

**Определение класса чистоты воздуха  
различными методами лишеноиндикации  
в заказнике «Гряда Вярмянселькя»  
Приозерского района Ленинградской области**

**Автор:**

Субачев Ян

Ученики 7-го класса

ГОУ СОШ №167

**Руководитель:**

Кийченко Людмила Геннадьевна

Санкт-Петербург  
2018г.

## **Оглавление**

1. Введение.....	3
2. Характеристика района исследования .....	5
3. Объекты и методы.....	7
4. Обзор литературы.....	9
5. Результаты и обсуждение.....	12
6. Выводы.....	23
7. Список литературы .....	24
8. Приложения .....	25

## Введение

Природный комплексный заказник «Гряда Вярмянселькя» является важной охраняемой природной территорией, находящейся в Приозерском районе Ленинградской области. Государственный природный комплексный заказник «Гряда Вярмянселькя» образован в 1996 году. Важнейшими целями создания заказника являются:

- сохранения природных экосистем центральной части Карельского перешейка и поддержание их естественного биологического разнообразия;
- сохранение всего разнообразия типов сосновых лесов в центральной части Карельского перешейка и поддержание их естественной динамики;
- сохранение видов животных, растений и грибов, занесённых в Красные книги Российской Федерации и Ленинградской области, и их местообитаний.

(<https://ooptlo.ru/gryada-vyaryamyanselkya.html>)

Леса Карельского перешейка, находящиеся в непосредственной близости от Санкт-Петербурга, испытывают сильную антропогенную нагрузку (Трифорова и др. 2014). С каждым годом на территории, граничащей с заказником, увеличивается число дачных поселков, коттеджей, строятся дороги и, следовательно, увеличивается поток автомобилей, проходящих рядом с заказником. По данным некоторых исследователей основным источником загрязнения атмосферы в Санкт-Петербурге и Ленинградской области является автотранспорт. Его доля в увеличении поллютантов в атмосфере составляет 86% от общего объема. Предельно допустимые концентрации таких веществ, как оксид азота, оксид углерода и бензола, диоксид азота, превышены в несколько раз. (<http://ecology-of.ru/ekologiya-regionov/sankt-peterburg>).

Биологический мониторинг включает в себя наблюдение, оценку и прогноз изменений состояния экосистем и их элементов, вызываемых антропогенным воздействием. Проведение наблюдений за реакцией биологических объектов на воздействие поллютантов на территории заказника очень актуальны. В качестве биоиндикаторных организмов нами были выбраны лишайники. Эпифитные лишайники чутко реагируют на микроклиматические условия и состав воздуха. Некоторые виды лишайников очень чувствительны к загрязнению воздуха. В заказнике «Гряда Вярмянселькя» Приозерского района Ленинградской области эпифитные лишайники отличаются большим разнообразием. Во время школьной исследовательской экспедиции в августе 2016 г. было проведено исследование лишайников заказника.

**Цель работы** заключалась в определении класса чистоты воздуха различными методами лишеноиндикации и выявлении степени влияния антропогенной нагрузки на распространение эпифитных лишайников.

Работа включала в себя следующие **задачи**:

- 1) Оценить видовое разнообразие лишайников соснового леса двух пробных площадок с различной степенью антропогенной нагрузки в пределах заказника «Гряда Вярмянселькя» Приозерского района Ленинградской области;
- 2) определить класс чистоты воздуха по индексу полеотолерантности; по экологическим группам лишайников; по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов;
- 3) сравнить результаты, полученные различными методами лишеноиндикации, для двух пробных площадок с различной степенью антропогенной нагрузки.

## 2. Характеристика района исследования

Исследования проводились в зеленомошно-лишайниковом бору заказника «Гряды Вярмянселькя». Природный комплексный заказник «Гряды Вярмянселькя» является охраняемой природной территорией, находящейся в Приозерском районе Ленинградской области, в 4-х км к северу от селения Мичуринское и в одном км от села Ягодное.

Общая площадь природного заказника составляет 7613,6 гектаров. Заказник протягивается вдоль южной территории Привуоксинской низины по направлению с запада на восток. Длина всей гряды составляет более 50-ти км, а ее ширина составляет примерно 2,5 км. (<https://www.votpusk.ru/country/dostoprim>).

Гряды Вярмянселькя сформировались во время ледникового периода и представляет собой озово-камовый комплекс, составленный песчаным и гравийно-песчаным материалом, с огромными котловинами, глубина которых доходит до отметки в 35 метров при диаметре в 400-500 метров. (<https://www.votpusk.ru/country/dostoprim>).

Климатические условия района определяются его географическим положением. Он расположен в северо-западной части Ленинградской области, в полосе умеренных широт (в пределах 61°с.ш.), где отчетливо проявляется влияние Атлантического океана. Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, на протяжении года сильно меняется, что объясняется изменениями полуденной высоты Солнца над горизонтом и продолжительностью дня.

Для района характерна неустойчивая изменчивая погода, вызываемая частой сменой воздушных масс и прохождением циклонов. Циклоны смягчают климат, особенно зимой – наступает пасмурная, но теплая погода, оттепель со снегом, дождем и ветром. С антициклоном связана сухая, ясная, безветренная погода; зимой - сильно морозная, летом - теплая и даже жаркая.

Зимой и осенью преобладают юго-западные и южные ветры, летом – западные и северо-западные. Количество безморозных дней в году – 127. Продолжительность вегетационного периода 155-160 дней. Средняя дата схода снежного покрова - 13 апреля. Первый снег выпадает 10 ноября, число дней со снежным покровом 131-140, средняя высота снежного покрова – 33см. Годовое количество осадков – 600-650 мм (<https://sites.google.com/site/efimovageo/metod-razrabotki/publikacii>).

