вымирают. Существует прямая зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определённых видов лишайников, что подтверждается многочисленные исследования в районах промышленных объектов. [4, с. 104].

Высокая чувствительность лишайников к загрязнению окружающей среды объясняется тем, что лишайники, не имеющие проводящей системы, поглощают воду и растворённые в ней вещества всей поверхностью тела и не могут выделять в среду поглощённые токсические вещества. Таким образом, большее количество химических элементов лишайники получают с атмосферными осадками и пылью, причём поглощённые вещества быстро накапливаются в их талломе. Особенно много минеральных и органических веществ попадает из атмосферы в тела эпифитных лишайников, растущих на коре деревьев и кустарников. [6].

Под действием токсичных веществ, поступающих из атмосферного воздуха, в организме лишайника происходят физиологические нарушения и морфологические изменения. По мере приближения к источнику загрязнения слоёвища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются и растения погибают.

Наиболее резко лишайники реагируют на диоксид серы SO2, образующийся при сгорании серосодержащего топлива предприятий теплоэнергетики, котельных, транспорта (особенно дизельного). Концентрация диоксида серы 0,5 мг/м2 губительна для всех видов лишайников. Особенно чувствительны к загрязнению воздуха диоксидом серы такие виды лишайников, как леканора, уснея, алектория, цетрария [4, стр. 91]. В таблице 2 охарактеризованы так называемые «зоны лишайников», которые позволяют определить уровень концентрации SO2 на городской территории (табл. 2). [4, с. 105]

Негативно влияют на лишайники также летучие соединения серы, хлора, фтора, азота, тяжелых металлов, озон, углеводороды.

**Встречаемость лишайников в разных частях города в зависимости от среднего количества диоксида серы в воздухе**

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зоны лишайников | Район города | Концентрация диоксида серы |
| «Лишайниковая пустыня» (лишайники практически отсутствуют) | Центр города и промышленные районы с сильно загрязнённым воздухом | Свыше 0,3 мг/м3 |
| «Зона угнетения» (флора бедна – фисции, леканоры, ксантории) | Районы города со средней загрязнённостью | 0,05 – 0,3 мг/м3 |
| «Зона нормальной жизнедеятельности» (максимальное видовое разнообразие; встречаются в том числе и кустистые виды – уснеи, анаптихии, алектории) | Периферийные районы и пригороды | Менее 0,05 мг/м3 |

Наиболее чувствительны к загрязнению атмосферы, кустистые формы лишайников, так как у них больше площадь соприкосновения с воздухом, а, следовательно, в их талломе накапливается больше токсичных веществ. Поэтому под влиянием загрязнения воздушной среды первыми исчезают кустистые лишайники, затем – листоватые, и последними – накипные.

Исследованиями установлено, что различные виды лишайников обладают разной чувствительностью к состоянию окружающей среды. Одни растут только в естественных, не подверженных антропогенной нагрузке, ландшафтах, другие переносят умеренное антропогенное влияние, а третьи толерантны к довольно значительному загрязнению воздуха. Так, в условиях промышленного и транспортного загрязнения воздуха возникают качественно новые эпифитные лишайниковые сообщества, представленные в основном такими устойчивыми видами лишайников, как Physcia dubia, Physcia stellaris, Physcia tribacia, Scoliciosporum chlorococcum, Xanthoria parietina, Parmelia sulcata, Caloplaca sp, Lecanora sp.

Таким образом, по групповому и видовому составу и встречаемости лишайников можно судить о степени загрязнения воздуха.

Достаточно высокая выносливость лишайников к климатическим факторам и чувствительность к загрязнителям окружающей среды позволяют использовать их для оценки чистоты воздуха в городах и их окрестностях, а также для контроля за выпадением радиоактивных осадков. Использование эпифитных лишайников в качестве биоиндикаторов степени загрязнения атмосферного воздуха, называется ***лихеноиндикацией***. Методы лихеноиндикации основаны на изучении состава и биологических особенностей лихенофлоры.

Наиболее часто применяются такие лихеноиндикационные методики, как определение средней площади покрытия деревьев лишайниками, анализ группового состава и видового многообразия эпифитных лишайников, учёт наличия индикаторных видов, оценка состояния таллома лишайников и др. Разработаны шкалы и простые математические формулы для определения степени загрязнённости воздуха на основе наличия или отсутствия определённых лишайниковых группировок [3].

# Степень изученности проблемы

Состояние окружающей среды в городе Кириши и его окрестностях изучается киришскими школьниками уже почти 20 лет. Среди других методов оценки качества воздуха применяется и метод лихеноиндикации. В списке использованной литературы приведен и список работ учащихся Киришского района, в которых изучались лихенофлора города и его окрестностей, а также влияние автотранспорта на окружающую среду и здоровье людей.

Так, в исследованиях Батовой Анны и Черваковой Натальи проведена расчётная оценка количества вредных веществ, выбрасываемых в воздух автотранспортом; установлено, что автотранспорт, выхлопные газы которого содержат угарный газ, оксиды азота (смесь NO и NO2) и пары углеводородов, является главным источником загрязнения воздуха в городе [8].Большое количество автотранспорта в городских дворах и нарушение правил парковки машин ещё в 2008 г. отмечал в своей работе Жуков Иван [11].

***Видовой состав эпифитной лихенофлоры сосны в окрестностях посёлка Будогощь Киришского района*** изучался воспитанниками Киришского ДДЮТ во время полевых практикумов на базе ДОЛ «Орлёнок» в 1996-2009 гг. Были собраны коллекции и определены виды эпифитных лишайников. Обнаружено 28 видов эпифитных лишайников, растущих на сосне, в том числе ряд видов, чувствительных к загрязнению воздуха: гипогимния вздутая, бриория, кладонии разных видов, эверния растопыренная, эверния шелушащаяся, бородатые лишайники (уснея жёсткая, уснея густобородая, уснея хохлатая, алектория перепутанная). На этом основании были сделаны выводы о достаточной чистоте воздуха в исследуемом районе соснового бора [9].

