



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

я

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

**На тему** Пространственное распределение эпифитных лишайников относительно потенциальных загрязнителей атмосферы на территории муниципального образования Горелово Красносельского района, г. Санкт-Петербурга

**Исполнитель** \_\_\_\_\_ **Онисков Игорь Витальевич**  
(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** \_\_\_\_\_ **кандидат биологических наук, доцент**  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ **Рижия Елена Яновна**  
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой**

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ **кандидат географических наук, доцент**  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ **Дроздов Владимир Владимирович**  
(фамилия, имя, отчество)

«\_\_» «\_\_\_\_\_» 2022 г.

Санкт-Петербург,  
2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Загрязнение атмосферного воздуха .....	5
1.1 Основные вещества-загрязнители в атмосферном воздухе.....	6
1.2 Лишайники и их чувствительность к загрязнению .....	7
1.3 Лишайники как биоиндикаторы.....	11
2 Общий план организации исследований .....	12
2.1 Методика измерения относительной численности лишайников. ....	15
3 Физико-географическая характеристика Гореловского муниципального образования .....	16
3.1 Климат .....	18
3.2 Промышленность и население.....	19
4. Обработка результатов полевых измерений .....	20
4.1. Описание пробных площадок .....	20
4.2 Определение индексов полетолертности .....	31
4.3. Сравнение полученных результатов .....	34
4.4. Определение концентраций загрязняющих веществ .....	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	39
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	45

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одна из наиболее острых глобальных проблем человечества это загрязнение атмосферного воздуха. Ежесекундно происходит выброс вредных и опасных веществ в атмосферу. Сжигание топлива, выбросы котельных, продукты горения при пожарах и т.д. поступают в приземный слой атмосферы. Ключевую роль при рассеивании исполняет ветер, он обеспечивает циркуляцию приземного слоя воздуха и вынос примесей из нижних слоев.

Загрязнение воздуха приводит к образованию смога, кислотных дождей и парниковому эффекту.

Существует много способов оценить интенсивность загрязнения атмосферного воздуха, но один из наиболее доступных и наглядных — это метод лишеноиндикации. При изучении степени загрязнения атмосферного воздуха важна реакция биологических индикаторов на поллютанты (загрязняющие вещества). Лишайники чутко реагируют на изменения в составе воздуха. Благодаря своему долголетию и распространению по всему Земному шару они могут являться объектом глобального мониторинга. Из всех групп лишайников наиболее доступными и распространенными являются эпифитные лишайники. Изучение состояния этих видов в городских условиях выявляет ряд общих закономерностей: чем более загрязнен воздух города, тем меньше встречается в его границах видов лишайников, тем меньшую площадь занимают существующие лишайники и тем ниже их жизнеспособность.

Целью данной работы является изучение распределения эпифитных лишайников относительно потенциальных загрязнителей атмосферы на территории муниципального образования Горелово Красносельского района города Санкт-Петербурга.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) Установить видовой состав эпифитных лишайников на территории МО Горелово.

2) Проанализировать полученные списки видов, отнеся каждый вид к определенному классу полеотолерантности и присвоить пробным площадям индекс полеотолерантности.

3) Согласно индексам полеотолерантности, установить степень загрязнения атмосферного воздуха на территории Муниципального образования Горелово, оценив роль имеющихся загрязнителей.

## 1 Загрязнение атмосферного воздуха

В связи с развитием промышленности и увеличением количества автотранспорта в биосферу стало поступать больше вредных выбросов. На Земле практически нет места, куда бы не поступали загрязняющие вещества. При изучении степени загрязнения окружающей среды промышленными объектами важна реакция биологических объектов на поллютанты. Чтобы являться качественным индикатором, биологические объекты должны обладать стенобионтностью по отношению к уровню содержания загрязняющих веществ в атмосфере. Оказалось, что лишайники как раз легко поделить на классы токсикотолерантности, что позволяет использовать их разные виды для оценки степени загрязненности атмосферного воздуха.

Выделяют искусственные и природные загрязнители атмосферы.

1. Естественные. Обусловлены природными изменениями и не зависят от человека. Возникают локально, оказывают ограниченное и кратковременное воздействие на экологическую обстановку.

2. Антропогенные. Практически любая деятельность человека так или иначе воздействует на природные экосистемы и носит длительный и многосторонний характер [4].

Загрязнение атмосферы представляет собой совокупность экологических проблем, связанных с выбросом химических веществ и скоплением концентрации природных газов в воздушной среде. Привнесение чужеродных веществ в атмосферную оболочку изменяет естественное соотношение газов, что негативно отражается на жизни и развитии биосферы. Лесные пожары, отходы промышленных предприятий и выхлопные газы автомобилей относят к главным источникам загрязнения.

Атмосфера на 78% состоит из азота и на 21% из кислорода. Около 1% отводится для инертных газов. В воздушной среде также присутствуют водяные пары, минеральные соли и частицы пыли. В норме углекислый газ, угарный газ,

аммиак в атмосферном воздухе содержатся в следовых количествах, но во время выбросов превышают свой допустимый объем в 20-50 раз [6].

### 1.1 Основные вещества-загрязнители в атмосферном воздухе

- Оксид углерода (CO) – угарный газ, бесцветный, не имеет запаха. Образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива (угля, газа, нефти).

- Диоксид серы (SO<sub>2</sub>) – или сернистый ангидрид образуется в процессе сгорания серосодержащих ископаемых видов топлива, в основном угля, а также при переработке сернистых руд. Способствует образованию кислотных дождей.

- Оксиды азота (N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – образуются при горении, в основном виде закиси N<sub>2</sub>O. Чем выше температура сгорания, тем интенсивнее идет образование окислов азота.

Другие источники окислов азота являются предприятия, производящие азотные удобрения или азотную кислоту и нитраты. От общего количества выбрасываемых в атмосферу оксидов азота на транспорт приходится 55%, на энергетику— 28%, на промышленные предприятия— 14%, на мелких потребителей и бытовой сектор— 3%

- Двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) – углекислый газ, бесцветный с кисловатым запахом и вкусом, продукт полного окисления углерода. Является одним из главных парниковых газов. Не числится в ряду загрязнителей, т.к. на содержание углекислого газа нет нормирования предельно допустимых концентраций.

- Озон (O<sub>3</sub>)— газ с характерным запахом, более сильный окислитель, чем кислород. Его относят к наиболее токсичным из всех обычных загрязняющих воздух примесей. В нижнем атмосферном слое озон образуется в результате фотохимических процессов с участием диоксида азота и летучих органических соединений.

- Углеводороды— химические соединения углерода и водорода. К ним относят тысячи различных загрязняющих атмосферу веществ, содержащихся в несгоревшем бензине, жидкостях, применяемых в химчистке, промышленных растворителях ит.д.

- Свинец (Pb)—металл, токсичный в любой форме. Широко используется для производства красок, боеприпасов, типографского сплава ит.п. Около 60% мировой добычи свинца ежегодно расходуется для производства кислотных аккумуляторов. Однако основным источником (около 80%) загрязнения атмосферы соединениями свинца являются выхлопные газы транспортных средств, в которых используется этилированный бензин [13].

Промышленные пыли в зависимости от механизма их образования подразделяются на следующие 4 класса:

- механическая пыль – образуется в результате измельчения продукта в ходе технологического процесса.

- возгоны – образуются в результате объёмной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат.

- летучая зола – содержащийся в дымовом газе во взвешенном состоянии несгораемый остаток топлива, образуется из его минеральных примесей при горении.

- промышленная сажа – образуется при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов [15].

## 1.2 Лишайники и их чувствительность к загрязнению

Лишайники- это симбиоз водоросли(фотобионта) и гриба (микобионт). Гриб образует слоевище, внутри которого находятся клетки фотобионта [12].

Среди жизненных форм лишайников различают:

- 1) листоватые;
- 2) кустистые;
- 3) чешуйчатые;

- 4) пластинчатые;
- 5)накипные;
- 6)корковые.