На территории заказника сохраняются типичные природные комплексы Карельского перешейка, обширные леса, в первую очередь сосновые. Самая большая зона занята зеленомошными и зеленомошно-лишайниковыми борами. Редко встречаются сфагновые и долгомошные сосняки. Особенно разнообразными по составу, но небольшими по площади являются березняки и ельники. На северо-западе природного заказника находится пара участков непривычного для северо-западной зоны зеленомошно-лишайниково-марьянникового березняка; с южной стороны от озерного берега есть

протяженный участок липового и березового леса, в котором высота некоторых лип достигает 20-22 метров.

В зоне расположения заказника растут редчайшие для данной территории виды растений, к которым относятся: грязноватый остролодочник, приполярный астрагал, болотный телиптерис, средняя пузырчатка, озерный полушник, лобелия Дортмана, зонтичная зимолубка, а также несколько видов прострелов, таких как раскрытый, луговой и весенний.

Животный мир комплексного заказника типичен для средней зоны Карельского перешейка. Здесь проживает огромное разнообразие лесных птиц. Можно встретить места гнездования дневных хищников, таких как чеглок, осоед, ястреб-тетеревятник, а также некоторое количество видов сов (сыч мохноногий, ушастая сова, длиннохвостая и бородатая неясыти). Довольно обычным для данной местности являются черные и пестрые дятлы, черный стриж, козодой, синица хохлатая. Среди молодых сосняков можно встретить гнезда юлы. В каньонах Волчьей реки и по прибрежным областям встречаются черноголовка и садовая славка, певчий и черный дрозд, белобровик и рябинник.

К особо охраняемым объектам природного заказника относятся водно-ледниковые формы рельефа, леса, речная и озерная сеть, редкие виды животных и растений: пучковатый качим, озерный полушник, юла, прострел луговой и многие другие представители флоры и фауны (<https://www.votpusk.ru/country/dostoprim>).

### 3. Объекты и методы

Объектом исследования в данной работе являются эпифитные лишайники. Оценка загрязнения воздуха методом лишайноиндикации проводилась по методике учебного экологического центра «Экосистема» (Боголюбов А.С., Кравченко М.В., 2001г.).

На исследуемой территории были выбраны две пробные площадки с разной степенью антропогенной нагрузки. На пробных площадках по створам обследовалось каждое третье дерево сосны. Всего на каждой площадке было обследовано по 25 деревьев. На исследуемых деревьях отмечался видовой состав лишайников на высоте 1.3м.

На каждой пробной площадке вычислялись средние значения следующих величин:

- диаметр ствола сосны на высоте 1.3м (D 1.3);
- высота исследуемой сосны (H(д));
- высота прикрепления кроны (H(кр));
- возраст исследуемого дерева.

Для определения проективного покрытия (в %) использовалась рамочка 10 x 10 см с прочерченной сеткой. На каждом исследуемом дереве определялось проективное покрытие для каждого вида и общее проективное покрытие. Для учета лишайников рамка прикладывалась к стволу исследуемого дерева по створу в одном направлении.

Частота встречаемости (R) по видам лишайников на каждой пробной площадке рассчитывалась по следующей формуле:

$$R = N \cdot 100\% / n,$$

где N – число деревьев с данным видом лишайника,

n – общее число обследуемых деревьев.

Кроме того, вычислялось среднее проективное покрытие каждого вида лишайника в процентах, значения проективного покрытия лишайников переводились в баллы (табл.1) и по таблице (приложение 4) определялся класс полеотолерантности каждого вида лишайника. Индекс полеотолерантности по формуле:

$$IP = \Sigma [ (Ai \cdot Ci) / Cn ]$$

- n – количество видов на описанной пробной площадке;
- Ai – класс полеотолерантности каждого вида;
- Ci – проективное покрытие каждого отдельного вида в баллах;
- Cn – сумма значений покрытия всех видов в баллах.

**Таблица 1.** Оценка проективного покрытия в баллах.

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

По величине найденного индекса полеотолерантности определялось значение годовой концентрации атмосферного загрязнителя (SO<sub>2</sub>) и «зона благополучия» (табл.2).

**Таблица 2.** Индексы полеотолерантности и годовые концентрации SO<sub>2</sub>

Индекс полеотолерантности	Концентрация SO <sub>2</sub> мг/м <sup>3</sup>	Зона
1-2	--	нормальная
2-5	0,01 – 0,03	смешанная
5-7	0,03 – 0,08	смешанная
7-10	0,08 – 0,10	зона борьбы
10	0,10 – 0,30	зона борьбы
0	более 0,3	лишайниковая пустыня

Для получения дополнительных данных о качестве окружающей среды, была проведена оценка уровня загрязненности простейшим тестом на чистоту воздуха по экологическим группам лишайников (табл.3), а так же качественная оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха газообразными и твердыми поллютантами по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов (приложение 5).

**Таблица 3.** Простейшая шкала для определения степени загрязнения воздуха по экологическим группам лишайников.

Степень загрязнения		Степень загрязнения
I	слабое загрязнение	исчезают кустистые лишайники
II	среднее загрязнение	Исчезают листоватые и кустистые лишайники
III	сильное загрязнение	Исчезают кустистые, листоватые и накипные лишайники – “Лишайниковая пустыня”

## 4. Обзор литературы

### 4.1. Лишайники – симбиотические организмы

Лишайники – своеобразная группа организмов, тело которых состоит из гриба (микобионта) и водоросли (фитобионта). Ученые узнали об этом, когда в 1867 году русские ботаники Андрей Фаминцын и Осип Баранецкий проделали следующий эксперимент- положили лишайник в банку с водой. Вскоре грибные нити сгнили, а зеленые одноклеточные водоросли продолжили жить и размножаться. В том же 1867 году немецкий ботаник Симон Швенденер повторил этот опыт и сделал вывод о том, что лишайник представляет собой симбиоз гриба и водоросли. Швенденер сравнивал гриб с хозяином, а водоросль – с захваченным им рабом. Он считал, что гриб оплетает водоросли своими нитями и высасывает из них питательные вещества. Но полностью уничтожить своих «пленниц» грибу не выгодно. Гриб защищает водоросли от высыхания, поставляет им воду и минеральные соли (<http://www.knowbiology.ru/rastenia/lishayniki>).

