***Биоиндикация загрязнения воздуха.***

*Объекты наблюдений*

Для оценки качества воздуха в городе в качестве индикаторов используются лишайники и хвойные породы деревьев. Лишайники - это симбиотические организмы из гриба и водоросли. Поэтому они очень чутко реагируют на нарушения тонкого баланса между обеими сторонами организма. Лишайники не имеют сосудистых тканей и корней, а все питательные вещества получают из водных растворов. Эти вещества поступают непосредственно в слоевище (таллом) лишайника. Таким же образом эти организмы могут усваивать вещества из воздуха, а значит, накапливать и загрязнения. Газообмен у лишайников проходит свободно через всю поверхность. Большинство токсичных веществ концентрируется из атмосферного воздуха в дождевой воде, которую и впитывают лишайники. Этим они отличаются от цветковых растений, поглощающих воду, в основном, из почвы. Важен и тот факт, что лишайники, в отличие от высших растений, не способны избавляться от пораженных загрязнениями частей своего слоевища, и обладают способностью расти не только летом, но и при отрицательных температурах воздуха. Поэтому лишайники реагируют на загрязнения атмосферы раньше и сильнее, чем высшие растения.

*Информация для учителя*

В состав лишайника входят гриб и водоросли , зеленые, или сине-зеленые. Водоросль, выделенная из лишайника, в благоприятных условиях может расти и развиваться самостоятельно, гриб же в этом случае быстро погибает, так как почти полностью утратил способность к самостоятельному развитию. Водоросль в процессе фотосинтеза создает органическое вещество. Гриб потребляет это органическое вещество и, в свою очередь, снабжает водоросль достаточным количеством воды и растворимых в ней растворимых солей, которые он сам поглощает из окружающей среды.

Вегетативное тело лишайника называется талломом (слоевищем). Талломы очень разнообразны по форме и окраске. По внешнему виду различают три типа талломов лишайников: накипные (корковые), листоватые и кустистые. Все эти типы связаны между собой переходными формами. Кроме этого иногда различают еще чешуйчатый и нитевидный типы талломов.

|  |  |
| --- | --- |
| Накипные | Порошкообразный лишайник, слоевище в виде корочки, сросшейся с корой дерева или поверхностью камня |
| Листоватые | Лишайник с листообразным слоевищем, с четко выраженной нижней коркой, растет в виде чешуек, отделяющихся от поверхности субстрата |
| Кустистые | Лишайник кустистой или прямой волосовидной формы, растет в виде нитей или кустиков с широким плоским основанием |

Лишайники насчитывают около 25 тысяч видов и широко распространены по земному шару. Они обладают способностью заселять самые суровые местообитания и часто играют роль первопоселенцев, представляя собой начальную стадию сукцессии (смены растительных сообществ). По приуроченности к субстрату лишайники подразделяют на несколько экологических групп.

*Эпилитные* лишайники поселяются на камнях и скалах и представлены в основном накипными видами.

*Напочвенные* лишайники испытывают довольно сильную конкуренцию со стороны быстрорастущих высших растений, особенно травянистых. Поэтому они редко встречаются на плодородных почвах и лучше развиваются в местах, мало пригодных для высших растений, например, на песчаных почвах, в тундре, полупустыне, на торфяниках. Эти лишайники могут расти как на открытых местах, так и в лесах.

*Эпифитные* лишайники в качестве субстрата используют деревья и кустарники. Среди них выделяют: *эпифильные* лишайники - растут на листьях деревьев и кустарников, распространены главным образом в тропиках и субтропиках; *эпиксильные* лишайники - поселяются на обнаженной и обработанной древесине; *настоящие эпифитные* лишайники - предпочитают кору ствола и ветвей древесных растений. В определенных условиях некоторые виды настоящих эпифитных лишайников могут нарастать с коры веток на листья (хвою) деревьев, заселять срезы пней, обработанную древесину. Эпифитные лишайники представлены накипными, листоватыми, кустистыми формами. Нередко они сплошь покрывают ствол дерева на большом протяжении.