Воспитанники объединения «ЮНЭК» Дарья Гарина (2000 г.) и Алексей Рыбаков (2008 г.) изучали изменение видового и количественного состава эпифитных лишайников в сосновом бору по мере удаления от дороги Будогощь – Могилёво. Согласно полученным ими данным, наибольшее видовое разнообразие лихенофлоры отмечается вдали от автодороги, а вблизи транспортной магистрали появляется ксантория золотистая – лишайник, толерантный к загрязнению воздуха. Исследователи установили, что разные группы лишайников, растущих на сосне, неодинаково реагируют на загрязнение окружающей среды, особенно чувствительны кустистые лишайники семейства кладоний [10, 12].

В исследованиях воспитанницы объединения «ЧИЖ» Ольги Хромовой (2008 г.) было проведено ***сравнение качества воздушной среды в сосновых лесах Ленинградской и Новгородской областей методом лихеноиндикации***. Исследование проводилось в окрестностях пос. Будогощь Ленинградской области и д. Тухили Новгородской области на профилях по мере удаления от автодорог. В качестве методов исследования использовались определение площади проективного покрытия с помощью палетки и подсчёт на деревьях количества видов лишайников разных морфологических групп. Был определён индекс относительной чистоты атмосферы (ОЧА), который увеличивался по мере удаления от автодорог и на разных участках профилей составил 0,33 – 0,80 в окрестностях пос. Будогощь и 0,53 – 0,90 в окрестностях д. Тухили. На этом основании был сделан вывод о более благоприятном состоянии атмосферы в Новгородской области, о чём свидетельствует также большее количество кустистых лишайников с лучше развитым талломом [14].

Несколько исследовательских работ было посвящено ***изучению эпифитной лихенофлоры и возможности применения метода лихеноиндикации в г. Кириши***. Видовой и количественный состав лишайников изучался на лиственных породах деревьев: тополь, липа, берёза, каштан конский. В качестве методов исследования использовались идентификация видов лишайников с помощью определителей, подсчёт на деревьях количества видов разных морфологических групп и определение площади проективного покрытия с помощью палетки (в 2006 г. средняя площадь проективного покрытия тополей составляла 22,4 - 30% [15]). Исследования проводились в районах города с разной степенью антропогенной нагрузки, но уровень транспортной нагрузки определялся приблизительно (высокий, средний, низкий), без подсчёта количества проезжающего автотранспорта.

Было идентифицировано 16 видов эпифитных лишайников, среди которых преобладали виды, толерантные к загрязнению атмосферы: ксантория золотистая, пармелия вздутая, пармелия бороздчатая, цетрария сизая, фисция сизая [7, 13, 15].

Обнаружен ряд различий в составе лихенофлоры разных пород деревьев:

* Наибольшее проективное покрытие эпифитными лишайниками отмечено на тополе, наименьшее – на берёзе, что определяется особенностями коры этих деревьев: шероховатая трещиноватая кора тополей более оптимальна для прикрепления эпифитных лишайников, нежели гладкая, постоянно отшелушивающаяся кора берёз [15].
* В условиях одинаковой транспортной нагрузки на разных породах деревьев доминируют разные виды лишайников, например, ксантория постенная наиболее комфортно чувствует себя на тополях, а кустистые лишайники (р. Эверния) – на липах [7, 15].
* Выявлено, что наиболее разнообразна лихенофлора липы, наименее богата лихенофлора конского каштана [7].

Таким образом, исследования показали, что характер коры деревьев сильнее влияет на различия в видовом и количественном составе эпифитных лишайников, чем загазованность воздуха.

Однако по поводу влияния антропогенной нагрузки на эпифитную лихенофлору в городе в выполненных ранее работах имеются разногласия. Так, Алексей Сергеев и Юлия Яковлева (объединение «ЮНЭК», 2002 и 2006 гг.) утверждают, что площадь проективного покрытия лишайниками стволов тополя и количественный состав лишайников максимальны в наиболее загрязнённом районе города (северном) и уменьшаются по мере убывания загрязнения в восточном, центральном и южном районах [13, 15]. Авторы объясняют это преобладанием в составе эпифитной лихенофлоры видов, толерантных к загрязнению воздуха. Исследования же, проведённые Алиной Агафоновой и Софьей Макеевой (объединение «ЧИЖ») в 2010-2011 гг., показывают, что по мере увеличения транспортной нагрузки уменьшается видовое разнообразие эпифитной лихенофлоры, что наиболее чётко прослеживается для тополя [6, 7]. Но во всех работах отмечается благоприятное влияние транспортного загрязнения атмосферы на развитие ксантории постенной на тополях.

Возможно, указанные разногласия объясняются неточностью применения методик кем-либо из исследователей. Алина Агафонова проанализировала возможные ошибки при проведении лихеноиндикационных исследований и в качестве субстрата для лихеноиндикации предложила использовать тополь, на котором более чётко прослеживается зависимость состава эпифитной лихенофлоры от уровня транспортной нагрузки, или липу, лихенофлора которой наиболее разнообразна [6].

Итак, в результате предыдущих исследований

* выявлено, что автотранспорт служит главным источником загрязнения атмосферы в г. Кириши; транспортное загрязнение воздуха оказывает влияние на развитие эпифитной лихенофлоры, поэтому в городе, в отличие от соснового бора, растут преимущественно виды лишайников, толерантные к загрязнению воздуха;
* установлено, что имеются различия в составе лихенофлоры разных видов деревьев, и предложены две породы лиственных деревьев в качестве возможного субстрата для лихеноиндикации;
* получены несколько противоречивые данные о влиянии антропогенной нагрузки на городскую лихенофлору.

Таким образом, в процессе анализа работ учащихся Киришского района, посвящённых указанной тематике, ***выявлена необходимость уточнить характер влияния уровня транспортной нагрузки в городе на развитие эпифитной лихенофлоры тополя***.