До 1873 года ученые считали, что отношения грибов и водорослей в теле лишайника можно определить как мутуалистический симбиоз. Сторонники этой теории полагали, что в слоевище лишайника гриб и водоросль находятся во взаимовыгодном симбиозе: водоросль «снабжает» гриб органическими веществами, а гриб «защищает» водоросль от чрезмерного нагревания и освещения и «обеспечивает» ее водой и неорганическими солями. Однако, известный французский исследователь Е. Борне, изучая строение слоевища лишайников, обнаружил внутри водорослевых клеток грибные отростки – гаустории, всасывающие органы гриба. Это позволяло думать, что гриб использует содержимое клеток водорослей, то есть ведет себя как паразит. В 60-х годах крупнейший лишенолог А. Н. Окснер пришел к выводу, что водоросль в теле лишайника, изолированная от внешней среды грибной тканью, должна забирать у микобионта все необходимые для своего существования вещества – воду, минеральные вещества, азотистые соединения. Водоросль в слоевище лишайника проявляет себя как паразит. Таким образом, ученые считают, что водорослевый и грибной компоненты лишайника находятся в очень сложных взаимоотношениях. Эти взаимоотношения можно назвать симбиотическими с элементами паразитизма (Федоров А. А., 1977).

В состав слоевища лишайников могут входить представители трех классов грибов:

- аскомицетов;
- базидиомицетов;
- фикомицетов.

Если посмотреть в микроскоп на срез слоевища лишайников, то можно увидеть, что оно состоит из переплетенных грибных гиф. Водоросль либо равномерно распределены среди грибных гиф, либо расположены

отдельными слоями у поверхности слоевища. Из водорослей в составе лишайников встречаются представители различных отделов:

- сине-зеленые;
- зеленые;
- желто-зеленые;
- бурые.

Долгое время считали, что каждому виду лишайника соответствует определенный вид водоросли. Сейчас известно, что одни и те же водоросли могут встречаться в различных лишайниках, и наоборот, один вид лишайника может быть построен из различных водорослей.

Наиболее широко распространенным фикобионтом лишайников является водоросль требуксия (*Trebouxia*). Около половины всех известных видов лишайников имеют своим фикобионтом именно эту одноклеточную зеленую водоросль (Федоров А. А., 1977).

#### **4.2. Лишайники – индикаторы загрязнения воздуха**

Лишайники по-разному реагируют на загрязненность воздуха: некоторые из них не выносят даже малейшего загрязнения и погибают; другие, наоборот, живут только в городах и прочих населенных пунктах, хорошо приспособившись к соответствующим антропогенным условиям.

Изучение лишайников в крупнейших городах мира выявило ряд общих закономерностей: чем больше индустриализирован город, чем более загрязнен воздух, тем меньше встречается в его границах видов лишайников, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев, тем хуже состояние слоевища лишайников.

Установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха первыми исчезают

кустистые, затем листоватые и последними - накипные формы лишайников. Состав флоры лишайников в различных частях городов (в центре, в индустриальных районах, в парках, в периферийных частях) оказался настолько различным, что исследователи стали использовать лишайники в качестве индикаторов загрязнения воздуха (Федоров А. А., 1977).

Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью к загрязнению воздуха обладают эпифитные лишайники. Они очень чувствительны к токсичным газообразным продуктам, и погибают при высоком содержании в воздухе угарного газа, соединений серы, азота и фтора. Степень чувствительности у разных видов не одинакова, поэтому их можно использовать в качестве живых индикаторов чистоты окружающей среды. Такой метод был назван лишайноиндикацией. По составу лишайников с помощью разработанных шкал и формул определяют концентрацию в воздухе различных загрязняющих веществ (Пчелкин А.В., 1997).

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, виды с пониженной жизненностью) и "нормальную зону" (периферийные части города, где встречаются многие виды лишайников) (Боголюбов А.С 2001).

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 (Пчелкин А.В., 1997).

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 (Боголюбов А.С 2001).

Таким образом:

- лишайники являются интегральным индикатором состояния среды и косвенно отражают общую "благоприятность" комплекса абиотических факторов среды на биотические.
- большинство химических соединений, негативно влияющих на флору лишайников, входят в состав основных химических элементов и соединений, содержащихся в выбросах большинства промышленных производств, что позволяет использовать лишайники именно в качестве индикаторов антропогенной нагрузки.

Все это предопределило использование лишайников и лишайноиндикации в системе глобального мониторинга состояния окружающей среды.

## 5. Результаты и обсуждение

Изучение видового состава лишайников в заказнике «Гряда Вярмянселькя» проводилось во время школьной исследовательской экспедиции в августе 2016 года.

На исследуемой территории были выбраны 2 пробные площадки с разной степенью антропогенной нагрузки (Карта схема – приложение 2).

В результате исследования было обнаружено 16 видов эпифитных и эпигейных лишайников (табл.4).

**Таблица 4.** Список видов встречающихся лишайников на исследуемой территории заказника «Гряда Вярмянселькя»

### Эпифитные лишайники

1. Гипогимния вздутая *Hypogymnia physodes*



2. Платизматия сизая *Platismatia glauca*



3. Ксантория настенная *Xanthoria parietina*



4. Пармелиопсис сомнительный *Parmeliopsis ambigua*



5. Гипоценомице  
ступенчатая

*Hypocenomyce scalars*



6. Бриория буроватая

*Bryoria fuscescens*



7. Уснея почти  
цветущая

*Usnea subflordana*



8. Псевдоэверния  
зернистая

*Psevdevernia furfuracea*



### Эпигейные лишайники

9. Кладония роговидная *Cladonia cornuta*



10 Кладония темно-зеленая  
.

*Cladonia chlorophaea*



11 Пельтигера пупырчатая  
.

*Peltigera aphthosa*



12 Кладония стройная  
.

*Cladonia gracilis*



13 Кладония лесная  
.

*Cladonia sylvatica*



14 Кладония оленья  
.