Основу таллома образуют гифы гриба. Они формируют нижний и верхний коровые слои, обуславливая форму и окраску лишайника. Слоевище прикрепляется к субстрату тоже с помощью гиф. Водоросли занимают полости между гифами.

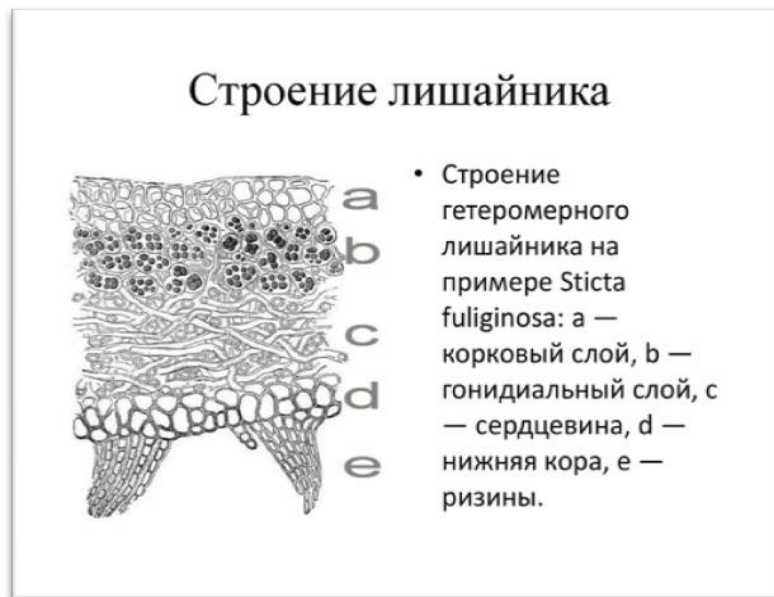


Рисунок 1.1 – Анатомическое строение тела лишайника.

Лишайники могут размножаться вегетативно — кусочками слоевища, содержащими и клетки водоросли, и гифы гриба. Фрагменты слоевища распространяются ветром или животными, а при попадании на подходящий субстрат прирастают к нему, давая начало новому лишайнику.

Гриб, входящий в состав лишайника, способен образовывать плодовые тела и размножаться спорами, которые созревают в этих плодовых телах.

Лишайники характеризуются очень медленным ростом: от долей миллиметра до нескольких сантиметров в год. Скорее всего, это связано с небольшим относительным объёмом автотрофных водорослей, синтезирующих органические вещества [9].



Наибольшей скоростью роста обладают кустистые лишайники тропических лесов, наименьшей — обитатели скал и тундры. Накипные лишайники растут своей периферией, а кустистые — концами «веточек». Возраст слоевища лишайника может насчитывать несколько сотен и даже тысяч лет.

Низкая скорость роста приводит к тому, что лишайники в основном растут в тех местах, где не встречаются конкуренции со стороны растений. Прежде всего, это каменистые субстраты, где они создают первичные почвы. Не встречаются лишайники конкурентов в тундре и полярных пустынях, где нет возможности развивать длинные корни высшим растениям, и где клетки высших растений не могут переносить существующие перепады температур. Часто лишайники растут как эпифиты в кронах деревьев.

Лишайники способны переносить как очень высокие (50–60 °С в пустынях), так и очень низкие (ниже –50 °С в Арктике и Антарктиде) температуры. У антарктических видов фотосинтез происходит даже при температуре –25 °С, что невозможно для растений. Большинство видов лишайников предпочитают хорошо освещенные места [9].

Способность гриба поглощать и удерживать воду позволяет лишайникам существовать в крайне сухих условиях. Они могут поглощать воду не только во время дождей, но и из тумана, и насыщенного водяным паром воздуха.

Лишайники крайне чувствительны к любым изменениям в окружающей среде и их количество напрямую связано с качеством атмосферного воздуха. При этом у лишайников наблюдаются морфологические изменения, а также накопление элементов загрязненного воздуха. Они способны аккумулировать тяжелые металлы, что используется при составлении карт загрязненности городов и территорий [3].

Лихеноиндикационные исследования позволяют дать качественную оценку состояния приземного воздуха. Нитрофильные виды лишайников указывают на загрязнение воздуха соединениями азота. Сильное

кратковременное загрязнение ведет к гибели лишайников, а долговременное влияние вызывает их угнетение.

Загрязнение атмосферного воздуха влияет на интенсивность фотосинтеза и дыхательную способность лишайников. По мере повышения уровня загрязненности можно наблюдать уменьшение интенсивности фотосинтеза и, наоборот, увеличение дыхательной способности. Отношение дыхательной способности лишайников к потенциальной интенсивности фотосинтеза в большинстве случаев возрастает, а иногда и превышает контрольный уровень в 2–3 раза [5].

Лишайники очень чувствительны к широкому спектру естественных и антропогенных факторов, их произрастание на деревьях характеризуется микроклиматическими условиями (влажность, освещенность, атмосферные условия) и особенностями субстрата (микроструктура поверхности, химия и pH коры) [7].

Лишайники, в отличие от высших растений, лишены восковой кутикулы для защиты от влияния окружающей среды. Большинство же токсических газов концентрируются в дождевой воде, а лишайники впитывают воду всем слоевищем, в отличие от цветковых растений. Из-за медленного роста и долгой жизни на них серьезно влияют химические или другие загрязняющие вещества.

Распределение лишайников на территории зависит от многих причин, в том числе и от степени загрязнения воздуха. Они могут служить индикаторами его чистоты. Особенно заметна разница в количестве и видовом составе лишайников при сравнении их флоры в естественных и культурных фитоценозах (например, в городских зеленых насаждениях). Имеются виды лишайников, устойчивых (полеотолерантных) к городской среде и неустойчивых. Выявлена корреляция между загрязнением воздуха отходами промышленных производств (серным диоксидом, окислами азота, соединениями фтора и т.п.) и видовым разнообразием лишайников: чем выше загрязнение воздуха, тем менее богата их флора [7].

### 1.3 Лишайники как биоиндикаторы

Живые организмы отличаются разной степенью устойчивости к загрязняющим веществам, из них лишайники обладают наибольшей чувствительностью. Эпифитные лишайники - лишайники, которые растут на коре деревьев, могут являться наилучшими индикаторами загрязненности воздуха из-за своего широкого распространения, простой визуальной оценки их состояния и, в основном, узкой полосы приуроченности к степени загрязнения. Изучение этих видов выявило ряд общих закономерностей: чем больше индустриализирован город и чем более загрязнен воздух, тем меньше встречаемость лишайников и тем меньшую площадь они покрывают на стволах деревьев.

Объектом глобального мониторинга избраны лишайники потому, что они распространены по всему Земному шару и поскольку их реакция на внешние воздействия очень сильна, а собственная изменчивость незначительна и рост чрезвычайно замедлен по сравнению с другими организмами [11].

Установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха первыми исчезают кустистые, а среди листоватых и накипных (корковых) форм есть виды с очень высокой резистентностью к загрязнению. Состав флоры лишайников в различных частях городов (в индустриальных районах, в парках, в жилой застройке) оказывается настолько различным, что исследователи стали использовать лишайники в качестве индикаторов загрязнения воздуха [14].

