

## Описание опыта проведения ученического исследования «Мониторинг экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации» (Учебное занятие)

**Лилия Сергеевна Кравченко,**

педагог дополнительного образования МБОУ ДО «Станция юных натуралистов "Эдельвейс"», руководитель секции «Зоология», г. Уфа, Башкортостан

**Название разработки:** учебное занятие.

**Название и форма проведения:** «Мониторинг экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации», учебное занятие.

### Пояснительная записка

**Цель:** Знакомство учащихся НОУ «Эдельвейс», секция «Зоология», с мониторингом экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации.

#### Задачи:

- *образовательная:* систематизировать знания учащихся о понятиях «экологический мониторинг», «виды экологического мониторинга», познакомить учащихся с методами изучения экологического состояния атмосферного воздуха, с методикой лишеноиндикации;

- *развивающая:* развивать память, мышление, воображение, любознательность, познавательный интерес, чувство сопричастности к охране живой природы;

- *воспитательная:* воспитывать заботливое отношение к природе, стремление изучать и охранять окружающую среду.

**Форма проведения:** учебное занятие.

**Метод проведения:** проектно-конструкторский, словесный, наглядный, практический.

**Возраст детей:** 14–15 лет.

**Условия для проведения:** кабинет биологии.

**Оборудование:** мерные ленты (портняжный метр), компас, определитель лишайников, определительные таблицы лишайников, бумага, ручки, карандаши, фотоаппараты.

**Методические советы на подготовительный период:** заранее найти или распечатать школьные определители лишайников и определительные таблицы лишайников, подготовить портняжные метры, бумагу, ручки, карандаши, фотоаппараты.

### План занятия:

I. Организационный момент.

II. Основные этапы занятия:

1) беседа «Экологический мониторинг и его виды»;

2) лекция «Методы изучения экологического состояния атмосферного воздуха»;

3) практическая работа по определению экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации.

III. Итог занятия. Рефлексия.

#### Ход занятия:

*I. Организационный момент.*

**Педагог:** Здравствуйте, ребята! Тема нашего сегодняшнего занятия — «Мониторинг экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации». На занятии мы познакомимся с вами с такими понятиями, как «экологический мониторинг», «виды экологического мониторинга», с методами изучения экологического состояния атмосферного воздуха. Во время практической работы вы научитесь проводить мониторинг экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации.

*II. Основные этапы занятия.*

**1. Беседа «Экологический мониторинг и его виды».**

**Педагог:** Как утверждают учёные многих стран мира, человечество сейчас движется к экологической катастрофе. Как вы думаете, преувеличивают ли учёные опасность приближающегося экологического кризиса?

**Предположительные ответы детей:** Нет, опасность приближающегося экологического кризиса не преувеличена.

**Педагог:** Почему вы так думаете? Обоснуйте свой ответ.

**Ребёнок 1:** Потому что бурный научно-технический прогресс привёл к загрязнению окружающей среды.

**Ребёнок 2:** А ещё потребительское, безнравственное отношение людей к природным богатствам.



**Ребёнок 3:** *Люди нерационально используют природные богатства, из-за этого они могут полностью исчерпаться.*

**Педагог:** Да, ребята, вы правы, за последнее время проблемы загрязнения окружающей среды приняли глобальный характер. Те причины, которые вы назвали, конечно, правильные. Но не только научно-технический прогресс, потребительское отношение к природным богатствам и их нерациональное использование привели к глобальному загрязнению окружающей среды. Ещё одна причина — экологическая безграмотность населения. Всё это вместе и привело к сильному загрязнению всех природных сред радиоактивными, промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами [3].

**Педагог:** Ребята, а какую ещё крупномасштабную экологическую проблему современности мы не назвали?

**Ребёнок 4:** *Это — парниковый эффект и разрушение озонового слоя, а, следовательно, — изменение климата на Земле.*

**Педагог:** Да, ребята, всё это приводит к нарушению экологического равновесия, а во многих случаях — и к необратимым негативным процессам в природе. Сегодня экологические проблемы стали актуальнее, чем проблемы сохранения мира на нашей планете. Решить проблемы такого масштаба человечество может, лишь объединившись. Поэтому в 1974 г. в рамках программы ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЭП) была создана Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС). Она позволяет проводить контроль за состоянием окружающей среды, осуществлять оценку и прогноз изменений её состояния на международном уровне [3].