*Cladonia rangiferina*



15 Кладония звездчатая *Cladonia stellaria*



16 Цетрария исландская *Cetraria islandica*



Пробная площадка № 1 расположена в сосновом бору на северо-восточном берегу озера Окуневого (Приложение 3 Рис.1). Исследуемый створ первой пробной площадки начинается в 30 м от большой вытоптанной стоянки и проходит параллельно грунтовой дороге (в 150 м от неё), соединяющей поселок Мичуринское с автомобильной трассой Дубки – Ягодное (Приложение 2). По этой грунтовой дороге, машины проезжают достаточно редко – не более 10 машин в день в летне-осенний период. Автомобильная трасса Дубки - Ягодное находится в 2.5 км в северно - западном направлении от пробной площадки № 1. Но данный участок из-за близости озера активно используется как рекреационная зона. На озеро Окуневое каждый день приезжают рыбаки и грибники, а также родители детей, отдыхающих в спортивных и оздоровительных лагерях. Большое количество туристов и спортсменов вызывают определенную антропогенную нагрузку.

Сосняк-брусничник в этом месте характеризуется средней степенью вытоптанности (дорожки и тропинки составляют 20 – 30 %). Средние значения величин, характеризующих спелый древостой, отмечены в таблице 5.

**Таблица 5.** Характеристика спелого древостоя пробной площадки №1.

Вид	Средние значения 25 исследованных деревьев			
	D 1.3	H(д)	H(кр)	возраст
Сосна обыкновенная ( <i>Pinus silvestris</i> )	25 см	19 м	16 м	46 лет

На стволах всех 25 исследуемых сосен на высоте 1.3м была зафиксирована гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*) (табл.6). Псевдоэверния зернистая (*Psevdevernia furfuracea*), уснея почти цветущая

(*Usnea subflordana*), бриория буроватая (*Bryoria fuscescens*) и ксантория настенная (*Xanthoria parietina*) зафиксированы единично.

**Таблица 6.** Частота встречаемости лишайников на пробной площадке №1 в заказнике «Гряда Вярмянселькя»

Вид лишайника	N	R, %
Гипогимния вздутая	25	100
Псевдоэверния зернистая	1	4
Уснея почти цветущая	1	4
Гипоценомице ступенчатая	4	16
Бриория буроватая	1	4
Ксантория настенная	1	4

Всего на пробной площадке №1 обнаружено 6 видов эпифитных лишайников. На пробной площадке №1 площадь проективного покрытия на высоте 1.3м составила 33% (табл.7). Гипогимния вздутая на высоте 1.3 занимает 31% площади.

**Таблица 7.** Площадь проективного покрытия лишайников на пробных площадках в заказнике «Гряда Вярмянселькя»

Обнаруженные эпифитные лишайники	Среднее проективное покрытие, %	
	пробная площадка №1	пробная площадка №2
<b>Общее</b>	<b>33</b>	<b>90</b>
Гипогимния вздутая	31	47
Псевдоэверния зернистая	0,4	28
Пармелиопсис сомнительный	-	2
Гипоценомице ступенчатая	2	-
Бриория буроватая	0,2	-
Ксантория настенная	0,04	-
Платизматия сизая	-	7
Уснея почти цветущая	0,2	6

Пробная площадка №2 расположена между озерами Светлым и Заросшим в 1.8 км в северо-западном направлении от пробной площадки №1. Эта площадка находится на возвышении, мало посещается людьми, следов деятельности человека (тропинок, мусора) не наблюдается. Автомобильная

трасса Дубки – Ягодное находится в 2.2 км в северном направлении от пробной площадки №2. По этой трассе в среднем в 1 час проходит 30 машин в дневное время.

Пробная площадка № 2 расположена в сосняке – черничнике (Приложение 3, Рис.3). При описании фитоценозов было выявлено отличие в травянисто-кустарничковом ярусе исследуемых пробных площадок. Травяно-кустарничковый ярус пробной площадки № 1 в основном образован толокнянкой и брусникой. В травяно-кустарничковом ярусе пробной площадки № 2 преобладает черника, а кроме того, были отмечены овсяница, полевица, марьянник луговой, плаун сплюснутый, луговик, тимьян обыкновенный и купена. Почвенные прикопки, сделанные во время описания фитоценозов (Приложение 3, Рис. 2; Рис.4) показали существенное отличие в строении почвы исследуемых фитоценозов. На пробной площадке № 1 была описана подзолистая песчаная почва со слабо развитым гумусовым горизонтом (мощность 2-3 см). Для пробной площадки № 2 характерна подзолистая суглинистая почва с явно выраженным гумусовым горизонтом, (мощность 5-7 см). Средние значения величин, характеризующих спелый древостой, отмечены в табл.8.

**Таблица 8.** Характеристика спелого древостоя пробной площадки №2.

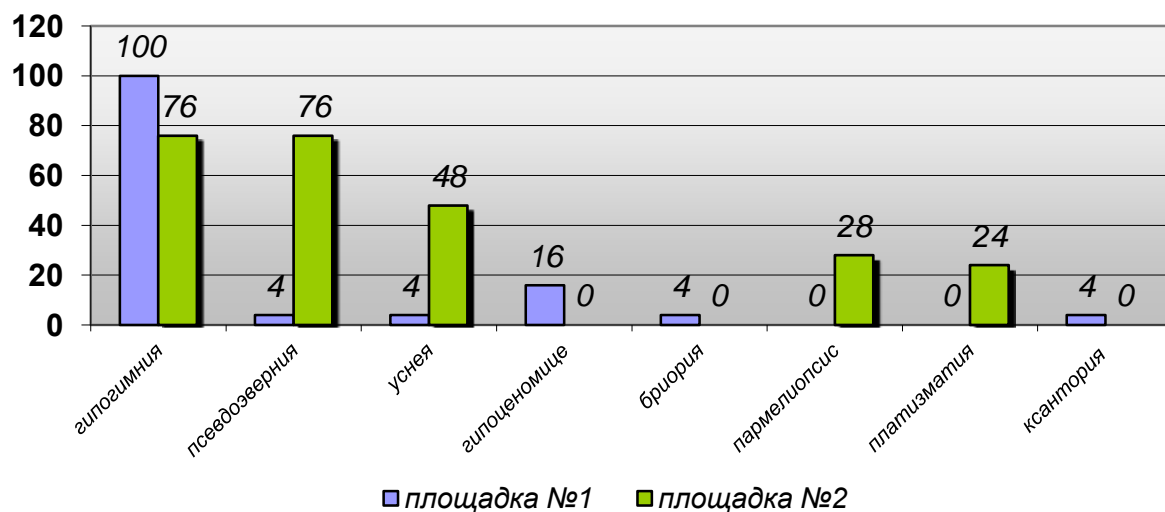
Вид	Средние значения 25 исследованных деревьев			
	D 1.3	H(д)	H(кр)	возраст
Сосна обыкновенная ( <i>Pinus silvestris</i> )	29 см	25 м	18 м	62 года