Одним из первых эту работу провел шведский ученый Р.Сернандер. В 1926 году он выделил в Стокгольме "лишайниковую пустыню" (центр города и фабричные районы с сильно загрязненным воздухом - лишайники здесь почти отсутствуют); зону "соревнования" (части города со средней загрязненностью воздуха - флора лишайников бедна, отмечены особи с пониженной жизнеспособностью) и "нормальную зону" (периферийные части города, где

встречаются многие виды лишайников). В последние десятилетия показано, что из компонентов загрязненного воздуха на лишайники самое отрицательное влияние оказывает двуокись серы ( $\text{SO}_2$ ). Экспериментально установлено, что это вещество в концентрации 0,03 - 0,1 мг/м<sup>3</sup> (30-100 микрограмм/м<sup>3</sup>) начинает действовать на многие виды лишайников. В хлоропластах клеток водорослей появляются бурые пятна, начинается деградация хлорофилла. Концентрация двуокиси серы в 0,5 мг/м<sup>3</sup> губительна для всех видов лишайников, произрастающих в естественных ландшафтах. Однако имеется группа полеотолерантных (выносливых по отношению к загрязнениям) видов, которые могут существовать в довольно загрязненном воздухе. Помимо двуокиси серы на лишайники губительно действуют и другие загрязнители - окислы азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), окись углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), соединения фтора и другие. Кроме того, в городах сильно изменены и микроклиматические условия: города "суше" по сравнению с естественными ландшафтами (примерно на 5%), теплее на 1-3°, беднее светом [14].

В итоге, лишайники являются индикаторами состояния окружающей среды и могут показать степень «благоприятности» данной территории. Большинство соединений и загрязнителей, которые влияют на распространение лишайников входят в состав основных выбросов промышленности и деятельности человека, особенно в крупных городах и мегаполисах. Отсюда делаем вывод, что лишайники отлично подходят на роль биологических индикаторов антропогенной нагрузки. Все это предопределило использование лишайников и лишайноиндикации в системе глобального мониторинга состояния окружающей среды.

## 2 Общий план организации исследований

Исследовательская работа начинается с выбора точек исследования – около пяти пробных площадок, желательно находящихся на одной линии по мере удаления от потенциального источника загрязнения. Дистанция между

площадками зависит от мощности источника загрязнения. Если это большой населенный пункт с промышленными предприятиями и многочисленным автотранспортом, то расстояния между площадками могут быть в пределах 1 км (дальняя площадка будет удалена от города на 5 км). Если это, например, небольшая котельная, работающая на угле, то расстояния между площадками могут быть в пределах 400-800 метров. Если это автотрасса – то 20-100 метров в зависимости от интенсивности потока автотранспорта [8].

Методы лишеноиндикации подразделяются на две большие группы - активную лишеноиндикацию и пассивную лишеноиндикацию. Под активной лишеноиндикацией понимают так называемые трансплантационные методы. На них мы остановимся очень кратко, так как речь в дальнейшем пойдет о пассивной лишеноиндикации. Трансплантационные методы заключаются в том, что лишайники из незагрязненных районов трансплантируются (пересаживаются) в изучаемый район или же участки коры деревьев, покрытые лишайниками, срезаются и перемещаются на столбы или другие сооружения, расположенные в загрязненных районах. Их реакция исследуется путем периодического измерения или фотографирования [14].

Другой подход включает перенос и исследование лишайников в лаборатории, где на них воздействуют различными концентрациями загрязняющих веществ.

Основным и самым простым в использовании и понимании является метод пассивной лишеноиндикации: он заключается в наблюдении за изменениями относительной численности лишайников, растущих на определенной территории. Для этого проводят измерения проективного покрытия лишайников на постоянных или переменных пробных площадках и получают средние значения проективного покрытия для исследуемой территории [16].

Процедура выбора и заложения пробных площадок и модельных деревьев, на которых будут проводиться исследования лишайниковых сообществ, очень важна и, можно даже сказать, является основной при

проведении лишеноиндикационных исследований. Пробной площадкой называется участок территории, на котором проводятся лишенологические исследования и в пределах которого производится выбор модельных деревьев. К процедуре выбора пробных площадок имеется несколько подходов, в зависимости от того, краткосрочным («одноразовым») является исследование, или рассчитанным на много лет. При выполнении данного задания, когда требуется произвести учеты лишайников на нескольких удаленных друг от друга участках - пробные площадки и модельные деревья выбираются произвольно и не маркируются. При этом, однако, следует жестко придерживаться двух вышеизложенных правил: во-первых, структура и состав фитоценозов на удаленных друг от друга пробных площадках должны быть по возможности, схожими (например, сравниваются пробные площадки только в одновозрастных сосновых посадках, или только в старых ельниках, или только в березняках и т.п.) и во-вторых модельные деревья, измеряемые на нескольких удаленных друг от друга площадках, должны быть обязательно одной породы и по возможности одного возраста. Если мониторинг планируется долговременным, т.е. в течение нескольких лет закладываются постоянные площадки. Часто их можно совмещать со стандартными геоботаническими пробными площадками, или площадками для измерения жизненного состояния лесов. Независимо от того, постоянные или разовые исследования планируются, при заложении площадок следует соблюдать следующие правила:

во-первых, избегать придорожных деревьев, так как на их эпипокров влияют другие условия по сравнению с деревьями, растущими далеко от дорог;

во-вторых, избегать загущенных лесонасаждений с очень низкой освещенностью;

в-третьих, не закладывать площадки вблизи пастбищ и лугов, которые обрабатывались пестицидами или интенсивно удобрялись.

Техника заложения пробных площадок в лесу, где планируется проводить измерения, маркируется центр пробной площадки - например в землю вбивается кол или помечается краской одно из деревьев. Далее вокруг центра

площадки выбираются ближайšie не менее 10 одной породы и примерно одного возраста. При этом никаких исключений субъективного порядка не допускается. На этих модельных деревьях и проводятся измерения численности лишайников. В случае одноразового обследования деревья никак не маркируются, а в случае планирования многолетних наблюдений - помечаются долговременными маркерами [11].

## 2.1 Методика измерения относительной численности лишайников.

Определение проективного покрытия лишайников способом «линейных пересечений» 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. 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. 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 нулевой точке. Совмещая последнее деление и начало 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. Измерения проводятся с точностью до 1 мм. По данным полевых измерений производят расчет проективного покрытия лишайников, т.е. определяют отношение покрытой лишайниками части ствола к его общей поверхности. Вначале подсчитывается общая (суммарная) протяженность талломов лишайников. Затем, зная общую длину окружности ствола и принимая ее за 100%, рассчитывается проективное покрытие лишайников (в %) [8].

### 3 Физико-географическая характеристика Гореловского муниципального образования

Горелово— муниципальный округ, муниципальное в составе Красносельского района Санкт-Петербурга. Расположен в юго-западной части города. Граничит: на севере по Петергофской линии железной дороги с муниципальными округами Улянка и Урицк, на востоке— с Московским районом Санкт-Петербурга и Ленинградской областью, на юге— с городом Красное Село в составе Санкт-Петербурга, и на западе— с муниципальным округом Константиновское и Ленинградской областью.

Округ состоит из двух частей. Северо-восточная часть— исторический район Старо-Паново, юго-западная—Горелово и Торики. В округе имеется как многоэтажная жилая застройка, так и частный сектор [1].