# Методы исследования

Исследование заключалось в анализе разнообразия и количественного состава эпифитной лихенофлоры тополя и сосны на учётных площадках с разным уровнем антропогенной нагрузки и включало:

* оценку уровня транспортной нагрузки на каждой учётной площадке путём учёта проезжающих автомобилей; в окрестностях пос. Будогощь уровень транспортной нагрузки определялся визуально, без подсчёта единиц проезжающего автотранспорта [3; 4; 5];
* определение группового состава эпифитных лишайников (наличие накипных, листоватых и кустистых форм; серых и жёлтых лишайников);
* определение видового разнообразия эпифитной лихенофлоры (проводилось только для сосны в окрестностях базы отдыха «Орлёнок»; данные для тополей, произрастающих в г. Кириши, позаимствованы из работы А. Агафоновой [6]);
* определение средней площади проективного покрытия стволов деревьев лишайниками каждой морфологической группы;
* вычисление индекса ОЧА на каждой учётной площадке.

Видовой состав лишайников не определялся.

***Оценка транспортной нагрузки*** заключалась в подсчёте количества автомобилей, проехавших в точке наблюдения в обе стороны за 10 минут и пересчёте транспортного потока на 1 час. Подсчёт автомобилей проводился в «часы пик» (17.00 – 18.00) в рабочие дни – таким образом, оценивался максимальный транспортный поток на исследуемых участках. Так как грузовые машины и автобусы расходуют примерно в 3 раза больше топлива, чем легковые автомобили [8], был сделан соответствующий пересчёт. Для удобства транспортная нагрузка была оценена в баллах из расчёта 1 балл = 100 автомобилей в час. Таким образом, были получены более точные данные об уровне транспортной нагрузки, чем в работах воспитанников Киришского ДДЮТ А. Агафоновой, С. Макеевой, А. Сергеева и Ю. Яковлевой, которые также исследовали влияние транспортного загрязнения на развитие эпифитной лихенофлоры в городе [6, 7, 13, 15].

***Субстраты для лихеноиндикации***. Количественный учёт лишайников в г. Кириши проводился на тополе бальзамическом (*Populus balsamifera*). Это быстрорастущая и довольно неприхотливая лиственная порода деревьев, которая широко используется в озеленении городов и является одной из самых распространённых в городе Кириши. Тополь был предложен в качестве субстрата для лихеноиндикации выпускницей объединения «ЧИЖ» Киришского ДДЮТ Алиной Агафоновой. Изучая видовое разнообразие лихенофлоры некоторых лиственных пород деревьев в г. Кириши в 2010-2011 гг., А. Агафонова установила, что на тополе чётче, чем на других лиственных породах, прослеживается обратная зависимость видового разнообразия эпифитных лишайников от уровня транспортной нагрузки [6].

В окрестностях пос. Будогощь лихеноиндикационные исследования проводились на сосне обыкновенной (*Pinus silvestris*), которая, как и многие другие хвойные породы, высокочувствительна к загрязнению атмосферы, поэтому не используется для озеленения промышленных городов. Но в подзоне южной тайги, в которой расположена Ленинградская область, сосна является эдификатором, т.е. лесообразующей породой, соснового бора.

Кора сосны, в отличие от коры тополя, довольно интенсивно отшелушивается, и вместе с опадающими кусочками коры отваливаются и выросшие на ней лишайники. Поэтому при одинаковой антропогенной нагрузке площадь покрытия ствола сосны лишайниками может быть меньше, чем у тополя.

Химический состав коры сосны и коры тополя имеет некоторые различия, поэтому при одинаковом уровне антропогенной нагрузки состав лихенофлоры может быть различным в зависимости от требовательности разных видов лишайников к уровню кислотности среды.

***Количественная оценка эпифитной лихенофлоры*** проводилась по стандартной методике, описанной в ряде пособий по школьному экологическому мониторингу [3 – 5]. Согласно требованиям методики, для исследования выбирались прямостоячие, взрослые, но не больные и не сухостойные деревья (возраст деревьев 25-30 лет и старше, диаметр ствола свыше 15 см). На каждой учетной площадке исследовалось 5 деревьев. Измерение площади проективного покрытия ствола лишайниками проводилось с помощью палетки 10 х 10 см на высоте 1 м отдельно для каждой морфологической группы лишайников с каждой стороны дерева, так как интенсивность роста лишайников может быть неодинаковой в зависимости от стороны света или направления действия загрязнения. Данные учёта заносились в рабочие таблицы, затем была подсчитана средняя площадь покрытия лишайниками каждого дерева и средняя площадь покрытия деревьев лишайниками на каждой учётной площадке.

По данным измерения площади проективного покрытия стволов деревьев лишайниками на каждой учётной площадке были вычислены средние значения ***показателя ОЧА*** (относительной чистоты атмосферы) по формуле:

***ОЧА=(Н+2Л+3К)/30,***

где Н, Л, К – баллы оценки степени покрытия деревьев накипными, листоватыми и кустистыми лишайниками (см. табл. 3).

Оценка степени покрытия деревьев лишайниками по 5-балльной шкале

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Степень покрытия* | | *Балл оценки* |
| Очень низкая | Менее 5% | 1 |
| Низкая | 5-20% | 2 |
| Средняя | 20-40% | 3 |
| Высокая | 40-60% | 4 |
| Очень высокая | 60-100% | 5 |

Степень чистоты воздуха оценивается по величине показателя ОЧА: чем ближе к единице его значение, тем чище воздух исследуемой территории [4, стр. 106].

Следует отметить, что в ранее проведённых исследованиях показатель ОЧА в г. Кириши не определялся, но имеются данные о его значениях в сосновом бору в окрестностях посёлка Будогощь Киришского района [14].

# Полученные результаты и их обсуждение

## *4.1. Влияние транспортной нагрузки на развитие лихенофлоры тополя в г. Кириши*

## *4.1.1.Уровень транспортной нагрузки на учётных площадках*

Исследования проводились весной-летом 2017 года в г. Кириши на 4 учётных площадках с различным уровнем транспортной нагрузки. Площадки выбирались по пути следования от Дворца творчества имени Л.Н. Маклаковой до дома автора, главными условиями выбора были произрастание тополя бальзамического на исследуемом участке и различие в величине транспортного потока. Карта исследуемого района представлена в Приложении 1, данные расчёта величины транспортной нагрузки – в Приложении 2.