**Педагог:** Каким же образом мы можем решить существующие экологические проблемы?

**Ребёнок 5:** *Для решения экологических проблем необходимо принимать экстренные практические меры по выходу из экологического кризиса.*

**Педагог:** Правильно, ребята, принятие практических первоочередных мер по выходу из кризиса является в настоящий момент главной задачей учёных, инженеров, экологов. Но ещё одной главной задачей является экологическое просвещение населения, воспитание экологической культуры подрастающего поколения. Ребята, вы не только можете пропагандировать экологические знания в ходе прове-

дения различных агитбригад, но и активно участвовать в природоохранных мероприятиях.

При этом важная роль отводится организации контроля за состоянием природной среды, её непрерывными изменениями: естественными и возникающими в результате антропогенной нагрузки. В настоящее время, в связи с надвигающейся угрозой глобальной экологической катастрофы, сформировалась потребность в организации специальной информационной системы — системы наблюдения и анализа состояния природной среды, которую назвали *мониторингом* (от лат. *monitor* — «предостерегающий», «предупреждающий»). Этот термин был впервые введён в экологию в 1974 году [3].

*Экологический мониторинг* (по определению академика РАН Ю. А. Израэля) — система наблюдений, оценки и прогноза, позволяющая выявить изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных изменений [4].

*Цель экологического мониторинга* — наблюдения за происходящими в окружающей природной среде физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, за последствиями его влияния на растительный и животный мир, а также обеспечение заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей среде, предупреждениями и прогнозами её состояния, которые осуществляют специально уполномоченные государственные органы РФ.

Основная *задача экологического мониторинга* состоит в ежегодном наблюдении за состоянием территорий. На основе полученных данных можно сделать оценку величины нарушения экосистем на территории исследования.

Основной *принцип мониторинга* — непрерывность слежения. Эффективность мониторинга определяется рациональным выбором и достаточной плотностью контрольных пунктов наблюдения, а также эффективной организацией автоматического получения, обработки первичных данных и выдачи информации. Задачи, которые призван решать мониторинг, могут быть различной степени сложности и широты охвата. В системе мониторинга различаются *три уровня*, или *три ступени*.

*Первая ступень* — местный, или локальный, биоэкологический мониторинг, в котором состояние окружающей среды оценивается с позиций её влияния на человека.

*Вторая ступень* — региональный природно-хозяйственный мониторинг, включающий наблюдения за изменениями природных и антропогенных ландшафтов. В мониторинге этой ступени используют такие показатели, как количество биомассы, показатели энергообмена, величины предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в природных и промышленных комплексах, способность комплексов к самоочищению.

*Третья ступень* — глобальный биоэкологический мониторинг. Его задача — обеспечить наблюдение (контроль) и анализ состояния, а также прогноз возможных изменений всей географической оболочки в результате деятельности человечества. Довольно часто пункты глобального мониторинга располагают на территориях биосферных заповедников.

По *целевому назначению* мониторинг подразделяют на *учебно-познавательный, научно-исследовательский, диагностический, фоновый, контрольный, прогностический, проектировочный* и др.

В зависимости от *методов*, применяемых во время изучения окружающей среды, выделяют следующие виды мониторинга: *физический, химический, геоморфологический, биологический, почвенный, гео (эко) системный, аэрокосмический* и др. [4].

**Педагог:** Какая же ступень мониторинга окружающей среды будет по силам вам, школьникам?

**Ребёнок 6:** *Первая ступень.*

**Педагог:** Действительно, вы, ребята, уже сможете собрать в окружающей среде первичную информацию по теме проектного исследования, взять необходимые пробы (по изучаемым объектам) для их последующей обработки в лабораторных условиях. А результаты ваших проектов станут основанием для последующих практических дел и проведения различных акций с экологической направленностью, например таких, как: уход за культурным ландшафтом (озеленение, участие в очистке территории от мусора), пропаганда среди сверстников, родителей и населения природоохранных экологических знаний, защита окружающей среды своей местности от загрязнения, истощения и разрушения.

## 2. Лекция. «Методы изучения экологического состояния атмосферного воздуха».

**Педагог:** Мониторинг экологического состояния окружающей среды, как я уже говорила, включает в себя наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, наблюдения за физическими, химическими, биологическими изменениями и последствиями его влияния на растительный и животный мир.

Наше сегодняшнее занятие посвящено мониторингу экологического состояния атмосферного воздуха. Для изучения состава атмосферного воздуха в экологических исследованиях применяют *количественные методы и индикационные оценки.*

*Количественные методы* основаны на химическом анализе проб воздуха. Этот метод используется профессионалами, специалистами по санитарному и экологическому контролю.