Кроме перечисленных субстратов, лишайники могут встречаться в других самых различных местах. Их находят на железе, смоле, древесном угле, костях, стекле, коже, картоне, линолеуме, войлоке и т.д.

Для индикационных целей в городах чаще всего используются эпифитные лишайники, растущие на коре деревьев. Для школьного экологического мониторинга эпифитные лишайники очень удобны, так как доступны для изучения практически в любое время года и хорошо заметны, особенно на стволах деревьев темного цвета.

Специалисты, изучавшие дождевую воду, стекающую по стволам деревьев, установили, что в лесу она является наиболее концентрированным раствором ионов-загрязнителей. Например, содержание сульфат-ионов в стволовом стоке в почти вдвое выше, чем просто в дождевой воде. Впитывая атмосферные осадки, лишайники аккумулируют и содержащиеся в них загрязняющие вещества. Концентрация химических элементов в эпифитных лишайниках большая, чем в напочвенных. Так образцы, собранные со стволов, содержат серы в 1,8 раза больше, чем образцы, собранные в этом же месте с почвы .

На жизнеспособность разных групп лишайников влияют различные экологические факторы. Наиболее важными факторами для всех лишайников следует считать влажность и освещенность.

Распространение эпифитных лишайников зависит от физико-химических свойств коры. В связи с этим некоторые виды лишайников предпочитают в качестве субстрата кору ствола взрослых деревьев; другие - кору ветвей, кустарников, молодых деревьев. В то же время, многими учеными отмечается, что некоторые виды эпифитных лишайников отдают предпочтение определенным древесным растениям: цетрария (Cetraria juniperina) - можжевельнику, уснея (Usnea longissima) - сосне, ксантория (Xanthoria parietina ) - осине и тополю

На коре деревьев встречаются и накипные, и листоватые, и кустистые формы. Лишайники растут очень медленно, прирост их таллома при благоприятных условиях колеблется, в зависимости от вида, от 1 до 8 мм в год. Листоватые и кустистые лишайники растут быстрее, чем накипные. Отдельные экземпляры эпифитных лишайников могут жить до 600 лет, но средний возраст этих организмов составляет от 30 до 80 лет. В связи с медленным ростом лишайников, для исследований в городе лучше выбирать старые деревья, т.к. на молодых лишайники могут не успеть поселиться. Исследования состояния лишайниковой флоры городов показали, что при увеличении загрязнения воздуха первыми исчезают кустистые формы, затем - листоватые, и ,наконец, накипные. Кроме того, по мере загрязнения воздуха, уменьшается видовое разнообразие лишайниковой флоры, а сами лишайники покрывают меньшую площадь на стволах деревьев, чем в условиях чистого воздуха. Во многих промышленных городах лишайники вообще отсутствуют, в наиболее загрязненных районах формируется, так называемая «лишайниковая пустыня». Однако есть виды лишайников, которые распространяются именно в загрязненной атмосфере больших городов, где нет конкуренции с другими видами. Обычно это разнообразные леканоры.

Чаще всего эпифитные лишайники в городе изучаются в качестве индикаторов сернистого ангидрида в атмосфере. Чем выше уровень загрязнения окружающей среды этим химическим соединением, тем больше серы содержится в слоевище лишайников. По мере возрастания концентрации сернистого ангидрида лишайники постепенно утрачивают апотеции, их слоевище утолщается, приобретая серповидную форму за счет отмирания центральной части колонии. При высоких концентрациях SO 2 цвет таллома бледнеет, иногда становится сиреневатым или коричневым. В конце концов лишайники погибают. Сернистый газ в концентрации 0,08 - 0,1 мг\м3 вызывает нарушение процесса фотосинтеза, влияет прежде всего на лишайниковую водоросль. При низких значениях рН среды (3,2 - 4,4) хлорофилл необратимо окисляется, а при рН 2 -3 подвергается глубоким изменениям. При концентрации диоксида серы 0,5 мг\м3 гибнут все виды лишайников. Повышение влажности приводит к возрастанию растворимости сернистого газа. Поэтому лишайники, менее устойчивые к сернистому газу при высокой влажности, могут успешно выжить при высокой его концентрации, если у них сухое слоевище.