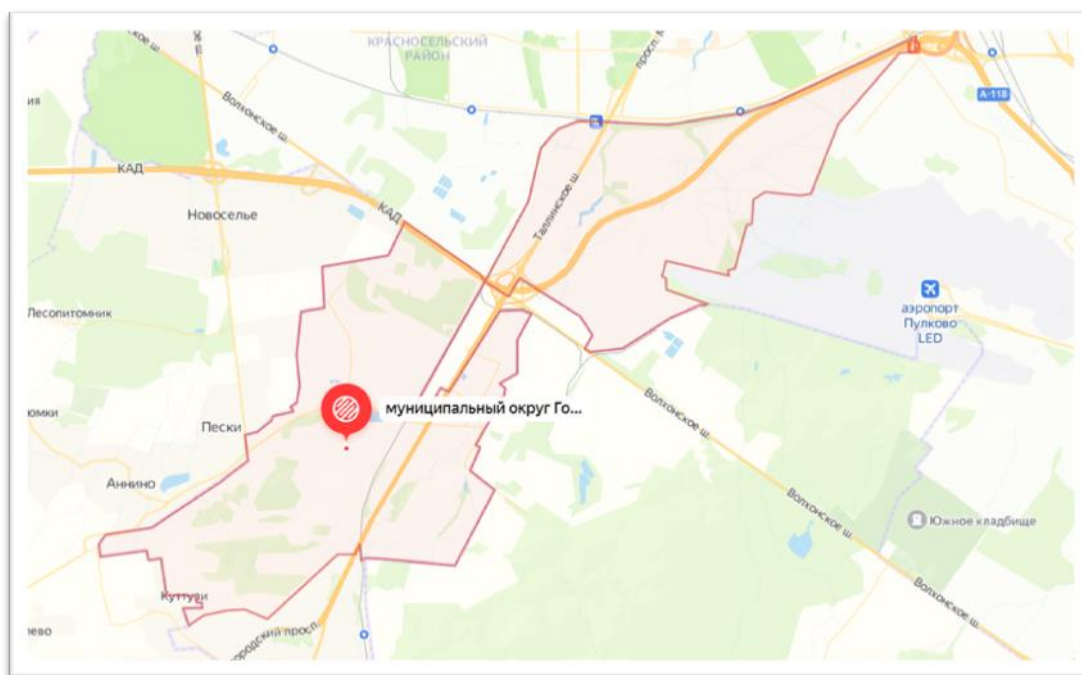


Рисунок 3.1. Местоположение муниципального округа Горелово

Округ объединил Горелово, военный городок (ул. Политрука Пасечника), Торики, Старо-Паново. Площадь округа составляет 33 кв. км. С 2005 года в состав округа в соответствии с законом Санкт-Петербурга вошла часть домов



улицы Геологической расположенной в г.Красное Село. В Муниципальном округе 75 улиц, общей протяженностью свыше 66 км. Муниципальный округ № 42 с 2008 года переименован в Муниципальный округ Горелово. Округ имеет свой герб, флаг и печатное издание «газета Горелово» [1].

Через территорию округа проходит электрифицированная железнодорожная ветвь Санкт-Петербург–Гатчина и Таллинское шоссе – автомобильная дорога на запад Ленинградской области – в Ивангороди дальше на Нарву и Таллинн. В Горелово интенсивно ведется застройка вдоль Красносельского шоссе, условно названная застройщиком «Дудергофская линия». Инвестор и застройщик данной территории компания «ЛенРусСтрой».

Горелово не отличается многочисленными достопримечательностями, а, значит, и обильным потоком туристов с увеличенной рекреационной нагрузкой внутри образования. На территории присутствует несколько значимых объектов, в основном это памятники истории или архитектуры, пользующиеся большой популярностью среди населения. Среди них можно выделить следующие:

- Александрийская церковь. Храм назван в честь супруги императора Диоклетиана, царицы Александры, которая была тайной христианкой.

- Церковь Адриана и Наталии в Старо-Паново. Храм назван в честь святых мучеников Адриана и Наталии существовал в Старо-Паново с начала XIX века. Он был основан в 1714-1715 гг. по повелению Петра I. Но в годы великой отечественной войны был разрушен до основания. В настоящее время это храм-памятник, отстроенный заново в период с 1997 по 2017 год.

- Культурный центр Горелово – библиотека-филиал №4 Красносельского района. Библиотека основана в 1964г. как поселковая библиотека Горелово [].

Также на территории Муниципального образования, а именно в юго-западной его части, находится действующий аэродром Горелово. На данный момент аэродром является перспективным местом для авиации общего назначения и базирования небольших самолетов с вместимостью около 20 человек. Восточная часть полосы является взлетной площадкой для вертолетов

419-го Авиаремонтного завода [1]. Объект вносит определенный вклад в загрязнение воздушного бассейна МО Горелово.

### 3.1 Климат

Климат округа умеренно-континентальный: зима сравнительно мягкая, с частыми оттепелями, средняя температура от  $-7^{\circ}\text{C}$  до  $-11^{\circ}\text{C}$ , лето умеренно теплое, в среднем от  $+15^{\circ}\text{C}$  до  $+22^{\circ}\text{C}$ . Через весь округ протекает единственная река Дудергофка, также по району разбросанно несколько прудов.

В регионе отмечается избыточная влажность, которая составляет от 700 до 850 мм. Влияние на количество осадков оказывает близость к Балтике. Наблюдается неравномерное распределение осадков в течение года. Чуть меньше половины годового объема осадков выпадает с апреля по октябрь (теплая половина года), в среднем 70-75% годового количества осадков выпадает в жидком виде, в виде снега выпадает 10-15%. Число дней со снежным покровом составляет 132 дня. Среднегодовая высота снежного покрова составляет 33 см.

Результаты наблюдений свидетельствуют о среднем уровне загрязнения атмосферного воздуха. Средние за год концентрации в районах близких к основному источнику загрязнения (Красносельское шоссе) стабильно превышают ПДК по аммиаку, диоксиду азота, пыли, фенолу и этилбензолу. Уровень загрязнения воздуха: ориентировочно средний [10].

### 3.2 Промышленность и население

В промышленном секторе выделяют 2 основных крупных предприятия АО «419 авиационный ремонтный завод» и ОАО «ВНИИТрансмаш». Также на территории МО Горелово находится 2 деревообрабатывающего предприятия и большое количество шиномонтажных мастерских. Также на территории находятся 4 военные части [1].

Население округа распределено между 2 частей исторический район Старо-Паново и Горелово. Большая часть находится на юго-западе. Население МО Горелово в 2021 году составило 33437. Наблюдается ежегодный прирост населения около 1,5-2 тыс. человек.

#### 4. Обработка результатов полевых измерений

На территории МО Горелово было заложено 6 пробных площадок, внутри которых были сделаны описания растительности, а также обследовались субстраты, на которых поселяются лишайники (кора деревьев). Пробные площадки были заложены таким образом, чтобы отразить разную степень влияния потенциальных источников загрязнения атмосферного воздуха, которыми являются, в первую очередь, железная дорога и Красносельское шоссе. На каждой площадке было выбрано 10 деревьев одного вида и примерно одного возраста. Использовался метод линейных пересечений. Отбор пробы лишайников производился на стволах деревьев на высоте 1.3м от поверхности субстрата.

##### 4.1. Описание пробных площадок

Площадка №1 была заложена на расстоянии приблизительно 150м от источника загрязнения (Красносельское шоссе). До ближайшего жилого здания около 300 метров (ул. Красносельское шоссе д56 к1).

Площадка находится на небольшой незначительной возвышенности. Поверхность ровная с выступающими камнями и небольшим понижением в сторону городской застройки.

Тип растительности: Рудеральная

Название сообщества: сообщество рудеральных и луговых трав под пологом посадок осины.

Лишайники представлены следующими видами: ксантория настенная, фисцияаиполия, фискония серая.

№	Виды лишайников	Обилие	Распределение
1	Ксантория настенная	7%	Пятнами по субстрату

2	Фисцияаиполия	2%	Пятнами по субстрату
3	Фискония серая	1%	Пятнами по субстрату

Травяной ярус представлен следующими видами: подорожник большой, лисохвост луговой, ежа сборная, одуванчик лекарственный, клевер средний, лопух большой (редко). Общее проективное покрытие травянистой растительности около 60%.

№	Название растений	Обилие	Высота, см
1	одуванчик лекарственный	30%	20 – 30
2	лисохвост луговой	20%	20-30
3	ежа сборная	15%	45
4	Клевер средний.	20%	15-20
5	Подорожник большой	15%	10-12
6	Лопух большой	ед.	45

Подрост представлен корневой порослью осины, березой бородавчатой и ивой остролистной. Характер распределения: равномерный

№	Название растений	Обилие	Высота, м	Распределение
1	Береза повислая	20%	1,5	Равномерное
2	Осина (Тополь дрожащий)	50%	2,0	Равномерное
3	Ива остролистая	30%	2,0	Одиночные экземпляры

Древостой представлен осинной, чуть реже встречаются береза повислая.