Величина транспортной нагрузки на исследуемых участках различается весьма существенно. На площадке 3 транспортный поток практически отсутствует, на площадке 1 движение оживлённое, а на площадках 2 и 4 – интенсивное: за «часы пик» здесь проезжает более 1400 автомобилей (см. табл.4).

Сравнительная характеристика учётных площадок

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Расположение площадки* | *Транспортная нагрузка*  *(в баллах)* | *Особенности транспортной нагрузки* | *Близлежащие объекты* |
| 1 | Ул. Советская | 6,8 | Дорога с оживлённым двусторонним движением, не является центральной транспортной магистралью | Городская библиотека, жилые дома |
| 2 | Пр. Ленина – перекрёсток с ул. Советской | 14,9 | Регулируемый перекрёсток в центре города; пр. Ленина – центральная магистраль: 2 дороги с 3-полосным односторонним движением. | Жилые дома, магазины |
| 3 | Ул. Строителей | 0 | Жилая зона, транспортный поток отсутствует; въезд на территорию школы только для служебного транспорта | Школа № 6, большая детская площадка |
| 4 | Пр. Героев | 14,0 | Одна из главных транспортных магистралей города: 2 дороги с 3-полосным односторонним движением | Жилые дома, детский больничный комплекс |

Как следует из Приложения 2, общее количество проезжающих за время наблюдения единиц автотранспорта наиболее велико на проспекте Героев. Однако по проспекту Ленина проходит большинство городских автобусных маршрутов, поэтому с учётом пересчёта на легковые автомобили общая транспортная нагрузка здесь больше, чем на пр. Героев. Уровень транспортного загрязнения на площадке 2 повышен ещё и из-за того, что на регулируемом перекрёстке транспорт стоит у светофора определённое время с работающими двигателями.

В целом транспортная нагрузка для небольшого по площади города Кириши довольно высока.

## *4.1.2. Влияние величины транспортной нагрузки на площадь покрытия тополей эпифитными лишайниками*

В результате исследования на тополях были найдены эпифитные лишайники различных морфологических групп: серые накипные, серые листоватые, жёлтые листоватые и серые кустистые. Серые кустистые лишайники были обнаружены в единичных экземплярах лишь на четырёх тополях на аллее у школы № 6 (площадка 3); остальные группы лишайников отмечены на всех деревьях на всех учётных площадках. Средняя площадь покрытия ствола тополя серыми накипными лишайниками варьирует на разных площадках от 13 до 51%, серыми листоватыми – от 0,5 до 19,5%, а жёлтыми листоватыми – от 2,5 до 29,5% (см. Приложение 4).

Площадь покрытия тополей эпифитными лишайниками изменяется с изменением величины транспортной нагрузки. Но характер этой зависимости различен: площадь покрытия деревьев серыми лишайниками уменьшается по мере возрастания транспортного потока вблизи учётной площадки, а жёлтыми – сначала возрастает, а затем довольно резко уменьшается (рис. 1). Таким образом, проведённое исследование подтвердило результаты, полученные А. Агафоновой и С. Макеевой в 2010-2011 гг.: загрязнение выбросами автотранспорта угнетает развитие эпифитной лихенофлоры, но содержание компонентов выхлопных газов в умеренных количествах благоприятствует росту на стволах тополя жёлтых листоватых лишайников.

Диаграмма 1 показывает наличие обратной зависимости площади покрытия деревьев серыми лишайниками от уровня транспортной нагрузки, однако степень влияния транспортного загрязнения на жизнедеятельность разных групп серых лишайников неодинакова. Площадь покрытия тополя накипными формами сокращается при максимальном транспортном потоке лишь на треть, тогда как площадь ствола, занятая листоватыми лишайниками уменьшается почти в 3 раза; кустистые же лишайники обнаружены лишь в жилой зоне, где транспортный поток практически отсутствует.

Рис. 1. Зависимость покрытия тополей эпифитными лишайниками разных морфологических групп от величины транспортной нагрузки.

Нужно отметить, что на большинстве обследованных деревьях накипные лишайники преобладают по площади покрытия ствола над другими формами. Соотношение же жёлтых и серых листоватых лишайников зависит от уровня транспортной нагрузки: в условиях отсутствия транспортного потока преобладают серые формы, а при наличии транспортного загрязнения – жёлтые (рис. 2).

Рис. 2. Зависимость соотношения площади покрытия деревьев серыми и жёлтыми листоватыми лишайниками от величины транспортной нагрузки.

Для того, чтобы выявить, влияет ли направление действия транспортного загрязнения на развитие лихенофлоры тополя, была вычислена доля покрытия деревьев лишайниками с каждой стороны ствола отдельно для учётных площадок 1 и 4 (автодорога находится с южной стороны), площадки 2 (дорога с восточной стороны) и площадки 3, расположенной в жилой зоне (Приложения 3, 5). С помощью сравнительной таблицы выявлено, что серые листоватые лишайниками лучше растут на стороне дерева, обращённой от проезжей части, независимо от стороны света, а для накипных лишайников чёткая зависимость интенсивности роста от стороны света и направления действия транспортной нагрузки не обнаружена.

Жёлтые же лишайники, независимо от направления действия нагрузки, лучше всего растут на южной стороне дерева; отмечена также более обширная площадь покрытия тополей лишайниками со стороны действия транспортной нагрузки.

Таким образом, проведённое исследование выявило не только влияние транспортного загрязнения на развитие эпифитных лишайников, но и различия в толерантности разных морфологических групп лишайников к такому воздействию.

## *4.1.3. Оценка загрязнённости атмосферного воздуха путём вычисления показателя ОЧА на исследуемых участках*

Анализ группового состава эпифитных лишайников и площади покрытия ими тополей на разных учётных площадках подтвердил наличие зависимости развития лихенофлоры тополей от уровня транспортной нагрузки. Поэтому тополь бальзамический может использоваться в качестве субстрата для лихеноиндикационных исследований состояния атмосферного воздуха в промышленных городах.