Чтобы пользоваться лишайниками как индикаторами, нужно уметь определять, с какими именно лишайниками вы имеете дело. Приведем характеристики наиболее распространенных видов.

*Ксантория настенная* - один из самых обычных лишайников. Часто встречается на коре деревьев (в частности, осин), на каменных стенах. Слоевище ксантории имеет вид оранжево-желтых розеток, хорошо различимых на стволах и камнях. Характерную окраску им придает особое вещество - париетин. Интенсивность окраски зависит от условий освещения. На солнце слоевище оранжевое, а при затенении формируется серовато-зеленое.

*Фисция припудренная* - имеет оливково-коричневое розетковидное слоевище. Достигает в диаметре 15 см. Часто оно покрыто сизоватым налетом, снизу более темное. Растет на коре деревьев, на деревянных конструкциях и покрытиях.

*Анаптихия реснитчатая* - распространена в парках, светлых лесах, на придорожных деревьях, реже - на камнях и древесине. Слоевище пепельно-серое или коричневато-серое, имеет вид лежащих на поверхности или слегка приподнятых кустиков. Может образовать подушечки до 20 см в диаметре. Лопасти слоевища длинные, повисающие, сильно разветвлены. По краю лопастей всегда есть темные реснички. Край завернут книзу .Встречается по всей России.

*Пармелия оливковая* - образует на коре деревьев ( чаще березы, сосны, ольхи) розетковидные блестящие коричневые слоевища. Растет на поверхности древесины, приурочена к хорошо освещенным местам. Встречается по всей таежной зоне, главным образом, в ее южной части.

*Пармелия козлиная* - с желтовато-зелеными розетками. Растет в лесах и в городских парках. Предпочитает стволы и ветви лиственных пород, встречается на древесине, камнях. Чаще располагается на хорошо освещенных местах.

*Гипогимния вздутая* - имеет слоевище зеленоватых оттенков, серо-зеленое, голубовато-зеленое, гладкое или морщинистое, снизу черное или темно-коричневое. Чаще растет на стволах и ветвях хвойных деревьев. Широко распространена по всей России. Вид интересен тем, что полностью отмирает примерно за один месяц при превышении концентрации сернистого газа 0,2 мг\м3.

*Алектория перепутанная* - растет чаще на коре хвойных пород, иногда на березах, широко распространена в Европейской части России.

Интересные исследования лишайников и других низших организмов как биоиндикаторов среды, были проведены школьниками в Великобритании. Обобщенные результаты этих исследований приведены в таблице .

*Контроль загрязнения воздуха по споровым растениям*

|  |  |
| --- | --- |
| Степень загрязнения воздуха | Споровые растения-индикаторы |
| Очень высокая | Лишайники отсутствуют, отмечены водоросли на камнях и деревьях |
| Высокая | Накипной серо-зеленый лишайник леканора в основании деревьев и на камнях |
| Средняя | Листоватый оранжевый лишайник ксантория на деревьях и камнях |
| Низкая | Листоватый серый лишайник пармелия на камнях, леканора и водоросли на деревьях, мхи на камнях |
| Очень низкая | Листоватые серые лишайники на основании стволов деревьев |
| Чистый воздух | Место леканоры занимают кустистые лишайники |
| Очень чистый воздух | Обычны кустистые лишайники, (уснея) |

Степень загрязнения воздуха соотносится с разнообразием форм и видов лишайников следующим образом:

Очень слабое (1 класс) - общее число видов до шести, в том числе накипные, листоватые и кустистые формы серого и желтого цвета.

Слабое (2 класс) - общее число видов до трех, накипные, листоватые и кустистые формы серого цвета, накипные лишайники желтого цвета.

Среднее (3 класс) - только два вида лишайников серого цвета, накипные и листоватые формы.

Умеренное (4 класс) - только один вид накипных лишайников серого цвета.