В школьных условиях для изучения загрязнённости атмосферы обычно используются *оценочные индикационные методы.* Эти методы показывают, присутствует ли данный загрязнитель в атмосфере, и на каких участках обследованной территории его больше (или меньше).

Индикационную оценку можно провести химическими и биологическими методами.

При использовании химических методов проводится химический анализ сред (дождь, снег), пылевых отложений. При этом определяются продукты, образовавшиеся при «вымывании» атмосферы.

Для проведения биологической индикации применяются биоиндикаторы — растения, животные — которые своими морфологическими характеристиками, своим поведением, численностью указывают на состояние атмосферы в месте обитания и характеризуют её, как чистая, загрязнённая, более загрязнённая, менее загрязнённая [4].

Метод лишеноиндикации используется для оценки чистоты атмосферы с помощью эпифитных лишайников (лишайников, растущих на коре деревьев). Характеристикой степени загрязнения атмосферы служат следующие признаки: процентное количество деревьев, покрытых лишайниками, частота встречаемости типа роста, степень покрытия, видовой состав.

В лишеноиндикационных исследованиях в качестве субстрата может быть использован любой вид дерева. Для оценки



загрязнения атмосферы города, посёлка или села используется вид, наиболее распространённый на данной территории. Это может быть клён американский, тополь бальзамический, сосна обыкновенная и др. Деревья должны быть примерно одного возраста, старше 20 лет [4].

Обследование развития лишайниковой флоры на разных территориях проводят по следующему плану:

1) определение видового состава лишайников;

2) определение обилия в баллах, проективного покрытия (%) и расчёт коэффициента встречаемости по формуле:  $R = (a/b) \times 100\%$ , где  $R$  — коэффициент встречаемости,  $a$  — число площадок, где данный вид встречается,  $b$  — число исследованных площадок;

3) частота встречаемости видов.

Для проведения исследования необходимо использовать школьные определители лишайников.

*Определение процентного количества деревьев, имеющих лишайники*, проводится следующим способом. Исследуемая территория (город, посёлок, село) делится на квадраты, в каждом квадрате подсчитываются деревья выбранного вида — общее количество, и деревья, на которых есть лишайники. Наличие лишайников определяется не по всему стволу, а только на высоте 1,4–1,6 м. Полученные результаты наносятся на план местности и методом изолиний на обследуемой территории выделяются зоны с минимальным процентом деревьев с лишайниками, средним и максимальным, что соответствует максимальному, среднему и минимальному загрязнению атмосферы. [2]

*Оценку частоты встречаемости лишайников* проводят с использованием палетки или с помощью наложения мерной ленты. Результаты измерений заносят в таблицу.

Изучают лишенофлору на разных участках, расположенных в районе действия антропогенного фактора и контрольном. Необходимо выявить повторяемость или исчезновение различных видов лишайников по мере приближения к источнику загрязнения.

Те виды лишайников, которые будут исчезать с деревьев по мере приближения к источнику загрязнения, можно будет считать диагностическим (самым чувствительным видом) на данное загрязнение воздушной среды.

Сравнение данных по тому и другому участку позволяет сделать вывод о чистоте воздуха [4].

### **3. Практическая работа по определению экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации.**

**Педагог:** *Лишеноиндикация* — это определение качества атмосферного воздуха с помощью лишайников. Основным методом лишеноиндикации является наблюдение за изменениями относительной численности лишайников. Для этого проводят измерения проективного покрытия лишайников на постоянных или переменных пробных площадях и получают среднее значение «*проективного покрытия*» (то есть площадь, которую занимает лишайник на стволе дерева) для исследуемой территории. Затем через определённый промежуток времени проводят повторные измерения. По изменению как общего проективного покрытия, так и отдельных видов можно, используя шкалы чувствительности лишайников, судить об увеличении или уменьшении загрязнения окружающей среды.

Одной из наиболее удачных методик измерения относительной численности лишайников является методика линейных пересечений. Данная методика заключается в наложении гибкой ленты с миллиметровыми делениями на поверхность ствола с фиксированием всех пересечений её со словищами лишайников. В качестве такой ленты удобно использовать обычный портняжный метр [1].

**Цель работы:** определить виды лишайников на исследуемой территории, измерить площади проективных покрытий лишайников, рассчитать индекс полеотолерантности и оценить степень загрязнённости атмосферного воздуха.