**Таблица 9.** Частота встречаемости лишайников на пробной площадке № 2 в заказнике «Гряда Вярмянселькя»

Вид лишайника	N	R, %
Гипогимния вздутая	19	76
Псевдоэверния зернистая	19	76
Уснея почти цветущая	12	48
Пармелиопсис сомнительный	7	28
Платизматия сизая	6	24

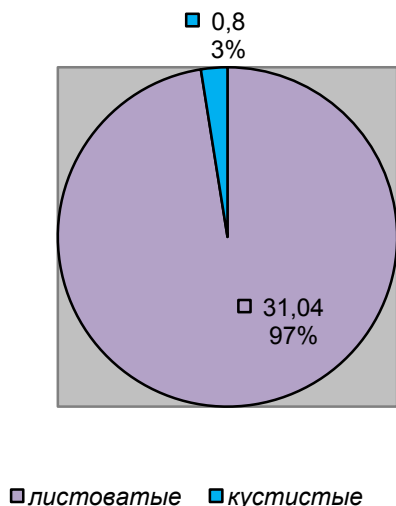
Наибольшей частотой встречаемости на высоте 1.3 м характеризуются псевдоэверния зернистая (*Psevdevernia furfuracea*) и гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*) (R=76%) (табл.9).

Для сравнения частоты встречаемости эпифитных лишайников на пробных площадках была построена диаграмма (Рис.1).

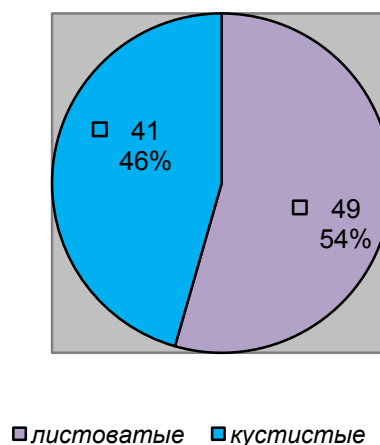


**Рисунок 1.** Частота встречаемости эпифитных лишайников на пробных площадках в заказнике «Гряда Вярмянселькя»

При использовании цифровых данных проективного покрытия по видам, были построены диаграммы соотношения площади листоватых и кустистых лишайников на пробных площадках (Рис.2;3).



**Рисунок 2.** Площадь проективного покрытия листоватых и кустистых лишайников на пробной площадке №1.



**Рисунок 3.** Площадь проективного покрытия листоватых и кустистых лишайников на пробной площадке №2.

Таким образом, выбранные пробные площадки относительно сходны по видовому составу эпифитных лишайников. Однако общее проективное покрытие стволов сосен на высоте 1.3 м на пробной площадке № 2 (среднее значение 90%) больше, чем на пробной площадке № 1 (среднее значение 33%). Возможно, это объясняется тем, что вторая площадка имеет меньшую антропогенную нагрузку, чем первая. Большую площадь проективного лишайникового покрытия на пробной площадке № 2 можно предположительно объяснять большим возрастом деревьев (средний возраст составил 62 года, по сравнению с 46 годами на пробной площадке № 1).

После обработки полученных данных была проведена оценка качества атмосферного воздуха простейшим тестом на чистоту воздуха по экологическим группам лишайников. При повышении степени загрязненности воздуха первыми исчезают кустистые лишайники, за ними – листоватые, и последними – накипные. Из диаграмм видно, на площадке №2 воздух несколько чище, чем на площадке №1. Однако по этому тесту на двух пробных площадках качество атмосферного воздуха соответствует слабой степени загрязнения.

Для получения дополнительных данных о качестве окружающей среды, было проведено определение степени загрязнения воздуха по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов (Приложение 4). Данные о видовом разнообразии эпифитных лишайников, их частоте встречаемости и проективном покрытии на пробных площадках сравнивались с критериями оценки уровня загрязненности воздуха (табл. 13).

Для пробной площадки №1 значение проективного покрытия для доминирующего лишайника гипогимния вздутая (31%) соответствует высокому уровню загрязненности воздуха. Кроме того, небольшое наличие в лишенофлоре псевдоэвернии зернистой, уснеи почти цветущей и бриории буроватой так же соответствует этому уровню загрязнения.

Для пробной площадки №2 значения проективного покрытия для псевдоэвернии зернистой (28%) и уснеи почти цветущей (6%) соответствуют среднему уровню загрязненности воздуха. Показатели проективного покрытия для гипогимнии вздутой несколько ниже соответствующих критериев оценки для этого уровня загрязнения воздуха, однако, это можно объяснить небольшой выборкой.

Используя методику качественной оценки уровня загрязненности атмосферного воздуха газообразными и твердыми поллютантами по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов (Приложение 5), мы видим, что на пробной площадке №1 уровень загрязненности воздуха высокий, а на пробной площадке № 2 – средний. Кроме того, для оценки загрязненности воздуха была использована методика определения чистоты воздуха по индексу полеотолерантности лишайников. По данным обработки полученных показателей найдены индексы полеотолерантности для пробных площадок

заказника «Гряда Вярмянселькя». Значению индекса полеотолерантности для пробной площадки №1 соответствует вторая смешанная «зона благополучия», что говорит о том, что воздух загрязнен умеренно. Значению индекса полеотолерантности для площадки №2 соответствует первая смешанная «зона благополучия», то есть воздух загрязнен немного меньше.

