

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В Г. ИВАНГОРОДЕ МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ И БИОИНДИКАЦИИ ПО СОСНЕ

Куперина Ю.А.

г. Ивангород, МБОУ «ИСОШ № 1 им. Н.П. Наумова», 11 класс

Руководитель: Крутякова Т.В., г. Ивангород, МБОУ «ИСОШ № 1 им. Н.П. Наумова»,
учитель биологии, заместитель директора по УВР

Проблема загрязнения атмосферного воздуха – одна из серьезнейших глобальных проблем, с которыми столкнулось человечество по мере развития цивилизации, и в последние годы она все возрастает. В.С. Вишаренко, Толоконцев Н.Л. считают, что загрязнённый атмосферный воздух губителен для всех живых организмов, обитающих на Земле. Примеси, содержащиеся в воздухе, отрицательно влияют на здоровье человека, вызывая различные заболевания (Вишаренко, Толоконцев, 2002).

По мнению В.В. Амбарцумяна и Носова В.Б. одним из наиболее серьезных загрязнителей воздуха является автотранспорт. При интенсивной урбанизации и росте мегаполисов автомобильный транспорт стал самым неблагоприятным экологическим фактором в охране здоровья человека и природной среды в городе (Амбарцумян, Носов, Тагасов, 1999).

Дело в том, что автомобильные выхлопы содержат около 200 веществ, в том числе и диоксид серы и свинец. Причем диоксид серы может накапливаться и концентрироваться в слоевищах лишайников. Так, концентрация диоксида серы – 0,5 мг/м³ губительна для всех видов лишайников, поэтому лишайники можно рассматривать в качестве индикаторов – определителей чистоты воздуха.

Мы живем в небольшом городе Ивангороде Ленинградской области, находящийся на границе с Эстонией, но через него проходит федеральная автомобильная трасса Санкт – Петербург – Таллин. В последние годы наблюдается увеличение потока автотранспорта через город, как легкового, так и грузового, и поэтому тема исследования актуальна для населения города.

Наша школа расположена в 300 м от федеральной трассы, и мы заинтересовались тем, насколько загрязнители, поступающие из автомобильных выхлопов, влияют на состав воздуха в городе.

Цель работы: провести оценку загрязненности воздуха выхлопными газами автомобилей в городе в районе федеральной трассы методами лишеноиндикации и биоиндикации по сосне.

Задачи, которые мы решали:

1. Изучить биологические особенности лишайников.

2. Познакомиться с методами лишеноиндикации и биоиндикации по сосне.

3. Определить виды лишайников в районе исследования.

4. Установить, как меняется видовой состав и площадь покрытия лишайниками субстрата по мере приближения к источнику загрязнения.

5. Определить принадлежность исследуемых районов к зоне загрязнения воздуха и приблизительный интервал концентраций диоксида серы.

6. Сделать выводы о степени загрязненности воздуха в районе исследования.

Объект исследования – лишайники, произрастающие на коре деревьев, растущих вдоль федеральной трассы и на территории пришкольного участка и сосны, растущие вдоль трассы.

Предмет исследования – видовой состав и степень покрытия субстрата лишайниками и внешний вид хвой сосны.

Гипотеза: мы предположили, что по мере удаления от источника загрязнения и уменьшения количества выхлопных газов в воздухе количество видов лишайников и степень покрытия субстрата будут увеличиваться, а количество хвоинок с повреждениями – уменьшаться.

Исследование проводилось в Ивангороде с 20 декабря 2017 года до 10 января 2018 года. Были заложены две исследовательские площадки: в районе федеральной трассы перед пропускным пунктом в Эстонию и на территории пришкольного участка.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования мы воспользовались методиками, предложенными Ашихминой Т.Я. [3] Пчелкиным А.В., Боголюбовым А.С. [7] и В.В. Амбарцумяном [2].

В целях оценки загрязнения атмосферы в районе федеральной трассы и пришкольного участка мы описывали лишайники, которые растут на деревьях по обеим сторонам федеральной трассы и центральной аллеи пришкольного участка на каждом третьем, пятом и десятом дереве.

Пробная площадка ограничивалась на стволе рамкой (палеткой) из плотного полиэтилена, размером 10 x 10 см, которая была разделена на 100 квадратов по 1 см².

Мы отмечали, какие виды лишайников встретились на площадке и, какой процент общей площади рамки занимает каждый растущий там вид.

На каждом дереве описывали четыре пробные площадки: две у основания ствола (с разных его сторон: 1 – обращена к автодороге, 2 – на противоположной от дороги) и две на высоте 1,5 м, так же с разных сторон ствола.

Видовое разнообразие лишайников на каждом участке определяли при помощи определителя Гарибовой Л.В. [5].

Таким образом, в ходе обследования мы подсчитали количество всех видов лишайников, произрастающих в районе исследования.

Кроме выявления видового состава, определяли размеры слоевища и степень покрытия коры деревьев в процентах. Данные занесли в таблицы. Эти результаты мы использовали для оценки загрязнения атмосферного воздуха, в том числе – на наличие диоксида серы (SO₂) и его концентрацию. Провели химический анализ вытяжки из лишайников с целью определения наличия в них свинца. Провели оценку загрязнения воздуха по состоянию хвои сосны. На основании анализа данных сделали выводы о степени загрязненности воздуха в исследуемом районе.