**Оборудование и материалы:** портняжный метр; компас; определитель лишайников; бумага; ручка.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Выберите на пробной площадке модельные деревья (5–10), имеющие характерное покрытие лишайниками.

2. На первом из модельных деревьев наметьте точку на северной стороне ствола. Наложите на ствол мерную ленту таким образом, чтобы ноль шкалы ленты совпадал с выбранной точкой, а возрастание чисел на шкале соответствовало бы движению по часовой стрелке. После полного оборота вокруг ствола зафиксируйте ленту в нулевой точке. Измерьте длину

окружности ствола ( $l$ ), результат запишите в таблицу 1.

3. Определите виды лишайников на модельном дереве, используя определитель лишайников.

4. Выполните лихенометрическую съёмку. Для этого внимательно рассмотрите ствол модельного дерева по окружности ленты, фиксируя начало и конец каждого пересечения ленты с талломами лишайников. Измерения проводите с точностью до 1 мм. Полученные данные запишите в таблицу 1.

5. Рассчитайте проективное покрытие ( $c$ ) для каждого вида лишайников на каждом модельном дереве. Для этого сложите длины всех пересечений для каждого вида лишайников. *Например*, для *уснеи жёсткой* (вид 3) проективное покрытие на дереве 1 согласно данным таблицы 1 будет равно:

$$c = 0,5 + 1 + 3 + 1 = 5,5 \text{ см}$$

6. Рассчитайте суммарное проективное покрытие каждого вида на всех модельных деревьях данной пробной площадки. Например, для первой площадки (допустим, на этой площадке было обследовано 7 деревьев):

- проективное покрытие *гипогимнии вздутой*  $c_1 = 129,5$  см;
- проективное покрытие *эвернии мезоморфной*  $c_2 = 14$  см;
- проективное покрытие *уснеи жёсткой*  $c_3 = 16,5$  см;
- проективное покрытие *цетрарии сосновой*  $c_4 = 4$  см.

7. Рассчитайте сумму окружностей ( $L$ ): всех модельных деревьев данной площадки:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + \text{и т. д.}$$

Например, для пробной площадки №1:

$$L = 140 + 101 + 120 + 83 + 110 + 110 + 106 = 770 \text{ см}$$

8. Вычислите относительное проективное покрытие ( $C$ ) каждого вида в процентах по формуле:

$$C = (c / L) \cdot 100\%,$$

где  $c$  — проективное покрытие данного вида на всех модельных деревьях (см),  $L$  — сумма длин окружностей всех модельных деревьев (см).

Например, для площадки № 1 получено:

- проективное покрытие *гипогимнии вздутой*:  $C_1 = (129,5 / 770) \cdot 100 = 16,8\%$ ;
- проективное покрытие *эвернии мезоморфной*:  $C_2 = (14 / 770) \cdot 100 = 1,8\%$ ;
- проективное покрытие *уснеи жёсткой*:  $C_3 = (16,5 / 770) \cdot 100 = 2,1\%$ ;

- проективное покрытие *цетрарии сосновой*:  $C_4 = (4 / 770) \cdot 100 = 0,51\%$ .

9. Определите величину проективного покрытия в баллах по таблице 2.

10. Определите класс полеотолерантности ( $A$ ) каждого лишайника по таблице 3.

11. Рассчитайте индекс полеотолерантности ( $IP$ ) по формуле:

$$IP = \sum [(A_i \cdot C_i) / C_n]$$

где  $n$  — количество видов на описанной пробной площадке;

$A_i$  — класс полеотолерантности каждого вида;

$C_i$  — проективное покрытие каждого отдельного вида в баллах;

$C_n$  — сумма значений покрытия всех видов в баллах, что для пробной площадки №1 составляет  $4+1+1+0 = 6$  баллов.

Например, для площадки №1 индекс полеотолерантности будет равен:

$$IP = (6 \cdot 4) / 6 + (6 \cdot 1) / 6 + (6 \cdot 1) / 6 + (6 \cdot 0) / 6 = 6$$

12. Определите значение годовой концентрации атмосферного загрязнителя ( $SO_2$ ) и «зону благополучия» по величине найденного индекса полеотолерантности и данным таблицы 4 [1, 2].

(Учащиеся вместе с педагогом отправляются в ближайшее к школе лесонасаждение и проводят мониторинг экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации. Затем возвращаются в класс и проводят камеральную обработку материала.)