Сильное (5 -6 классы) - полное отсутствие лишайников, «лишайниковая пустыня».

*Методы наблюдений*

Распространение в природе эпифитных лишайников обусловлено множеством факторов. Наиболее важные из них - влажность, свет и качество субстрата (его физико-химические характеристики). Поэтому различные виды эпифитных лишайников могут быть приурочены к определенным экологическим условиям, породам деревьев, возрастной структуре древостоя.

Определение лишайников проблематично и требует высокой квалификации специалиста-лихенолога. Это создает некоторые трудности при лихеноиндикации загрязнения окружающей среды.

Лихеноиндикация может носить временной и пространственный характер. В первом случае анализируется изменение состояния лихенофлоры на исследуемой территории за определенный период времени. Во втором случае сравнивается состояние лихенофлоры разных участков (например, расположенных на различном расстоянии от источника загрязнения). Для школьного экологического мониторинга скорее приемлем второй вариант, как более простой и показательный.

Для наиболее полной и объективной характеристики лихенофлоры исследуемых участков следует применять максимум критериев оценки, но при этом необходимо помнить об указанных требованиях к школьным методикам и сложных для учета показателей не использовать. В связи с этим, нам кажется оптимальным использование в школьной методике следующих критериев оценки лихенофлоры:

1. Видовое разнообразие.
2. Встречаемость.
3. Обилие.

В настоящее время одной из основных проблем в биологии является то, что наблюдения вносят в наблюдаемый объект слишком большие изменения. Это в равной степени относится и к приведенным школьным методикам лихеноиндикации. Анализ видового разнообразия лихенофлоры изучаемых участков в этих методиках предполагает сбор и определение образцов лишайников. Следует учесть, что работа будет выполнятся на исследуемой территории несколькими классами.

В связи с указанной проблемой, мы рекомендуем широкое использование фотоиллюстраций. Применение фотографий в данном случае полностью отвечает позициям невмешательства в природу, задачам формирования у школьников экологического мировоззрения. Кроме того, применение фотографий повышает наглядность, стимулирует интерес школьников к работе. Фотоиллюстрации можно использовать как для предварительного ознакомления с лихенофлорой изучаемых территорий, так и для полевого определения непосредственно в процессе работы. Для этого заранее приготовьте набор фотографий лишайников, наиболее распространенных на территории вашего города. Возможен и такой вариант, когда фотосъемка лишайников производится на начальном этапе работы вместе с первыми исследованиями.

Если качественные фотографии сделать затруднительно, то при проведении работ по лихеноиндикации можно использовать коллекцию лишайников. В таком случае коллекция лишайников собирается всего один раз в начале исследования и монтируется таким образом, чтобы она могла использоваться при работе в полевых условиях и экземпляры лишайников при этом не повреждались. Систематического сбора образцов лишайников в районе исследования в этом случае удастся избежать.

Все фотографии и экземпляры в коллекции должны быть снабжены этикетками. На этикетках следует указать условный номер вида и его название (род). Номера одинаковых видов лишайников в коллекции и на фотографиях должны совпадать. Иллюстрации и коллекция используются в работе для определения видового разнообразия лихенофлоры. При этом отпадает необходимость самостоятельно определения видовой принадлежности лишайника. Надо лишь визуально сравнить интересующий экземпляр, не отделяя его от субстрата с уже имеющимся на фотоснимках и в коллекции. Пополняйте свою фототеку по мере обнаружения новых видов лишайников.

Кроме изучения видового разнообразия, мы предлагаем использовать иллюстративные ряды фотографий при оценке обилия лихенофлоры изучаемых участков. Для этого на всех участках следует отснять по одному дереву каждой породы, максимально заселенному лишайниками. Затем сравните покрытие лишайниками деревьев каждой породы на разных участках. Такой метод оценки обилия значительно нагляднее.