**Таблица 13.** Оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов на пробных площадках №1 и №2

Критерии				Площадка №1		Площадка №2	
уровень загрязнен. воздуха	Виды лишайников-биоиндикаторов	Проективн. покрытие	Частота встречаемости	Пр. покр.	R	Пр. покр.	R
Высокий	<i>Evernia prunastru</i> Эверния сливовая	до 10-15%	Редко, одиночные талломы				
	<i>Psevdevernia furfuracea</i> Псевдоэверния зернистая	-	Редко, одиночные талломы	0,4%	4%		
	<i>Usnea sp.</i> Уснея	-	Редко, одиночные талломы	0,2%	4%		
	<i>Bryoria sp.</i> Бриория	-	Часто, местами очень часто	0,2%	4%		
	<i>Hypogymnia physodes</i> Гипогимния вздутая	до 30-40%	Часто, местами очень часто	31%	100%		
	<i>Parmelia sulcata</i> Пармелия бороздчатая	до 20-25%	Часто, местами очень часто				
	<i>Cetraria pinastri</i> Цетрария сосновая	до 3-5%	Редко, угнетенные талломы				
Средний	<i>Evernia prunastru</i> Эверния сливовая	до 20-25%	Достаточно редко, местами часто				
	<i>Psevdevernia furfuracea</i> Псевдоэверния зернистая	до 5-10%	Редко, угнетенные талломы			28%	76%
	<i>Usnea sp.</i> Уснея	до 3-5%	Редко, угнетенные талломы			6%	48%
	<i>Bryoria sp.</i> Бриория	до 3-5%	Редко, угнетенные талломы				
	<i>Hypogymnia physodes</i> Гипогимния вздутая	до 60%	Очень часто, доминант			47%	76%
	<i>Parmelia sulcata</i> Пармелия бороздчатая	до 50%	Очень часто, доминант				
	<i>Cetraria pinastri</i> Цетрария сосновая	до 10%	Очень часто				

Таким образом, среднегодовые концентрации двуокиси серы на площадках №1 составляют 0,03 – 0,08 мг/м<sup>3</sup>, а на площадке №2 - 0,01 – 0,03 мг/м<sup>3</sup> (табл. 14). Однако, следует отметить, что площадки находятся в непосредственной близости друг от друга, что различная среднегодовая концентрации SO<sub>2</sub> в воздухе мало вероятна.

**Таблица 14.** Индексы полеотолерантности для исследуемых площадок в Приозерском районе Ленинградской области.

Пробная площадка	ИП	Среднегодовые концентрации SO <sub>2</sub> в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	зона
№1	6	0,03 – 0,08	смешанная II
№2	4,7	0,01 – 0,03	смешанная I

Таким образом, для определения чистоты воздуха мы использовали различные методики лишеноиндикации. Результаты, полученные всеми методами, даже простейшим тестом на чистоту воздуха по экологическим группам лишайников дают сходные результаты (Табл.15).

**Таблица 15.** Результаты определения чистоты воздуха на пробных площадках № 1 и № 2 в заказнике «Гряда Вярмянселькя» различными методиками лишеноиндикации.

Метод лишеноиндикации	Простейший тест на определение чистоты воздуха по экологическим группам лишайников	Качественная оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов	Оценка чистоты воздуха по индексу полеотолерантности лишайников
Пробная площадка № 1	зона слабого загрязнения	уровень загрязненности воздуха высокий	вторая смешанная «зона благополучия»
Пробная площадка № 2	зона слабого загрязнения	уровень загрязненности воздуха средний	первая смешанная «зона благополучия»

Результаты, полученные при определении чистоты воздуха по частоте встречаемости и проективному покрытию показывают, что пробные площадки имеют более высокий уровень загрязненности. Метод определения чистоты воздуха по индексу полеотолерантности на наш взгляд наиболее точен, и удобен тем, что с его помощью можно оценивать среднегодовые концентрации двуокиси серы в воздухе и сравнивать эти показатели с допустимыми нормами. Однако использовать этот метод можно лишь в том случае, если точно определен видовой состав эпифитных лишайников исследуемой территории и исследуются большие площади.

Сравнивая полученные результаты оценки уровня загрязненности воздуха для пробных площадок с разной степенью влияния антропогенных факторов (площадка №2, расположенная в лесу, а площадка № 1 больше посещаемая людьми), мы видим, что степень антропогенной нагрузки в некоторой мере влияет на качественный уровень загрязненности атмосферного воздуха.

### **3.Выводы.**

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- 1) На обследованной территории заказника «Гряда Вярмянселькя», расположенного в Приозерском районе Ленинградской области, выявлено 16 видов кустистых и листоватых лишайников; из них 8 эпигейных и 8 эпифитных видов; самым распространенным эпифитным лишайником на высоте 1,3м является гипогимния вздутая.
- 2) - Простейший тест на определение чистоты воздуха по экологическим группам лишайников показал, что обе площадки соответствуют зоне слабого загрязнения, однако на площадке №2 воздух несколько чище, чем на площадке №1.
  - Качественная оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов, дала следующий результат: на пробной площадке №1 уровень загрязненности воздуха высокий; на пробной площадке №2 – средний.
  - Оценка чистоты воздуха по индексу полеотолерантности лишайников показала, что для площадки №1 соответствует вторая смешанная «зона благополучия», а для площадки №2 - первая смешанная «зона благополучия».
- 3) Степень антропогенной нагрузки в некоторой мере влияет на качественный уровень загрязненности атмосферного воздуха. Результаты, полученные всеми методами лишайноиндикации, дают сходные результаты.