### III. Итог занятия.

**Педагог:** Итак, ребята, давайте повторим основные понятия нашего занятия. Раскройте, пожалуйста, определение понятия «экологический мониторинг», данное академиком Ю. А. Израэлем.

**Предполагаемые ответы детей:** *Экологический мониторинг — это система наблюдений, оценки и прогноза, позволяющая выявить изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных изменений.*

**Педагог:** Какова основная цель экологического мониторинга?

**Предполагаемые ответы детей:** *наблюдения за происходящими в окружающей природной среде физическими, химическими, биологическими процессами, уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, последствиями его влияния на растительный и животный мир.*

**Педагог:** Назовите три уровня или три ступени в структуре мониторинга.



**Предполагаемые ответы детей:** Локальный, региональный и глобальный уровни.

**Педагог:** Какие методы применяются для изучения экологического состояния атмосферного воздуха?

**Предполагаемые ответы детей:** Количественные методы и индикационные оценки.

**Педагог:** А какими методами обычно пользуются для изучения загрязнённости атмосферы в школьных условиях?

**Предполагаемые ответы детей:** Обычно используются оценочные индикационные методы.

**Педагог:** Какой метод вы использовали на сегодняшнем занятии?

**Предполагаемые ответы детей:** Метод лишеноиндикации.

**Педагог:** В чём суть метода лишеноиндикации?

**Предполагаемые ответы детей:** Методом лишеноиндикации проводят измерения проективного покрытия лишайников на постоянных или переменных пробных площадях и получают среднее значение «проективного покрытия» (то есть площадь, которую занимает лишайник на стволе дерева) для исследуемой территории. Затем через определённый промежуток времени проводят повторные измерения. По изменению как общего проективного покрытия, так и отдельных видов можно, используя шкалы чувствительности лишайников, судить об увеличении или уменьшении загрязнения окружающей среды.

**Педагог:** Молодцы, ребята! Вы отлично усвоили новый материал. Дома ещё раз повторите основные понятия проведённого занятия по теме «Мониторинг экологического состояния окружающей среды методом лишеноиндикации» и сделайте соответствующие вычисления, которые необходимо занести в таблицу. На следующем занятии каждый из вас представит свои таблицы.

А чтобы вы знали и не забывали правила, которые позволят всем нам сохранить атмосферный воздух чистым, я раздаю вам памятки «Правила друзей природы» —

«Как сохранить воздух чистым» (Приложение № 2 — памятка «Как сохранить воздух чистым»).

(Педагог раздаёт детям памятки.)

#### **Рефлексия «Рефлективный экран»**

**Педагог:** Ребята, на доске написаны определённые фразы, каждый из вас по очереди выберет одну фразу из рефлективного экрана и выскажет своё мнение о сегодняшнем занятии:

*Сегодня я узнал (а)...*

*Было интересно...*

*Я понял (а), что...*

*Меня удивило...*

*Мне захотелось...*

*Я попробую...*

**Педагог:** Ребята! Я надеюсь, что наше занятие вам понравилось! До свидания!

**Методические советы на подготовительный период:** заранее найти или распечатать школьные определители лишайников и определительные таблицы лишайников, подготовить компасы, портняжные метры, бумагу, ручки, карандаши, фотоаппараты.

**Методические советы на период ближайшего последствия:** провести выставку фотографий «Лишайники нашего края». 📷

#### **Список использованных источников**

1. Боголюбов А. С., Кравченко М. В. «Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации». М.: Экосистема, 2001.

2. Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды: Методическое пособие. М.: Экосистема, 1997. 25 с.

3. <https://educontest.net> «Мониторинг окружающей среды в системе основного и дополнительного экологического образования школьников» (автор: О. А. Некипелова).

4. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / авт.-сост. Т. Я. Ашихмина. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. 95. с: ил.

5. <http://www.ecosystema.ru>

Таблица 1

**Образец оформления результатов лихенометрической съёмки**  
Площадка №1. Дерево 1, окружность ствола 140 см

№№ пересечений с лентой	Виды лишайников							
	Вид 1		Вид 2		Вид 3		Вид 4	
	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см
1	0	0,8	35	35,5	74,5	75		
2	3	5	74	75	88	89		
3	6	7	92	94	118	121		
4	12	13	96	97	132	133		

Виды лишайников:

вид 1 – гипогимния вздутая;

вид 2 – эверния мезоморфная;

вид 3 – уснея жёсткая;

вид 4 – цетрария сосновая (данный вид не зарегистрирован на дереве 1, но отмечен на других деревьях площадки № 1).