Проводите наблюдения на участках с одинаковым породным составом. Количество исследуемых деревьев каждой породы на разных участках должно быть одинаковым. В этом случае результаты сравнения лихенофлоры будут показательны. Такой подход поможет сформировать у школьников более точные представления об экологических связях лишайников с другими компонентами растительных сообществ. Особое внимание обратите на такие факторы как освещенность и влажность. Для лихеноиндикации всегда следует использовать прямостоячие, взрослые, но не больные и не сухостойные деревья.

Для изучения разнообразия лишайниковой флоры и при определении лишайников может использоваться способ химического тестирования. Используя простые реактивы, например, слабый раствор йода, белильной извести или едкого кали, вы получаете возможность диагностировать некоторые, самые распространенные лишайники.

Образец лишайника растираете в порошок и на щепотку этого порошка добавляете одну-две капли индикаторного раствора. Цвет получившейся смеси покажет, что за лишайник вы определили.

*Цветовая реакция разных лишайников на растворы щелочи, йода и белильной извести*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Лишайники*** | **КОН** | **J** | **Известь** |
| *Кладония* | слабо-желтый | коричневый | зеленый |
| *Ксантория* | красный | красный | бурый |
| *Пармелия* | желтый | ярко-красный | темно-зеленый |
| *Цетрария* | желтый | вишневый | зеленый |
| *Леканора* |  |  | зеленый |

Перед началом работы напомните ученикам преимущество использования методов лихеноиндикации в экологическом мониторинге. По набору фотоиллюстраций и коллекции лишайников познакомьтесь с наиболее распространенными представителями эпифитной лихенофлоры вашей местности.

Затем составьте план местности, отметив на нем основные источники загрязнения воздушной среды (ТЭЦ, заводы, дороги и т.п.) и площади, занятые зелеными насаждениями. Выберите и отметьте на плане 3-4 участка зеленых насаждений, в различной степени удаленных от источника загрязнения. Всем участкам присвойте условные номера или названия.

Для работы приготовьте: набор фотографий лишайников (лучше несколько экземпляров), коллекцию лишайников, лупы, формы записи результатов, фотоаппарат.

На исследуемом участке работу начните с определения основных древесных пород. Обследуйте 4-5 наиболее распространенных пород. Важно помнить, что эпифитные лишайникки надо учитывать на вертикально растущих, взрослых, но не ослабленных деревьях. *Деревья разных пород изучаются отдельно!* Вполне достаточно изучить по 20-25 деревьев каждой породы.

Для определения встречаемости лишайников отмечайте число обследованных и заселенных лишайниками деревьев. С помощью фотоиллюстраций и коллекции определите количество видов лишайников, найденных на деревьях одной породы. Результаты изучения видового разнообразия и встречаемости заносите в таблицу.

Учет встречаемости лишайников

*Участок:..Монастырский парк.*

*Порода: Липа мелколистная.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название вида лишайников | Дерево № | | | | |
| (по коллекции и фотографиям) | 11 | 12 |  | 224 | 225 |
| Пармелия бороздчатая |  |  |  |  |  |
| Гипогимния вздутая |  |  |  |  |  |
| Ксантория постенная |  |  |  |  |  |

*Всего деревьев, заселенных лишайниками:...*

В случае обнаружения вида эпифитных лишайников, нового для коллекции и фотоальбома, сделайте фотоснимок и отберите образец этого вида для коллекции. Снимку и экземпляру в коллекции присвойте один и тот же порядковый номер. Отметьте новый вид под этим номером, а позже определите по коллекции или определителю.

Аналогичным образом исследуйте деревья остальных выбранных для изучения пород. Для каждой породы отдельно заполняется подобная табличка с указанием номера участка, названия породы, количества изученных деревьев и количества деревьев каждой породы, заселенных лишайниками.

Для оценки обилия выберите и сфотографируйте по одному дереву каждой породы, максимально заселенному лишайниками.

После изучения всех намеченных пород подведите итог исследования эпифитной лихенофлоры данного участка, заполнив таблицу. Для этого используйте информацию из предыдущей таблицы по данному участку.