#### 4.Список литературы

1. Боголюбов А.С. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации: метод. пособие / А.С. Боголюбов, М.В. Кравченко. – М.: Экосистема, 2001г.
2. Коробейникова Л.А. Комплексная экологическая практика школьников и студентов. Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е. – СПб: Крисмас+, 2002г.
3. Пчелкин А.В., Боголюбов А.С.. Методы лишеноиндикации загрязнения окружающей среды: Методическое пособие. - М.: Экосистема, 1997г.
4. Трифонова И.С., Афанасьева А.Л., Русанов А.Г., Станиславская Е.В. Растительные сообщества озер центральной части Карельского перешейка как индикаторы их экологического состояния. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16, №1(4), Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург с. 1034 – 10 37 2014 г.
5. Тычинин В.А. Определитель лишайников: Уч пособие. Ижевск:изд-во Удм. Ун-та, 1994г.
6. Федоров А. А., Голлербах М. М. Жизнь растений. Т.3, Водоросли. Лишайники: М., «Просвещение», 1977г.
7. Шапиро И.А. Загадки растения-сфинкса. – Л.,: Гидрометеиздат, 1991 г.
8. Шапиро И.А. Лишайники: Пособие для учителей и старшеклассников. – СПб.:Крисмас+, 2003г.
9. Особо охраняемые природные территории Ленинградской области [Электронный ресурс]; Режим доступа: (<https://ooptlo.ru/gryada-vyaryamyanselkya.html>)
10. Санкт-Петербург и Ленинградская область: проблемы в экологии [Электронный ресурс]; Режим доступа: (<http://ecology-of.ru/ekologiya-regionov/sankt-peterburg>)
11. Биология. Электронная энциклопедия. Лишайники. Часть 2 [Электронный ресурс]; Режим доступа: (<http://www.knowbiology.ru/rastenia/lishayniki>).

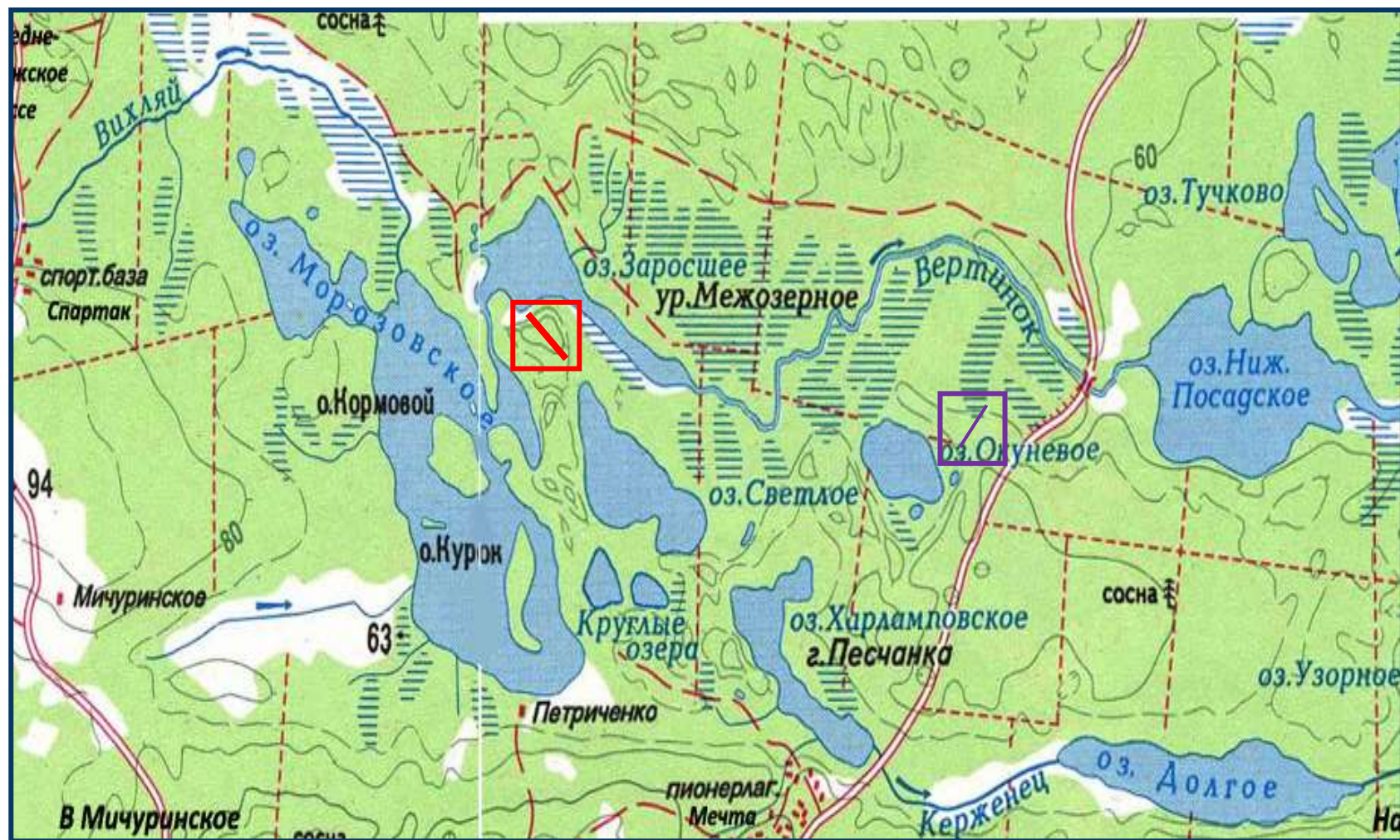
**Приложение 1.** Карта схема. Границы заказника «Гряда Ворямянселькя» Приозерского района Ленинградской области



Масштаб 1: 850 000

— Границы заказника «Гряда Ворямянселькя»

Приложение 2. Карта схема района исследования в заказнике «Гряда Вярмянселькя».