Таблица 2

**Определение величины проективного покрытия**

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

Например, для площадки №1 проективные покрытия каждого вида в баллах будут равны:  $C_1 = 4$  балла;  $C_2 = 1$  балл;  $C_3 = 1$  балл;  $C_4 = 0$  баллов.

Таблица 3

**Классы полеотолерантности и типы местообитаний эпифитных лишайников Эстонии (по Трассу, 1985)**

Классы полеотолерантности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды
1	Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния	Lecanactis abietina, Lobaria scrobiculata, Menegzzia terebrata, Mycoblastus sanguinarius, виды родов Pannaria, Parmeliella, самые чувствительные виды рода Usnea
2	Естественные (часто) и антропогенно слабо изменённые местообитания (редко)	Bryoria fuscescens, Evernia divaricata, Cyalecta ulmi, Lecanora coilocarpa, Ochrolechia androgyna, Parmeliopsis aleurites, Ramalina calicaris.
3	Естественные (часто) и антропогенно слабо изменённые местообитания (часто)	Bryoria fuscescens, Cetraria chlorophilla, Hypogymnia tubulosa, Lecidea tenebricosa, Opegrapha pulicaris, Pertusaria pertusa, Usnea subfloridana
4	Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) изменённые местообитания	Bryoria implexa, Cetraria pinastri, Graphis scripta, Lecanora leptirodes, Lobaria pulmonaria, Opegrapha diaphora, Parmelia subaurifera, Parmeliopsis ambigua, Pertusaria coccodes, Pseudevernia furfuraceae, Usnea filipendula
5	Естественные, антропогенно слабо и умеренно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	Caloplaca pyracea, Lecania cyrtella, Lecanora chlorotera, L. rugosa, L. subfuscata, L. subrugosa, Lecidea glomerulosa, Parmelia exasperata, P. Olivacea, Physcia aipolia, Ramalina farinacea



Классы полеотолерантности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды
6	Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно изменённые (часто) местообитания	Arthonia radiata, Caloplaca aurantiaca, Evernia prunastri, Hypogymnia physodes, Lecanora allophana, L. carpinea, L. chlarona, L. pallida, L. symmictera, Parmelia acetabulum, P. subargentifera, P. Exasperatula, Pertusaria discoidea, Hypocenomyce scalaris, Ramalina fraxinea, Rinodina exigua, Usnea hirta.
7	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно изменённые местообитания	Caloplaca vitellina, Candelariella vitellina, Cxanthostigma, Lecanora varia, Parmelia conspurcata, P. sulcata, P. verruculifera, Pertusaria amara, Phaeophyscia nigricans, Phlyctis agelaea, Physcia ascendens, Ph stellaris, Ph. tenella, Physconia pulverulacea, Xanthoria polycarpa.
8	Умеренно и сильно антропогенно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	Caloplaca cerina, Candelaria concolor, Phlyctis argena, Physconia grisea, Ph. Enteroxantha, Ramalina pollinaria, Xanthoria candelaria.
9	Сильно антропогенно изменённые местообитания (часто)	Buellia punctata, Lecanora expallens, Phaeophyscia orbicularis, Xanthoria parietina.
10	Очень сильно антропогенно изменённые местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	Lecanora conizaeoides, L. hageni, Lepraria incana, Scoliciosporum chlorococcum.

Таблица 4

**«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

**Приложение № 2**

**Памятка друзей природы «Как сохранить воздух чистым»**



1. Берегите растения, ведь они — зелёные лёгкие планеты! Листья растений выделяют на свету кислород, необходимый для дыхания. Кроме того, они очищают загрязнённый воздух от пыли и копоти.
2. Помогайте взрослым сажать цветы, кустарники и деревья.
3. Не ломайте ветки, не рвите цветы, не вытапывайте траву.
4. Не бросайте в костёр куски резины и пластмассы. При их горении выделяются очень ядовитые вещества, которые загрязняют воздух.
5. На автомобилях нужно устанавливать фильтры, чтобы очищать отработанные газы.
6. На фабриках и заводах обязательно должны работать специальные установки по очистке воздуха.

## Фотоприложение проведённого занятия



*Фото 1. Осмотр коры деревьев, имеющих характерное покрытие лишайниками*



*Фото 2. Занесение данных о встреченных лишайниках в полевой дневник*



*Фото 3. Определение видов лишайников по определительным таблицам*



*Фото 4. Измерение длины окружности ствола мерной лентой*