По величине средней площади покрытия ствола накипными, листоватыми и кустистыми лишайниками для каждого дерева был рассчитан показатель ОЧА (относительной частоты атмосферы), и затем вычислены средние значения ОЧА для каждой учётной площадки. По мере возрастания транспортного потока индекс ОЧА уменьшается с 0,37 в жилой зоне, не граничащей с проезжей частью, до 0,22 на участке с наиболее интенсивным движением (рис. 3).

Рис. 3. Изменение индекса ОЧА по мере возрастания транспортной нагрузки

Поскольку в идеале показатель ОЧА должен быть близким к единице, то полученные для исследуемых участков значения индекса относительной чистоты атмосферы довольно низки и свидетельствуют об ощутимом загрязнении воздуха в г. Кириши. Следует учесть, что небольшой по площади и населению город Кириши является одним из промышленных центров Ленинградской области, поэтому определённый вклад в загрязнение атмосферы, наряду с автотранспортом, вносят ГРЭС, нефтеперерабатывающий завод и другие предприятия города.

Однако экологическая ситуация в г. Кириши не так плачевна, как представляют её некоторые. Согласно таблице 1, исследуемая территория не является «лишайниковой пустыней», подобно промышленным районам с сильно загрязнённым воздухом, ведь в состав эпифитной лихенофлоры города входят все морфологические группы лишайников. Но всё же город находится в «зоне угнетения» лишайников и по состоянию окружающей среды может быть оценена как район со средней загрязнённостью.

## *4.2. Сравнение влияния транспортной нагрузки на развитие лихенофлоры сосны в окрестностях пос. Будогощь и лихенофлоры тополя в г. Кириши*

Лихенофлора сосны в окрестностях пос. Будогощь изучалась в марте 2018 г. во время весеннего полевого практикума в МАУ ДЮБО «Орлёнок». Для учёта лишайников были выбраны две площадки с различной антропогенной нагрузкой: площадка 1 – на территории базы отдыха, за корпусом «Алые паруса», где транспортная нагрузка отсутствует, и площадка 2 – за территорией базы отдыха, недалеко от дороги Будогощь – Могилёво с умеренной транспортной нагрузкой.

*4.2.1. Влияние транспортной нагрузки на групповой состав и видовое разнообразие лихенофлоры сосны и тополя*

На соснах в окрестностях базы отдыха «Орлёнок» были обнаружены серые эпифитные лишайники всех морфологических групп: накипные, листоватые и кустистые. В отличие от лихенофлоры тополя, на сосне преобладают серые листоватые лишайники, также много серых кустистых лишайников. Жёлтый лишайник ксантория постенная обнаружен лишь в единичных экземплярах.

Всего в составе лихенофлоры сосны было обнаружено 20 видов эпифитных лишайников, из них 3 вида накипных, 9 видов листоватых и 8 видов кустистых лишайников. Следует отметить хорошее развитие таллом кустистых лишайников на сосне: длина найденных в окрестностях базы отдыха «бородачей» достигала до 31 см. Среднее число видов эпифитных лишайников на территории базы отдыха «Орлёнок» и у дороги Будогощь – Могилёво составило соответственно 9 и 6,8 (рис. 4 диаграмма 5).

Рис. 4. Видовое разнообразие лихенофлоры тополя в г. Кириши (2012 г.) и лихенофлоры сосны в окрестностях базы отдыха «Орлёнок» (2018 г.)

Для сравнения: по данным Алины Агафоновой (2012 год), среднее число видов эпифитных лишайников на тополе на учётных площадках с разным уровнем транспортной нагрузки в г. Кириши составило от 2 до 5,3 (рис. 4 диаграмма 4).

Таким образом, видовое разнообразие лишайников на сосне гораздо богаче, чем на тополе. Но, как видно на рис. 4, и для тополя, и для сосны наблюдается обратная зависимость видового разнообразия лихенофлоры от уровня транспортной нагрузки.

*4.2.2. Влияние транспортной нагрузки на площадь проективного покрытия сосен и тополей эпифитными лишайниками*

Степень покрытия стволов тополя и сосны эпифитными лишайниками сравнивалась только на учётных площадках, где практически отсутствует транспортная нагрузка, т.е. на аллее у школы № 6 в г. Кириши и на территории базы отдыха «Орлёнок» в окрестностях посёлка Будогощь. Даже при визуальном обследовании было отмечено, что лихенофлора сосны более обильна. Средняя площадь проективного покрытия стволов серыми эпифитными лишайниками для сосны составляет 77,2%, а для тополя – 55,5%. Наиболее обильно на сосне растут серые листоватые лишайники.

Показатель ОЧА на территории базы отдыха составляет в среднем 0,54, а у дороги Будогощь – Могилёво, где транспортная нагрузка умеренная, - 0,28 (рис. 5).

Рис. 5. Значение индекса ОЧА на базе отдыха «Орлёнок и в её окрестностях (пос. Будогощь Ленинградской области, 2018 год)

Для сравнения приводим данные, полученные Ольгой Хромовой в 2008 г.: по мере удаления от транспортной магистрали Будогощь – Могилёво вглубь соснового бора показатель ОЧА возрастает от 0,33 до 0,80 [14].

Таким образом, значение ОЧА на площадке у дороги сравнимо со значением ОЧА на проезжих улицах в г. Кириши. А на территории базы отдыха и, особенно, в глуби леса, индекс ОЧА выше, чем в жилой зоне г. Кириши, что говорит о меньшем загрязнении воздуха в сосновом бору. Следовательно, определенный вклад в загрязнение атмосферы в городе вносит не только автотранспорт, но и близлежащие промышленные предприятия – нефтеперерабатывающий завод, ГРЭС и другие.