Масштаб 1: 30 000



- Пробная площадка № 1



- пробная площадка № 2

### Приложение 3. Фотографии пробных площадок и работы на них



**Рисунок 1.** Пробная площадка № 1



**Рисунок 2.** Почвенная прикопка на пробной площадке № 1



**Рисунок 3.** Пробная площадка № 2



**Рисунок 4.** Почвенная прикопка на пробной площадке № 2



**Рисунок 5.** Изучение видового состава лишайников заказника «Гряда Вярмянселькя».



**Рисунок 6.** Определение проективного покрытия лишайников методом полетки

## Приложение 4

### Классы полеотолерантности и типы местообитаний эпифитных лишайников (по Трассу, 1985).

Классы полеотолерантности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды
1	Естественные место обитания (ландшафты) без осязительного 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>
2	Естественные (часто) и антропогенно слабо измененные местообитания (редко)	<i>Bryoria fuscescens</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> .
3	Естественные (часто) и антропогенно слабо измененные местообитания (часто)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Cetraria chlorophilla</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Lecidea tenebricosa</i> , <i>Opegrapha pulicaris</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>
4	Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания	<i>Bryoria implexa</i> , <i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Lecanora leptirodes</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> .
5	Естественные, антропогенно слабо- и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecania cyrtella</i> , <i>Lecanora chlorotera</i> , <i>L. rugosa</i> , <i>L. Subfuscata</i> , <i>L. subrugosa</i> , <i>Lecidea glomerulosa</i> , <i>Parmelia exasperata</i> , <i>P. Olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i> , <i>Ramalina farinacea</i>
6	Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно измененные (часто) место обитания	<i>Arthonia radiata</i> , <i>Caloplaca aurantiaca</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>L. carpinea</i> , <i>L. chlorona</i> , <i>L. pallida</i> , <i>L. symmictera</i> , <i>Parmelia acetabulum</i> , <i>P. subargentifera</i> , <i>P. Exasperatula</i> , <i>Pertusaria discoidea</i> , <i>Hypocenomysce scalaris</i> , <i>Ramalina fraxinea</i> , <i>Rinodina exigua</i> , <i>Usnea hirta</i> .
7	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> .
8	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> .
9	Сильно антропогенно измененные местообитания (часто)	<i>Buellia punctata</i> , <i>Lecanora expallens</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i> .
10	Очень сильно антропогенно измененные местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L. hageni</i> , <i>Lepraria incana</i> , <i>Scoliosporum chlorococcum</i> .

## Приложение 5

Качественная оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха газообразными и твердыми поллютантами по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов (вдоль трансект или в границах квадратов).

Качественный уровень загрязненности воздуха	Виды лишайников-биоиндикаторов	Проективное покрытие	Частота встречаемости
Очень высокий. «Лишайниковая пустыня»	Hypogymnia physodes (L.) Nyl. Гипогимния вздутая	Очень редко, в виде зачаточных талломов	
	Parmelia sulcata Tayl Пармелия бороздчатая	Отсутствует	
	Cetraria pinastri (Scop.) S Gray. Цетрария сосновая	Отсутствует	
	Evernia prunastry (L.) Ach. Эверния сливовая	Отсутствует	
	Psevdevernia furfuracea (L.) Mann. Псевдоэверния зернистая	Отсутствует	
	Usnea sp. Уснея	Отсутствует	
	Bryoria sp. Бриория	Отсутствует	
Высокий	Evernia prunastry (L.) Ach. Эверния сливовая	до 10-15%	Редко, одиночные талломы
	Psevdevernia furfuracea (L.) Mann. Псевдоэверния зернистая	Отсутствует	Редко, одиночные талломы
	Usnea sp. Уснея	Отсутствует	Редко, одиночные талломы
	Bryoria sp. Бриория	Отсутствует	Часто, местами очень часто
	Hypogymnia physodes (L.) Nyl. Гипогимния вздутая	до 30-40%	Часто, местами очень часто
	Parmelia sulcata Tayl Пармелия бороздчатая	до 20-25%	Часто, местами очень часто
	Cetraria pinastri (Scop.) S Gray. Цетрария сосновая	до 3-5%	Редко, угнетенные талломы
Средний	Evernia prunastry (L.) Ach. Эверния сливовая	до 20-25%	Достаточно редко, местами часто
	Psevdevernia furfuracea (L.) Mann. Псевдоэверния зернистая	до 5-10%	Редко, угнетенные талломы
	Usnea sp. Уснея	до 3-5%	Редко, угнетенные талломы
	Bryoria sp. Бриория	до 3-5%	Редко, угнетенные талломы
	Hypogymnia physodes (L.) Nyl. Гипогимния вздутая	до 60%	Очень часто, доминант
	Parmelia sulcata Tayl Пармелия бороздчатая	до 50%	Очень часто, доминант

	<i>Cetraria pinastri</i> (Scop.) S Gray. Цетрария сосновая	до 10%	Очень часто, местами обильно
Низкий	<i>Evernia prunastru</i> (L.) Ach. Эверния сливовая	до 30-40%	Очень часто, обильно
	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Mann. Псевдоэверния зернистая	до 20%	Очень часто, местами обильно
	<i>Usnea</i> sp. Уснея	до 15-20%	Очень часто, местами обильно
	<i>Bryoria</i> sp. Бриория	до 15-20%	Очень часто, местами обильно
	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl. Гипогимния вздутая	до 80%	Очень часто, доминант
	Очень низкий. Фоновый уровень загрязнения атмосферы	<i>Parmelia sulcata</i> Tayl Пармелия бороздчатая	до 80%
<i>Cetraria pinastri</i> (Scop.) S Gray. Цетрария сосновая		до 20%	Очень часто, обильно
<i>Evernia prunastru</i> (L.) Ach. Эверния сливовая		до 50-60%	Очень часто, доминант
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Mann. Псевдоэверния зернистая		до 30%	Очень часто, содоминант
<i>Usnea</i> sp. Уснея		до 30%	Очень часто, содоминант
<i>Bryoria</i> sp. Бриория		до 30%	Очень часто, обильно



**Рисунок 7.** Состав школьной исследовательской экспедиции в заказник «Гряда Вярмянселькя» в августе 2016 года.