№	Название древесных пород	Ярус	Господствующий возраст	h ср., м	d ср., см	Характер роста, сухостой
1	Береза	1	приблизительно 7 лет	8-10	8-12	Молодые, по виду здоровы
2	Осина обыкновенная	1	приблизительно 10-12 лет	14-18	10-18	Относительно молодые

Сомкнутость древесного полога 0,6

Площадка №2 была заложена на расстоянии приблизительно 20 м от источника загрязнения (Красносельское шоссе). До ближайшего жилого здания около 60 метров (ул. Красносельское шоссе д54 к1).

Площадка находится на ровной местности, чуть дальше обочины дороги. Поверхность ровная, сильно запыленная. В сторону городской застройки идет повышение рельефа.

Тип растительности: Рудеральная

Название сообщества: березняк с комплексом рудерально-лесной травянистой растительности

Лишайники представлены следующими видами: ксантория настенная, феофисция округлая.

№	Виды лишайников	Обилие	Распределение
1	Ксантория настенная	1,5%	Пятнами по субстрату
2	Феофисция округлая	0,4%	Единичными слоевищами по субстрату

Травяно-кустарничковый ярус представлен следующими видами: подорожник, тимофеевка луговая, сныть обыкновенная, реже встречается полынь обыкновенная. Общее покрытие травянистой растительности около 30%.

№	Название растений	Обилие	Высота, см
1	Подорожник	20%	5-10
2	Тимофеевка луговая	40%	20-30
3	Полынь обыкновенная	ед.	55
4	Сныть обыкновенная	40%	15-20

Подрост представлен березой повислой и тополем бальзамическим.

№	Название растений	Обилие	Высота, м	Распределение
1	Береза повислая	20%	1	Не равномерное
2	Тополь бальзамический	50%	1,4	Равномерное

Древостой представлен березой повислой, реже встречается тополь бальзамический.

№	Название древесных пород	Ярус	Господствующий возраст	h ср., м	d ср., см	Характер роста
1	Береза повислая	1	60 лет	20	40	Старые, сильно загрязнённые
2	Тополь бальзамический	1	30-40 лет	22	45-55	Относительно молодые, на вид здоровые

Сомкнутость древесного полога 0,9.

Площадка №3 была заложена на расстоянии приблизительно 100 м от источника загрязнения (железная дорога). До ближайших жилых построек около 200 метров (ул. Железнодорожная).

Площадка находится на не ровной местности. На северной границе площадки наблюдается понижение с заболачиванием. На юге слабое повышение с выступающими камнями.

Тип растительности: Рудеральная

Название сообщества: Болотно-травяная растительность под пологом посадок осины

Лишайники представлены следующими видами: ксантория настенная, гипогимния вздутая, пармелия бороздчатая, леканора Хагена, феофисция черноватая.

№	Виды лишайников	Обилие	Распределение
1	Ксантория настенная	1,5%	Пятнами по субстрату
2	Гипогимния вздутая	0,4%	Единичными точками по субстрату
3	Пармелия бороздчатая	1%	Пятнами по субстрату
4	Леканора Хагена	1,6%	Единичный случай
5	Феофисция черноватая	0,9%	Пятнами по субстрату

Травяно-кустарничковый ярус представлен следующими видами: тростник обыкновенный, пушица, хвощ полевой. Общее покрытие травянистой растительности около 40%.

№	Название растений	Обилие	Высота, см
---	-------------------	--------	------------



1	Тростник обыкновенный	50%	80-130
2	Пушица	20%	15-25
3	Хвощ полевой	30%	25-30

Характер распределения: равномерный.

Подрост представлен осинной обыкновенной и рябиной.

№	Название растений	Обилие	Высота, м	Распределение
1	Осина обыкновенная	70%	0,8-1,5	Равномерное
2	Рябина	20%	1,3	Не равномерное

Древостой представлен осинной обыкновенной.

№	Название древесных пород	Ярус	Господствующий возраст	h ср., м	d ср., см	Характер роста
1	Осина обыкновенная	1	50 лет	12	20-25	Здоровые

Сомкнутость древесного полога 0,8

Площадка №4 была заложена на расстоянии приблизительно 200-250 м от источника загрязнения.

Площадка находится на ровной местности. К востоку от заложеной площадки находится река Дудергофка. На западе и северо-западе идет слабое повышение.

Тип растительности: Рудеральная

Название сообщества: Сообщество рудеральных трав под пологом посадок осины

Лишайники представлены следующими видами: ксантория настенная, фисция аиполия, феофисция округлая.

№	Виды лишайников	Обилие	Распределение
1	Ксантория настенная	6,5%	Пятнами по субстрату
2	фисция аиполия	0,6%	Пятнами по субстрату
3	феофисция округлая	0,4%	Пятнами по субстрату

Травяно-кустарничковый ярус представлен следующими видами: одуванчик полевой, тимофеевка луговая, подорожник, крапива двудомная, лопух большой. Общее покрытие травянистой растительности около 80%.

№	Название растений	Обилие	Высота, см
1	Одуванчик полевой	50%	15-20
2	Тимофеевка луговая	20%	20-30
3	подорожник	ед.	6
4	Крапива двудомная	ед.	35-50
5	Лопух большой	ед.	40

Характер распределения: равномерный

Подрост представлен осинной обыкновенной и тополем бальзамическим.

№	Название растений	Обилие	Высота, м	Распределение
1	Осина обыкновенная	80%	0,7-1,4	Равномерное
2	Тополь бальзамический	20%	1-1,5	Равномерное

Древостой представлен осинной обыкновенной.

№	Название древесных пород	Ярус	Господствующий возраст	h ср., м	d ср., см	Характер роста, сухостой
1	Осина обыкновенная	1	25-30 лет	12	25-30	Здоровые

Сомкнутость древесного полога 0,5

Площадка №5 была заложена на расстоянии приблизительно 100-140 м от источника загрязнения (Красносельское шоссе). С трех сторон света севера, юго-запада и востока окружена жилой застройкой на расстоянии от 45 до 90 метров.

Площадка находится на ровной местности. Через нее проходят две пешеходные дорожки.

Тип растительности: Рудеральная

Название сообщества: Сообщество рудеральных трав под пологом посадок осины

Лишайники представлены следующими видами: пармелия бороздчатая, фисция восходящая, меланохалея шероховатистая, феофисция черноватая.

№	Виды лишайников	Обилие	Распределение
1	Пармелия бороздчатая	1,5%	Пятнами по субстрату
2	Фисция восходящая	0,6%	Пятнами по субстрату
3	Меланохалея шероховатистая	0,4%	Пятнами по субстрату
4	Феофисция черноватая	1%	Пятнами по субстрату

Травяно-кустарничковый ярус представлен следующими видами: одуванчик полевой, тимофеевка луговая, подорожник, полевика обыкновенная. Общее покрытие травянистой растительности около 90%.

№	Название растений	Обилие	Высота, см
1	Одуванчик полевой	30%	15-20
2	Тимофеевка луговая	10%	20-30
3	подорожник	ед.	8
4	полевика обыкновенная	50%	10

Характер распределения: равномерный

Древостой представлен осинкой обыкновенной.

№	Название древесных пород	Ярус	Господствующий возраст	h ср., м	d ср., см	Характер роста, сухостой
1	Осина обыкновенная	1	30 лет	15-18	25-30	Здоровые

Сомкнутость древесного полога 0,5.

Площадка №6 была заложена на расстоянии приблизительно 200-250 м от источника загрязнения (ул. Заречная). На западе расположен пруд на удаленности около 40 метров.

Площадка находится на ровной местности. В сторону запада идет понижение.

Тип растительности: Рудеральная

Название сообщества: Сообщество рудеральных трав под пологом посадок осины.

Лишайники представлены следующими видами: ксантория настенная, гипогимния вздутая, меланохалея шероховатистая, фисция аиполия.