*Участок: .Монастырский парк*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерий | Порода | | | Все |
| оценки | Дуб | Липа |  | породы |
| Число видов лишайников |  |  |  |  |
| Всего обследовано деревьев |  |  |  |  |
| Из них заселено лишайниками |  |  |  |  |
| Встречаемость лишайников |  |  |  |  |

Проведите работу на остальных участках, выбранных для исследования. При этом следует помнить, что участки должны характеризоваться сходными условиями по влажности и освещенности, а древесные насаждения иметь одинаковый породный состав. Количество изучаемых деревьев одной породы на всех участках должно быть одинаковым.

Изучив все намеченные участки, заполните итоговую таблицу . При этом используйте материалы исследования по всем участкам, отраженные в предыдущей таблице .

.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок | Встречаемость лишайников на породах в (%) | | | | Число видов |
|  | Дуб | Липа |  | Все породы |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

Оцените обилие эпифитных лишайников на разных участках по выполненным фотографиям. Покрытие ствола лишайниками следует сравнивать у деревьев одной породы на разных участках.

Изучив характеристики лишайников, сделайте вывод о степени относительной загрязненности атмосферного воздуха.

Пример. Исследования проводились в г. Москве осенью и зимой 2017 г. Для анализа были взяты участки зеленых насаждений, расположенные по радиусу от центра Москвы в юго-западном направлении. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха являются автодороги. Наиболее крупная из них - Ленинский проспект, вдоль которого расположены участки, намеченные для изучения. Выбранные для исследования насаждения имеют сходный породный состав и возрастную структуру, т.е. отвечают всем упомянутым выше требованиям.

Участки были пронумерованы в следующем порядке:

1. «Александровский сад»;

2. «Нескучный сад»;

3. «Воронцовский парк»;

4. «Тропарево»;

Анализ лихенофлоры проведен на четырех породах: липа, дуб, береза, тополь - эти породы присутствуют на всех изучаемых участках. Обследовались по 25 деревьев каждой породы. Всего на исследованных участках было обнаружено 11 видов эпифитных лишайников:

1. Гипогимния вздутая
2. Пармелия бороздчатая
3. Пармелеопсис сомнительный
4. Ксантория постенная
5. Фисция щетинистая
6. Фисция звездчатая
7. Базидия желтоватая
8. Накипной 1
9. Накипной 2
10. Накипной 3
11. Накипной 4

Виды распределились по участкам следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
| *«Александровский сад»* | *«Нескучный сад»* |
| Лишайники не обнаружены. | Пармелия бороздчатая  Фисция звездчатая  Накипной 4 |
| *«Воронцовский парк»* | *«Тропарево»* |
| Пармелия бороздчатая  Фисция звездчатая  Ксантория постенная  Базидия желтоватая  Накипной 3 | Пармелия бороздчатая  Фисция звездчатая  Пармелеопсис сомнительный  Фисция щетинистая  Ксантория постенная  Накипной 1  Накипной 2 |

*Обработка данных и обсуждение результатов*

Суммарные данные по каждому из участков зафиксирован в таблицах.

*Участок «Александровский сад»*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерий | П о р о д а | | | | Все породы |
|  | Дуб | Липа | Береза | Тополь |  |
| Число видов лишайников | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Всего обследовано деревьев | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 |
| Из них заселено лишайниками | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Встречаемость лишайников в % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Участок «Нескучный сад».*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерии | П о р о д а | | | | Все породы |
|  | Дуб | Липа | Береза | Тополь |  |
| Число видов лишайников | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| Всего обследовано деревьев | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 |
| Из них заселено лишайниками | 0 | 6 | 0 | 0 | 6 |
| Встречаемость лишайников в % | 0 | 24 | 0 | 0 | 6 |

*Участок «Воронцовский парк».*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерий | П о р о д а | | | | Все породы |
|  | Дуб | Липа | Береза | Тополь |  |
| Число видов лишайников | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| Всего обследовано деревьев | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 |
| Из них заселено лишайниками | 7 | 16 | 15 | 14 | 52 |
| Встречаемость лишайников в % | 28 | 64 | 60 | 56 | 52 |