## *4.3. Выводы*

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. В условиях низкой транспортной нагрузки лихенофлора сосны более обильна и разнообразна, чем лихенофлора тополя.
2. При возрастании транспортной нагрузки рост серых лишайников угнетается и на тополе, и на сосне. Жёлтые же лишайники лучше развиваются в условиях умеренного транспортного загрязнения.
3. На городских тополях преобладают толерантные к загрязнению воздуха серые накипные лишайники и ксантория постенная. На соснах же в окрестностях пос. Будогощь преобладают серые листоватые лишайники, много кустистых и почти нет ксантории.
4. Индекс ОЧА в г. Кириши ниже (до 0,37), чем в окрестностях пос. Будогощь (до 0,54), что свидетельствует о более высокой антропогенной нагрузке и наличии вклада близлежащих промышленных предприятий в загрязнение атмосферы г. Кириши.
5. Тополь бальзамический, как и сосна обыкновенная может использоваться в качестве субстрата для лихеноиндикации состояния воздуха, так как для обеих пород выявлена сходная зависимость группового и количественного состава лихенофлоры от уровня транспортной нагрузки.

# Заключение

Практическая значимость работы заключается в том, что было продолжено изучение лихенофлоры лиственных пород деревьев, начатое выпускницей объединения «ЧИЖ» Алиной Агафоновой в 2010-2012 гг., и подтверждена возможность использования тополя бальзамического в качестве субстрата для лихеноиндикационных исследований в условиях города. На основе полученных результатов дана оценка состояния атмосферного воздуха в г. Кириши и в окрестностях пос. Будогощь Ленинградской области.

В результате работы был получен ряд дополнений к предшествующим лихеноиндикационным исследованиям киришских школьников:

* дана более точная оценка транспортного потока в г. Кириши,
* выполнена более точная количественная оценка развития на тополях разных групп эпифитных лишайников,
* выявлено влияние направленности транспортного воздействия на развитие эпифитной лихенофлоры тополя,
* вычислен индекс относительной чистоты атмосферы в г. Кириши, который оказался гораздо ниже, чем в сельской местности.

Проведённое исследование позволило уточнить рабочую гипотезу, согласно которой транспортное загрязнение угнетает развитие эпифитной лихенофлоры. Анализ площади покрытия тополей жёлтыми лишайниками на площадках с разным уровнем транспортной нагрузки показал, что умеренное загрязнении воздуха выбросами автотранспорта благоприятствует росту жёлтых лишайников, а при чрезмерном загрязнении их развитие также угнетается.

Следующим этапом работы может быть изучение особенностей видового состава лихенофлоры тополя или оценка состояния атмосферного воздуха в г. Кириши с применением других методик.

# Список использованной литературы

1. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С. Гиляров. – М.: Сов. энциклопедия, 1986
2. Жизнь растений (в 6 томах). Том третий. А.А.Федоров. М.: Просвещение, 1977
3. Мансурова С.Е., Кокуева Г.Н. Следим за окружающей средой нашего города: 9-11 кл.: Школьный практикум. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001
4. Школьный экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие / Под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: АГАР, 2000
5. Экологический мониторинг в школе. / Под редакцией проф. Л.А. Коробейниковой. – Вологда: изд. ВИРО, 2000

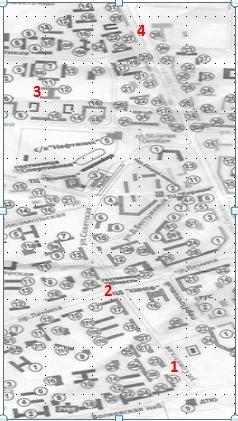
Учебно-исследовательские работы учащихся Киришского района и воспитанников Киришского ДДЮТ (с 2015 г. - Дворец детского (юношеского) творчества имени Л.Н. Маклаковой):

1. Агафонова А. Использование метода лихеноиндикации для оценки качества воздуха в г. Кириши Ленинградской области. – Кириши, 2011
2. Агафонова А., Макеева С. Разнообразие эпифитной лихенофлоры на лиственных породах деревьев в г. Кириши. – Кириши, 2010
3. Батова А., Червакова Н. Расчётная оценка количества выбросов вредных веществ в воздух от автотранспорта. – Пчевжа, 2003
4. Большакова Е. Видовой состав эпифитных лишайников в сосновом бору. – Будогощь, 2002
5. Гарина Д. Изменение видового и количественного состава эпифитных лишайников при удалении от дороги Будогощь – Могилёво вглубь соснового бора. – Будогощь – Кириши, 2000
6. Жуков И. Городские дворы и городской автотранспорт. – Кириши, 2008
7. Рыбаков А. Характеристика эпифитных лишайников при удалении от дороги Будогощь – Могилёво вглубь соснового бора. – Будогощь – Кириши, 2008
8. Сергеев А. Зависимость видового состава эпифитных лишайников и их количества от вида деревьев и района г. Кириши. – Кириши, 2002
9. Хромова О. Характеристика качества воздушной среды в сосняках-зеленомошниках (на примере Ленинградской и Новгородской областей). – Будогощь – Кириши, 2008
10. Яковлева Ю. Анализ видового разнообразия эпифитных лишайников в г. Кириши. – Кириши, 2006

**Приложения**

Приложение 1

**Карта исследуемого района в г. Кириши**

****

Учётные площадки:

1 – ул. Советская, недалеко от Дворца творчества имени Л.Н. Маклаковой

2 – перекрёсток ул. Советской и пр. Ленина (центр города)

3 – аллея у школы № 6 (ул. Строителей)

4 – пр. Героев, напротив детского больничного комплекса

Приложение 2

**Расчёт величины транспортной нагрузки на учётных площадках в г. Кириши**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Площадки* | Количество автомобилей за 10 минут | | | | Количество автомобилей за 1 час | Транспортная нагрузка  (1 балл = 100 авт./час) |
| легковые | грузовые и автобусы | пересчёт: 1 груз. = 3 легк. | Всего с учётом пересчёта |
| № 1 (ул. Советская) | 90 | 8 | 24 | 114 | 684 | 6,8 |
| № 2  (пр. Ленина) | 158 | 30 | 90 | 248 | 1488 | 14,9 |
| № 3 (ул. Строителей) | 0 | 0 | - | - | - | 0 |
| № 4  (пр. Героев) | 195 | 13 | 39 | 234 | 1404 | 14,0 |