№	Виды лишайников	Обилие	Распределение
1	Ксантория настенная	5,5%	Пятнами по субстрату
2	Гипогимния вздутая	0,6%	Пятнами по субстрату
3	Фисция аиполия	1,1%	Единичными точками по субстрату
4	Меланохалея шероховатистая	1,3%	Пятнами по субстрату

Травяно-кустарничковый ярус представлен следующими видами: одуванчик полевой, крапива двудомная, подорожник. Общее покрытие травянистой растительности около 70%.

№	Название растений	Обилие	Высота, см
1	Одуванчик полевой	60%	15-20
2	Крапива двудомная	10%	30-40
3	подорожник	30%	9-12

Характер распределения: неравномерный

Подрост представлен осинкой обыкновенной и рябиной.

№	Название растений	Обилие	Высота, м	Распределение
1	Осина обыкновенная	60%	1-2	Равномерное
2	Рябина	40%	1-1,5	Равномерное

Древостой представлен осинкой обыкновенной.

№	Название древесных пород	Ярус	Господствующий возраст	h ср., м	d ср., см	Характер роста, сухостой
1	Осина обыкновенная	1	приблизительно 25-30 лет	16-20	27-32	Здоровые
2	Рябина	1	приблизительно 10-15 лет	8-10	16-20	Молодые, на вид здоровые

Сомкнутость древесного полога 0,6

В результате проведенных исследований в МО Горелово на обследованных площадках было обнаружено 10 видов эпифитных лишайников:

Ксантория настенная *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr

Гипогимния вздутая *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl

Пармелия бороздчатая *Parmelia sulcata* Taylor

Фисция айполия *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr

Фисция восходящая *Physcia ascendens* (Fr.) H. Olivier

Меланохалея шероховатистая *Parmelia exasperatula* (Nyl.) Essl

Леканора Хагена *Lecanora hageni* (Ach.) Ach.

Феофисция округлая *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg

Фискония серая *Physconia grisea* (Lam.) Poelt

Феофисция черноватая *Phaeophyscia nigricans* (Florke) Moberg

Самым распространённым видом, а значит, и самым устойчивым к антропогенному загрязнению оказалась Ксантория настенная, она была обнаружена почти на каждой пробной площадке, а на пробной площадке №1 в некоторых местах стволов деревьев покрытие ее достигало 90%. Кроме

ксантории настенной, на пробной площадке были обнаружены фисция аиполия и фискония серая, но в гораздо меньшем количестве. За пределами пробной площади на деревьях и субстратах другого типа (бетонные ограждения, заборы и камни) были встречены ксантория настенная, леканора Хагена и феофисция округлая, но по мере приближения к Красносельскому шоссе количество и разнообразие лишайников резко сократилось. На пробной площадке №3 был обнаружен вид эпифитного лишайника Леканора Хагена, в единичном экземпляре. В целом лишенофлора округа бедна, что объясняется его антропогенной нагрузкой, т.к. через весь округ проходит скоростное Красносельское шоссе, а в точке соединения двух частей округа проходит КАД, к тому же на удалении около 7 км находится международный аэропорт Пулково. Такая антропогенная нагрузка не может не сказаться на окружающей среде.

#### 4.2 Определение индексов полетолертности

Биоиндикация опирается на закон экологической индивидуальности. Разные виды эпифитных лишайников реагируют по-разному на загрязнение атмосферного воздуха. Каждый вид имеет индивидуальные экологические характеристики, а именно оптимальные, пессимальные и летальные. Основываясь на этом заключении, в 60-х годах были составлены общие представления о классификации эпифитных лишайников по их выносливости к загрязнениям среды (полетолертность). При оценке уровня загрязнения той или иной территории методами лишеноиндикации используется два подхода: качественный и количественный. В первом случае "степень загрязненности" территории определяется на основе тщательного изучения видового состава лишайников. Используя данные о наличии разных видов эпифитных лишайников на изучаемой территории, можно определить, к какой условной категории относится изучаемая территория. Во втором случае для оценки степени загрязненности территории используются специальные лишеноиндикационные индексы, учитывающие как отношение встреченных

видов лишайников к тому или иному классу полеотолерантности, так и данные количественных измерений их численности.

Использование классов полеотолерантности лишайников. В результате многолетних полевых и лабораторных исследований была составлена работа по объединению различных видов эпифитных лишайников в классы полеотолерантности, т.е. в группы, члены которых более или менее одинаково реагируют на определенные загрязняющие вещества и их концентрации в атмосферном воздухе. Наиболее пригодной для большей территории России является классификация Х.Х.Трасса (1985), составленная им на примере лишайниковых сообществ фитоценозов Прибалтики, Кавказа и Дальнего Востока. Сравнение видового состава найденных в той или иной местности лишайников с данными этой таблицы поможет определить уровень общей поврежденности территории от антропогенного воздействия.

Таблица 4.1. – Принадлежность лишайников к классам полеотолерантности

Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды лишайников	Классы полеотолерантности
Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния	<i>Lecanactis 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 leptyrododes</i> , <i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>Opegrapha diaphora</i> , <i>Parmelia subaurifera</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Pertusaria coccodes</i> , <i>Pseudevernia furfuraceae</i> , <i>Usnea filipendula</i>	IV
Естественные, антропо-генно слабо- и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>L.rugosa</i> , <i>L.subfuscata</i> , <i>L.subrugosa</i> , <i>Lecidea glomerulosa</i> , <i>Parmelia exasperata</i> , <i>P.olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i> , <i>Ramalina farinacea</i>	V
Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно (часто) измененные местообитания	<i>Arthonia radiata</i> , <i>Caloplaca aurantiaca</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>L.carpinea</i> , <i>L.chlarona</i> , <i>L.pallida</i> , <i>L.symmictera</i> , <i>Parmelia acetabulum</i> , <i>P.subargentifera</i> , <i>P.exasperatula</i> , <i>Pertusaria discoidea</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Ramalina fraxinea</i> , <i>Rinodina exigua</i> , <i>Usnea hirta</i>	VI
Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные местообитания	<i>Caloplaca vitellina</i> , <i>Candelariella vitellina</i> , <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>	VII
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 антропо-генно измененные местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L.hageni</i> , <i>Lepraria incana</i> , <i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	X



Была построена сводная таблица по результатам определения принадлежности каждого лишайника к своей пробной площадке, класса полеотолерантности и проективного покрытия для каждого вида эпифитного лишайника.

Таблица 4.2. – Сводная таблица

№ пл.	Виды лишайников	% покрытия вида	Класс полеотолерантности
1	Ксантория настенная ( <i>Xanthoria parietina</i> )	7,2	IX
	Фисция аиполия ( <i>Physcia aipolia</i> )	1,14	V
	Фискония серая ( <i>Physconia grisea</i> )	1,3	VIII
2	Ксантория настенная ( <i>Xanthoriaparietina</i> )	1	IX
	Феофисция округлая ( <i>Phaeophyscia orbicularis</i> )	0,25	IX
3	Ксантория настенная ( <i>Xanthoria parietina</i> )	1,1	IX
	Гипогимния вздутая ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	2,09	VI
	Пармелия бороздчатая ( <i>Parmelia sulcata</i> )	1,1	VII
	Леканора Хагена ( <i>Lecanora hageni</i> )	0,3	X
	Феофисция черноватая ( <i>Phaeophyscia nigricans</i> )	0,81	VII
4	Ксантория настенная ( <i>Xanthoria parietina</i> )	5,5	IX
	Фисция аиполия ( <i>Physcia aipolia</i> )	0,77	V
	Феофисция округлая ( <i>Phaeophyscia orbicularis</i> )	1,23	IX
5	Пармелия бороздчатая ( <i>Parmelia sulcata</i> )	1,67	VII
	Фисция восходящая ( <i>Physcia ascendens</i> )	0,6	VII
	Меланохалея шероховатистая ( <i>Parmelia exasperatula</i> )	1,2	VI
	Феофисция черноватая ( <i>Phaeophyscia nigricans</i> )	0,3	VII
6	Ксантория настенная ( <i>Xanthoria parietina</i> )	4,1	IX
	Гипогимния вздутая ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	2,23	VI
	Фисция аиполия ( <i>Physcia aipolia</i> )	0,77	V
	Меланохалея шероховатистая ( <i>Parmelia exasperatula</i> )	1,18	VI

Лишайники предпочитают не только чистые или мало загрязнённые территории, но и хорошо освещенные. Крупные скопления лишайников, встреченные в городской зоне, были на высоте от 2,5 до 4 м в хорошо освещенном и продуваемом месте.