*Участок «Тропарево».*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерий | П о р о д а | | | | Все породы |
|  | Дуб | Липа | Береза | Тополь |  |
| Число видов лишайников | 3 | 4 | 2 | 6 | 7 |
| Всего обследовано деревьев | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 |
| Из них заселено лишайниками | 20 | 25 | 24 | *23* | 92 |
| Встречаемость лишайников в % | 80 | 100 | 96 | 92 | 92 |

Итоги исследования видового разнообразия и встречаемости лишайников на всех изученных участках отражены в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок | Встречаемость лишайников на породах (%) | | | | | Число видов |
|  | Дуб | Липа | Береза | Тополь | Всего |  |
| Александровский сад | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Нескучный сад | 0 | 24 | 0 | 0 | 6 | 3 |
| Воронцовский парк | 28 | 64 | 60 | 56 | 52 | 5 |
| Тропарево | 80 | 100 | 96 | 92 | 92 | 7 |

Изучив общие тенденции изменения состояния эпифитной лихенофлоры на разных участках, мы видим, что с увеличением расстояния от центра города:

а) число видов эпифитных лишайников увеличивается;

б) общий процент встречаемости лишайников на всех породах возрастает;

в) покрытие стволов деревьев лишайниками становится более обильным.

Таким образом, относительная степень загрязнения атмосферного воздуха с удалением от центра города уменьшается.

*Мониторинг хвойных пород в городе*

Хвойные деревья наиболее заметно и быстро реагируют на загрязнение воздуха. Если в озеленении города используется *сосна обыкновенная ,* то по состоянию ее хвои можно оценить степень загрязнения воздуха. Для этого выберите несколько деревьев высотой немного больше человеческого роста. Деревья могут быть различного возраста, что определяется количеством годичных мутовок на стволе. На верхушечных побегах предыдущего года (второго сверху) осмотрите состояние хвоинок для определения класса повреждения и усыхания . Оцените степень повреждения по следующим признакам:

1 - хвоинки без видимых повреждений

2 - несколько мелких пятен на хвоинке

3 - много пятен, некоторые из них крупные

Степень усыхания хвои оцените по нескольким классам:

1 - нет сухих участков на хвоинках

2 - усохший кончик хвоинки (2 - 5 мм)

3 - усохло до трети длины хвоинки

4 - усохло более половины длины хвоинки

При оценке загрязнения воздуха нужно учитывать возраст хвои. На каждой мутовке (годичном побеге) определите на глаз долю сохранившихся хвоинок ( например 10, 30 или 50%). Тогда полный возраст хвои можно определить как число участков побега с полностью сохранившейся хвоей и долей сохранившейся хвои на предыдущем по возрасту побеге (рис. 11 ).

Класс загрязнения воздуха определите по таблице 19 , где I класс соответствует чистому воздуху, II - слабо загрязненному, III - загрязненному и IV класс - сильно загрязненному воздуху.

Класс загрязнения воздуха

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Степень повреждения хвои | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Возраст хвои |  |  |  |  |
| 4 года | I | I | II | III |
| 3 года | I | II | III | III |
| 2 года | II | III | III | IV |
| 1 год | III | IV | IV | IV |

*Вопросы для дискуссии*

1. Какое значение имеют лишайники в городских условиях ?
2. По наблюдениям школьников лишайники на деревьях в пределах микрорайона отсутствуют. Причинами этого могут быть:

а) сильная загрязненность воздуха

б) отсутствие подходящих деревьев

в) недостаточное количество обследованных деревьев

г) сочетание указанных причин

д) другие варианты (укажите).

3. Хвойные породы деревьев, в частности молодые сосны, хорошо поглощают загрязнения воздуха и ослабляют шум. Но они плохо переносят городские условия. Можно ли рекомендовать хвойные породы для озеленения вашего микрорайона ?

***Тест для проверки знаний***

***Если на стволах деревьев в парке много лишайников, это значит, что...***

***А) воздух в городе достаточно чистый***

Б) воздух в городе очень грязный

В) все деревья очень старые

Г) все деревья больные