Приложение 3

**Данные измерения площади покрытия тополей эпифитными лишайниками**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № дерева | *Площадь покрытия тополей эпифитными лишайниками на высоте 1 м, %* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Жёлтые* | | | | | *Серые накипные* | | | | | *Серые листоватые* | | | | | *Серые кустистые* | | | | |
| *С* | *З* | *Ю* | *В* | *ср.* | *С* | *З* | *Ю* | *В* | *ср.* | *С* | *З* | *Ю* | *В* | *ср.* | *С* | *З* | *Ю* | *В* | *ср.* |
| **Площадка 1. Ул. Советская, 31, дорога – с юга** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 5 | 7 | 26 | 14 | ***13*** | 32 | 48 | 37 | 15 | ***33*** | 14 | 0 | 11 | 2 | ***6,75*** |  |  |  |  |  |
| 2 | 9 | 23 | 6 | 13 | ***12,75*** | 6 | 32 | 13 | 34 | ***21,25*** | 14 | 12 | 9 | 10 | ***11,25*** |  |  |  |  |  |
| 3 | 0 | 27 | 42 | 7 | ***19*** | 5 | 21 | 25 | 39 | ***22,5*** | 14 | 22 | 0 | 0 | ***9*** |  |  |  |  |  |
| 4 | 22 | 15 | 19 | 4 | ***15*** | 8 | 36 | 23 | 21 | ***22*** | 14 | 0 | 0 | 14 | ***7*** |  |  |  |  |  |
| 5 | 1 | 15 | 28 | 13 | ***14,25*** | 41 | 18 | 32 | 22 | ***28.25*** | 11 | 7 | 3 | 12 | ***8,25*** |  |  |  |  |  |
| **Среднее** | **7,4** | **17,4** | **24,2** | **10,2** | **14,8** | **18,4** | **31** | **26** | **26,2** | **25.4** | **13,4** | **8,2** | **4,6** | **7,6** | **8,45** |  |  |  |  |  |
| **Площадка 2. Пр. Ленина, 17, перекрёсток с ул. Советской; дорога – с востока** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 16 | 11 | 2 | ***7,25*** | 12 | 14 | 45 | 54 | ***21,25*** | 9 | 14 | 5 | 0 | ***7*** |  |  |  |  |  |
| 2 | 4 | 5 | 3 | 1 | ***3,25*** | 8 | 6 | 38 | 0 | ***13*** | 9 | 27 | 0 | 0 | ***9*** |  |  |  |  |  |
| 3 | 12 | 4 | 15 | 20 | ***10,25*** | 1 | 32 | 24 | 0 | ***14,25*** | 5 | 0 | 9 | 10 | ***6*** |  |  |  |  |  |
| 4 | 0 | 4 | 21 | 7 | ***8*** | 68 | 59 | 28 | 0 | ***38,75*** | 1 | 0 | 1 | 0 | ***0,5*** |  |  |  |  |  |
| 5 | 0 | 6 | 8 | 15 | ***7,25*** | 28 | 21 | 58 | 21 | ***32*** | 11 | 0 | 0 | 9 | ***5*** |  |  |  |  |  |
| **Среднее** | **3,2** | **7** | **11,6** | **9** | **7,2** | **23,4** | **26,4** | **38,6** | **15** | **23,85** | **7** | **8,2** | **3** | **3,8** | **5,5** |  |  |  |  |  |
| **Площадка 4. Пр. Героев, напротив детского больничного комплекса, дорога – с юга** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 16 | 44 | 36 | 22 | ***29,5*** | 18 | 17 | 20 | 22 | ***19,25*** | 14 | 9 | 5 | 10 | ***9,5*** |  |  |  |  |  |
| 2 | 4 | 1 | 11 | 8 | ***6,0*** | 32 | 14 | 10 | 31 | ***21,75*** | 7 | 10 | 9 | 9 | ***8,75*** |  |  |  |  |  |
| 3 | 4 | 20 | 11 | 8 | ***10,75*** | 8 | 48 | 30 | 11 | ***24,25*** | 5 | 5 | 7 | 4 | ***5,25*** |  |  |  |  |  |
| 4 | 17 | 18 | 28 | 12 | ***18,75*** | 24 | 25 | 67 | 11 | ***31,75*** | 16 | 18 | 10 | 8 | ***13,0*** |  |  |  |  |  |
| 5 | 12 | 27 | 17 | 17 | ***18,25*** | 12 | 22 | 23 | 34 | ***22,75*** | 8 | 13 | 11 | 1 | ***8,25*** |  |  |  |  |  |
| **Среднее** | **10,6** | **22,0** | **20,6** | **13,4** | **16,65** | **18,8** | **25,2** | **30,0** | **21,8** | **23,95** | **10,0** | **11,0** | **8,4** | **8,0** | **9,35** |  |  |  |  |  |
| **Площадка 3. Ул. Строителей, аллея между двором школы № 6 и детской площадкой, транспортная нагрузка отсутствует** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 6 | 1 | 1 | 2 | ***2,5*** | 39 | 41 | 16 | 26 | ***30,5*** | 17 | 14 | 39 | 8 | ***19,5*** | 0 | 4 | 0 | 0 | ***1,0*** |
| 2 | 9 | 1 | 3 | 0 | ***3,25*** | 56 | 21 | 26 | 18 | ***30,25*** | 11 | 16 | 7 | 15 | ***12,25*** | 0 | 7 | 0 | 4 | ***2,75*** |
| 3 | 8 | 2 | 26 | 1 | ***9,25*** | 31 | 27 | 19 | 81 | ***39,5*** | 12 | 26 | 15 | 6 | ***14,75*** | 7 | 0 | 0 | 0 | ***1,75*** |
| 4 | 5 | 11 | 12 | 13 | ***10,25*** | 33 | 71 | 62 | 37 | ***50,75*** | 11 | 23 | 4 | 26 | ***16,0*** | 0 | 0 | 0 | 0 | ***0*** |
| 5 | 11 | 4 | 1 | 0 | ***4,0*** | 39 | 41 | 26 | 64 | ***42,5*** | 23 | 16 | 21 | 0 | ***15,0*** | 0 | 0 | 0 | 4 | ***1,0*** |
| **Среднее** | **7,8** | **3,8** | **8,6** | **3,2** | **5,85** | **39,6** | **40,2** | **29,8** | **45,2** | **38,7** | **14,8** | **19,0** | **17,2** | **11,0** | **15,5** | **1,4** | **2,2** | **0** | **1,6** | **1,3** |