При рассмотрении распределения лишайников в целом отмечено увеличение числа видов по направлению «Красносельское шоссе—окраина» связанное с перечисленными выше факторами. В то же время наблюдаются

отдельные «островки биоразнообразия», даже в непосредственной близости от шоссе.

Далее была построена карта распределения эпифитных лишайников по индексам полеотолерантности, которая представлена в Приложении.

#### 4.3. Сравнение полученных результатов

С развитием транспортной системы крупных городов, включающей собственно городской и внешний транспорт, возникают серьезные экологические проблемы. Например, вклад автотранспорта в суммарный выброс загрязняющих атмосферу веществ составлял в С.-Петербурге еще в 1992 г. 56 % (Экологический..., 1992), а численность личного автотранспорта за последнее время значительно возросла.

Поэтому данная тема не нова, и многие ученые и специалисты уже задавались данным вопросом.

Так, например, в 2004 году Н.В Малышева провела исследование транспортных магистралей Санкт-Петербурга, а поскольку главным потенциальным загрязнителем в МО Горелово является Красносельское шоссе предмет и метод исследования у нас похож. Ею было выявлено 36 видов лишайников, но поскольку площадь исследования Н.В Малышевой была несколько больше, чем у меня, то сравнить количественно виды лишайников не представляется возможным, зато можно выявить общие виды эпифитных лишайников, которые были получены в 2004 году и в 2022 и сравнить их.

Общими оказались такие лишайники как:

Ксантория настенная (*Xanthoria parietina*) (L.) Th. Fr

Гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*) (L.) Nyl

Пармелия бороздчатая (*Parmeliasulcata*) Taylor

Фисция восходящая (*Physcia adscendens*) (Fr.) H. Olivier

Меланохалея шероховатистая (*Parmelia exasperatula*) (Nyl.) Essl

Леканора Хагена (*Lecanora hageni*) (Ach.) Ach.

## Феофисция округлая (*Phaeophyscia orbicularis*) (Neck.) Moberg

Н.В.Малышевой было установлено, что 22 вида лишайника постоянно встречаются в данных условиях, т.к. они наиболее устойчивы к антропогенному воздействию, в эти 22 вида входят вышеуказанные эпифитные лишайники. Видовое разнообразие классифицировано как скудное и однообразное в силу все той же антропогенной нагрузки. Также было выяснено что, видовое разнообразие лишайников на прямую связано со степенью озеленения территории, сравнивая полученный результат со своей территорией я бы дополнил, что на видовое разнообразие серьезный вклад вносит освещённость субстрата.

### 4.4. Определение концентраций загрязняющих веществ

Использование лишайноиндикационных индексов более точно и, главное, количественно, помогут определить уровень нарушенности местообитания они, учитывают, в основном, видовое разнообразие, т.е. видовое богатство и численность разных видов лишайников.

Индекс полеотолерантности (ИП) вычисляется по формуле:

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

где  $n$  - количество видов на описанной пробной площадке,  $A_i$  - класс полеотолерантности,  $C_i$  - проективное покрытие  $i$ - того вида в баллах,  $C_n$  - сумма значений покрытия всех видов в баллах.

Ниже представленная шкала перевода покрытия в баллы.

Таблица 4.3. – Шкала покрытия

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

Высчитав индекс полеотолерантности для каждой площадки, определим их степень загрязненности.

Таблица 4.4. – Концентрация SO<sub>2</sub> относительно индекса полеотолерантности

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
	0,10 - 0,30	Критического загрязнения
	более 0,3	Лишайниковая пустыня

Согласно таблице, получаем степень загрязненности каждой площадки.

Таблица 4.5 – Степень загрязненности пробных площадок

	площадка 1	площадка 2	площадка 3	площадка 4	площадка 5	площадка 6	Класс полеотолерантности
Лишайники							
Ксантория настенная ( <i>Xanthoria parietina</i> )	+	+	+	+		+	IX
Гипогимния вздутая ( <i>Hypogymnia physodes</i> )			+			+	VI
Пармелия бороздчатая ( <i>Parmelia sulcata</i> )			+		+		VII
Фисция айполия ( <i>Physcia airolia</i> )	+			+		+	V
Фисция восходящая ( <i>Physcia ascendens</i> )					+		VII
Меланохалея шероховатистая ( <i>Parmelia exasperatula</i> )					+	+	VI

Леканора Хагена ( <i>Lecanora hageni</i> )			+				X
Феофисция округлая ( <i>Phaeophyscia orbicularis</i> )		+		+			IX
Фискония серая ( <i>Physconia grisea</i> )	+						VIII
Феофисция черноватая ( <i>Phaeophyscia nigricans</i> )			+		+		VII
Проективное покрытие, %	9,64	1,25	5,4	7,5	3,77	8,28	
Средний индекс	7,8	9	7	8,2	6,6	6,9	
Степень загрязнения	Сильное	Сильное	Среднее	Сильное	Среднее	Среднее	

Для пробной площадки №1 характерна сильная загрязненность, концентрация  $SO_2$  0,08-0,10 мг/м<sup>3</sup>. Это обусловлено сильной антропогенной нагрузкой выбранной территории т.к. с севера, запада и востока окружена транспортными магистралями (Волхонское шоссе, Красносельское шоссе). А с юга жилой застройкой.

Для пробной площадки №2 характерна сильная загрязненность, концентрация  $SO_2$  0,08-0,10 мг/м<sup>3</sup>. Это объясняется ее положением, т.к. она находится в 20 метрах от Красносельского шоссе, одной из основных транспортных артерий, соединяющих Красное село и Санкт-Петербург.

Для пробной площадки №3 характерна средняя загрязненность, концентрация  $SO_2$  0,03-0,08 мг/м<sup>3</sup>. Данная площадка имеет более низкую степень загрязненности т.к. на нее оказывает антропогенное давление лишь железнодорожный путь, на котором интенсивность движения в разы ниже.

Пробной площадки №4 характерна сильная загрязненность, концентрация  $SO_2$  0,08-0,10 мг/м<sup>3</sup>. Это объясняется ее положение т.к. она находится в непосредственной близости от Красносельского шоссе, одной из основных транспортных артерий, соединяющих Красное село и Санкт-Петербург.

Пробной площадки №5 характерна средняя загрязненность, концентрация  $SO_2$  0,03-0,08 мг/м<sup>3</sup>. Хотя площадка и находится недалеко от Красносельского шоссе, она со всех сторон окружена жилой застройкой, что немного снижает атмосферное загрязнение и улучшает микроклимат.

Пробной площадки №6 характерна средняя загрязненность, концентрация  $SO_2$  0,03-0,08 мг/м<sup>3</sup>. Площадка самая удаленная от Красносельского шоссе, но вблизи находится единственная автотранспортная дорога и густо заселенный частный сектор, таким образом, в этом районе происходит постоянный выброс автомобильных газов, и уровень загрязнения остается высоким.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы выполнены поставленная цель и задачи.

1) Установить видовой состав эпифитных лишайников на территории МО Горелово.

На территории МО Горелово было заложено 6 пробных площадок. На каждой площадке было выбрано 10 деревьев одного вида и примерно одного возраста. Использовался метод линейных пересечений. Отбор пробы лишайников производился на стволах деревьев на высоте 1.3м от поверхности субстрата. В результате проведенных исследований было выявлено 10 видов эпифитных лишайников: Ксантория настенная, Гипогимния вздутая, Пармелия бороздчатая, Фисция аиполия, Фисция восходящая, Меланохалея шероховатистая, Леканора Хагена, Феофисция округлая, Фискония серая, Феофисция черноватая.