Приложение 4

**Расчет средних значений показателя ОЧА в г. Кириши**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № дерева | *Площадь покрытия тополей эпифитными лишайниками на высоте 1 м, %* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Ул. Строителей (ТН = 0)* | | | | | *Ул. Советская (ТН = 6,8)* | | | | | *Пр. Героев (ТН = 14.0)* | | | | | *Пр. Ленина (ТН = 14,9)* | | | | |
| *Н* | *ЛЖ* | *ЛС* | *К* | *ОЧА* | *Н* | *ЛЖ* | *ЛС* | *К* | *ОЧА* | *Н* | *ЛЖ* | *ЛС* | *К* | *ОЧА* | *Н* | *ЛЖ* | *ЛС* | *К* | *ОЧА* |
| 1 | 30,5 | 2,5 | 19,5 | 1,0 | 0,4 | 33,0 | 13,0 | 9,5 | - | 0,3 | 19,25 | 29,5 | 6,75 | - | 0,27 | 21,25 | 7,25 | 7,0 | - | 0,23 |
| 2 | 30,25 | 3,25 | 12,25 | 2,75 | 0,33 | 21,25 | 12,75 | 8,75 | - | 0,3 | 21,75 | 6,0 | 11,25 | - | 0,3 | 13,0 | 3,25 | 9,0 | - | 0,2 |
| 3 | 39,5 | 9,25 | 14,75 | 1,75 | 0,4 | 22,5 | 19,0 | 5,25 | - | 0,3 | 24,25 | 10,75 | 9,0 | - | 0,23 | 14,25 | 10,25 | 6,0 | - | 0,2 |
| 4 | 50,75 | 10,25 | 16,0 | 0 | 0,33 | 22,0 | 15,0 | 13,0 | - | 0,3 | 31,75 | 18,75 | 7,0 | - | 0,3 | 38,75 | 8,0 | 0,5 | - | 0,23 |
| 5 | 42,5 | 4,0 | 15,0 | 1,0 | 0,37 | 28,25 | 14,25 | 8,25 | - | 0,3 | 22,75 | 18,25 | 8,25 | - | 0,3 | 32,0 | 7,25 | 5,0 | - | 0,23 |
| Среднее по площадке | ***38,7*** | ***5,85*** | ***15,5*** | ***1,3*** | ***0,37*** | ***25,4*** | ***14,8*** | ***9,35*** | ***0*** | ***0,3*** | ***23,95*** | ***16,65*** | ***8,45*** | ***0*** | ***0,28*** | ***23,85*** | ***7,2*** | ***5,5*** | ***0*** | ***0,22*** |

Условные обозначения:

Н – накипные лишайники

ЛЖ – жёлтые листоватые лишайники

ЛС – серые листоватые лишайники

К – кустистые лишайники

ОЧА – показатель относительной чистоты атмосферы

ТН – уровень транспортной нагрузки на учётной площадке (в баллах)

Формула для расчёта показателя ОЧА:

***ОЧА = (Н + 2Л + 3К)/30,***

где Н, Л, К – баллы оценки степени покрытия деревьев накипными, листоватыми и кустистыми лишайниками

Приложение 5

**Доля площади покрытия стволов тополей эпифитными лишайниками с разных сторон света в общем лишайниковом покрытии на учётных площадках с разным направлением действия транспортной нагрузки**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Площадки 1 и 4 (нагрузка с юга) | | | | Площадка 2 (нагрузка с востока) | | | | Площадка 3 (без нагрузки) | | | |
| Группы лишайников | С | З | Ю | В | С | З | Ю | В | С | З | Ю | В |
| Желтые | 14,3% | 31,3% | ***35,6%*** | 18,8% | 10,4% | 22,7% | **37,7%** | 29,2% | 33,3% | 16,2% | **36,8%** | 13,7% |
| Серые накипные | 18,8% | ***28,5%*** | 28,4% | 24,3% | 22,6% | 25,5% | ***37,3%*** | 14,5% | 25,6% | 26% | 19,3% | ***29,2%*** |
| Серые листоватые | ***36,2%*** | 26,5% | 18% | 19,3% | 31,8% | ***37,3%*** | 13,6% | 17,3% | 18,6% | ***32,8%*** | 29,7% | 20% |
| Серые кустистые | - | - | - | - | - | - | - | - | 31,8% | ***50%*** | 0% | 18,2% |

Приложение 6

**Фотоприложение**



Фото 1. Лихенофлора тополя на пр. Героев (площадка 4, транспортная нагрузка 14 баллов)



Фото 2. Лишайники на тополе на ул. Советской (площадка 1, транспортная нагрузка 6,8 баллов)



Фото 3. Лихенофлора тополя у школы № 6 (площадка 3, транспортная нагрузка 0 баллов)



Фото 4. Единичный кустистый лишайник на тополе у школы № 6



Фото 5. Лихенофлора сосны на территории базы отдыха «Орлёнок» (транспортная нагрузка отсутствует)





Фото 7. Измерение площади покрытия ствола тополя эпифитными лишайниками с помощью палетки. г. Кириши, 2017 г.





Фото 8-9. Изучение лихенофлоры сосны (полевой практикум в МАУ ДЮБО «Орлёнок», март 2018 г.)