2) Проанализировать полученные данные и присвоить выбранным площадкам индекс полеотолерантности.

В результате полученных данных было определено 10 видов эпифитных лишайников, которые имеют свой класс полеотолерантности: Ксантория настенная (IX), Гипогимния вздутая (VI), Пармелия бороздчатая (VII), Фисция аиполия(V), Фисция восходящая (VII), Меланохалея шероховатистая (VI), Леканора Хагена (X), Феофисция округлая (IX), Фискония серая (VIII), Феофисция черноватая (VII). Таким образом, зная их проективное покрытие и класс полетолерантности можно высчитать индекс полетолерантности каждой площадки. Пробная площадка №1 (IX), Пробная площадка №2 (IX), Пробная площадка №3 (VII), Пробная площадка №4 (IX), Пробная площадка №5 (VII), Пробная площадка №6 (VI).

3) Согласно индексам полеотолерантности установить степень загрязнения атмосферного воздуха в установленных пробных площадках на территории МО Горелово.

Определив индексы полеотолерантности каждой площадки по таблице мы находим уровень загрязненности атмосферы выбросами  $\text{SO}_2$ . Для каждой площадки вышли следующие значения:

Пробной площадки №1 характерна сильная загрязненность, концентрация  $\text{SO}_2$  0,08-0,10 мг/м<sup>3</sup>.

Пробной площадки №2 характерна сильная загрязненность, концентрация  $\text{SO}_2$  0,08-0,10 мг/м<sup>3</sup>.

Пробной площадки №3 характерна средняя загрязненность, концентрация  $\text{SO}_2$  0,03-0,08 мг/м<sup>3</sup>.

Пробной площадки №4 характерна сильная загрязненность, концентрация  $\text{SO}_2$  0,08-0,10 мг/м<sup>3</sup>.

Пробной площадки №5 характерна средняя загрязненность, концентрация  $\text{SO}_2$  0,03-0,08 мг/м<sup>3</sup>.

Пробной площадки №6 характерна средняя загрязненность, концентрация  $\text{SO}_2$  0,03-0,08 мг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, в условиях сильной антропогенной нагрузки в МО Горелово происходит изменение среды, которое приводит к обеднению видового разнообразия лишайников. Кроме уменьшения видов происходит и уменьшение общего покрытия субстрата лишайником. Что сигнализирует нам о серьезных проблемах в экологии нашего округа. По полученным данным можно сделать вывод о том, что территория МО Горелово находится в переходном состоянии от средне загрязнённой к сильно загрязнённой, тенденция плачевная и требует внимания как со стороны администрации, так и со стороны общественности.

Рекомендуется провести ряд действий, направленных на уменьшение выбросов и защиту наиболее подверженных загрязнению областей, а именно придорожной территории. Расширение и увеличение зеленых насаждений вдоль трассы. Оптимизация движения, строительство альтернативных автомагистралей и т.д. Наибольший выброс газов у автомобилей происходит во время остановок перед светофорами и трогании с места. Таким образом нужно устранить лишние места остановок, путем строительства подземных или



наземных переходов, это решит проблему загруженности Красносельского шоссе в районе ул. Красносельское шоссе д56. Что касается озеленения, согласно требованиям защиты придорожных территорий от шумо-газо-пылевого загрязнения высадить полосу шириной не менее 10 метров в 5 рядов по отношению от дороги, где 1 ряд кустарник, 2 ряд сопутствующая древесная порода, 3 ряд главная древесная порода, 4 ряд сопутствующая древесная порода и 5 ряд кустарник. Так же для улучшения защиты от загрязнения атмосферы автомобильными выбросами рекомендуется установить защитные экраны вблизи дороги вдоль всей жилой застройки, а особенно вдоль частного сектора. Начиная от Гореловского путепровода и заканчивая до пересечения с ул. Полёвая. Применив хотя бы часть вышеперечисленных мероприятий по защите можно сократить воздействие выбросов отработавших газов на 50-70%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Административно-территориальное деление. Муниципальное образование Горелово [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – 2022. – URL: <http://mogorelovo.ru/>
2. Голубкова Н.С., Малышева Н.В. Влияние роста города на лишайники и лишеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Ботан. журн. — 1978. — Т. 63. — № 8. — С. 1145–1152.
3. Родникова И.М., Скирина И.Ф., Скирин Ф.В. Эпифитные лишайники Приханкайской равнины как показатель состояния приземного воздуха (Приморский край) // Антропогенная динамика природной среды: Материалы Междунар. науч.практ. конф. — Пермь, 2006. — С. 281–285.
4. Загрязнители атмосферного воздуха [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. – 2022. – URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki>
5. Гагарина Л.В., Шкраба Е.М. Биоразнообразие и экология лишайников урбанизированных территорий // Фундамент и приклад. исследования в биологии и экологии: Материалы Регион. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Пермь, 2007. — С. 192–194.
6. Влияния загрязнения атмосферы на здоровье человека и окружающую среду [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. – 2022. – URL: <https://bezotxodov.ru/atmrsfera/zagrjaznenie-atmosfery>
7. Крючкова О.Е., Отнюкова Т.Н. Экология индикаторных видов эпифитных лишайников в г.Красноярске // Вестн. Краснояр. гос. ун-та. Сер. Естеств. науки. — Красноярск, 2004. — № 7. — С. 124–130.
8. Методы обработки полевых измерений [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. – 2022. – URL: <https://lektsia.com/2xcde.html>
9. Типы лишайников и их морфологические особенности [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. – 2022. – URL: <https://biouroki.ru/material/plants/lishainiki.html>

10. Доклад «Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2019 году». Комитет по природным ресурсам Ленинградской области [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – 2021. – с 174. – URL: <https://nature.lenobl.ru/ru/>.
11. Васильева Н.П. Учет эпифитных лишайников при оценке состояния лесов в условиях локального аэротехногенного загрязнения // Биологические рекультивации и мониторинг нарушенных земель: Материалы Междунар. науч. конф. — Екатеринбург, 2007. — С. 64–72.
12. Общая характеристика лишайников [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. – 2022. – URL: <https://foxford.ru/wiki/biologiya/lishayniki>
13. Загрязнения атмосферы основные источники и последствия [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. – 2022. – URL: <https://medru.su/ekologiya/zagryaznenie-atmosfery.html>
14. Боголюбов А.С. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации: метод. пособие / А.С. Боголюбов, М.В. Кравченко. – М.: Экосистема, 2001. – 15 с
15. Будрейко Е. Н. Экология городов. Загрязнение почв, воды и воздуха. [Электронный ресурс] // Образовательный портал. – 2009. – URL: <https://www.portal-slovo.ru/impressionism/41496.php>.
16. Малышева Н.В. Лишайники Санкт-Петербурга. Изменения лишенофлоры за 270 лет // Ботан. журн. — 1996. — Т. 81. — № 7. — С. 55–72.
17. Малышева Н.В. Лишайники транспортных магистралей Санкт-Петербурга. // Ботан. журн. — 2004. — Т. 89. — № 9. — С. 1453–1455.
18. Малышева Н.В. Лишайники Санкт-Петербурга. Современная лишенофлора и ее анализ. // Ботан. журн. — 1996. — Т. 81. — № 6. — С. 23–30.

- 19.И. С. Степанчикова, Д. Е. Гимельбрант, Л. А. Конорева. Лишайники Северо-приморского парка Санкт-Петербурга. // Вестник Санкт-Петербургского университета. — 2008. — Сер. 3. — Вып. 3. — С. 56–67.
- 20.Мальшева Н.В. Лихенофлора города Павловска. // Ботан. журн. — 2013. — Т. 98. — № 12. — С. 1505–1514.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Приложение А

Приложение А

**Карта распределения эпифитных  
лишайников по полеотолерантности**