Биологические особенности лишайников

И.А. Шапиро в своей книге «Загадки растения – сфинкса» (Шапиро, 1991) отмечает, что лишайники являются примером симбиоза грибов с водорослями. Постоянный компонент лишайников – водоросли (сине-зелёные, жёлто-зелёные или зелёные). В Википедии говорится о том, что обычно каждому виду лишайника соответствует свой вид водоросли [9].

По строению тела (слоевища) различают накипные (корковые), листоватые и кустистые лишайники (рис. 1 – 3). Вегетативное тело накипных лишайников наиболее примитивно, оно бывает зернистым, пористым или в виде корочек. Более развиты листоватые лишайники, имеющие вид более или менее рассечённых пластинок. Высоко организованы кустистые лишайники, имеющие вид кустиков, свисающих нитей или прямостоячих выростов [9].

Большинство лишайников состоят из образованной гифами плотной коры, в которой имеются необходимые для дыхания поры. Кора позволяет всасывать влагу из

воздуха и защищает лишайник от переохлаждения или перегрева. Под корой гифы более рыхлые, между ними располагаются клетки водоросли.

Обычно клетки водоросли расположены по периферии – ближе к свету – образуя фотосинтезирующий слой. По анатомическому строению различают лишайники гомемерные (в которых водоросли распределены более или менее равномерно по всему телу) и гетеромерные (водоросли находятся только под слоем коры). Некоторые лишайники симбиотируют также с бактериями, за счёт чего получают азот прямо из воздуха, или паразитируют на мхах и других лишайниках [8].



Рис. 1. Накипной лишайник



Рис. 2. Листовой лишайник



Рис. 3. Кустистый лишайник

Лишайники растут на почве (эпигейные), камнях (эпилитные) или древесных стволах (эпифитные), получая необходимую для жизни влагу из атмосферы. Однако гораздо большее количество химических элементов лишайники получают из атмосферы с осадками и пылью. Поглощение элементов из дождевой воды идет очень быстро и сопровождается их концентрированием. Так при повышении концентрации диоксида серы в воздухе резко возрастает и его содержание в слоевищах лишайников.

Лишайники – это организмы-биоиндикаторы: они растут только в экологически чистых местах, поэтому их не встретишь в больших городах и промышленных зонах [8].

Наиболее резко лишайники реагируют на диоксид серы. Концентрация диоксида серы 0,5 мг/м³ губительна для всех видов лишайников. На территориях, где средняя концентрация SO₂ превышает 0,3 мг/м³, лишайники практически отсутствуют. В районах со средними концентрациями диоксида серы от 0,3 до 0,05 мг/м³ по мере удаления от источника загрязнения сначала появляются накипные лишайники, затем листоватые (леканора, ксантория). При концентрации менее 0,05 мг/м³ появляются кустистые лишайники (уснея, алектория) и некоторые листоватые (лобария, пармелия).

Л.В. Гарибова с коллегами в своей книге «Водоросли, лишайники и мохообразные СССР» (1978) описали большую группу лишайников, произрастающих в нашей стране, в том числе и наиболее устойчивые к загрязнению воздуха и поэтому широко распространенными в городах являются лишайники родов ксантория, пармелия, леканора [5].

Метод лишеноиндикации

Лишайники – это организмы-биоиндикаторы: они растут только в экологически чистых местах, поэтому их не встретишь в больших городах и промышленных зонах [8].

Наиболее устойчивыми к загрязнению воздуха и поэтому широко распространенными в городах являются лишайники родов ксантория, пармелия, леканора [8]. Биоиндикация – оценка качества природной среды по состоянию её биоты. Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видов – индикаторов. Лихеноиндикация – индикация состояния окружающей среды по видовому и качественному составу лишайников [7].

Биологические индикаторы – организмы, которые реагируют на изменения окружающей среды своим присутствием или отсутствием, изменением внешнего вида, химического состава, поведения. Для выявления разных загрязняющих веществ используются разные виды биоиндикаторов: для общего загрязнения – лишайники (табл. 1) и мхи, для загрязнения тяжелыми металлами – слива и фасоль, аммиаком – подсолнечник, сероводородом – шпинат и горох, полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) – недотрога и др.

Лишайники высокочувствительны к загрязнению среды обитания. Причина чувствительности лишайников к воздушному загрязнению заключается в особенностях их строения. Они не имеют плотной поверхностной кутикулы, защищающую их снаружи от вредных внешних воздействий. Поэтому во влажную погоду они дышат и впитывают воду всей своей поверхностью, а вместе с водой и воздухом в них проникают и растворенные в воде и содержащиеся в атмосферном воздухе токсические вещества, которые распространяются по всему слоевищу. В сухую погоду вода быстро испаряется из слоевища, а токсины остаются, накапливаясь внутри лишайников, мешая фотосинтезу, дыханию, убивая клетки водорослей.

Оценка встречаемости видов лишайников и площадь покрытия ими коры деревьев оценивалась по 5-балльной шкале (А.В. Пчелкин, А.С. Боголюбов, 1997) (табл. 2).

Таблица 1

Степень устойчивости лишайников к загрязнению воздуха (С.В. Алексеев, 1996)

Степень загрязнения воздуха	Индикаторы
Очень высокая	Лишайники отсутствуют
Высокая	Накипной серо-зеленый лишайник леканора в основаниях деревьев и на камнях
Средняя	Листоватый желтый лишайник на деревьях и камнях
Низкая	Листоватый серый лишайник пармелия, леканора на деревьях
Очень низкая	Листоватые серые лишайники на основаниях стволов деревьев
Чистый воздух	Кустистые лишайники (уснея)

Оценку загрязненности атмосферы определяли на основании следующих закономерностей:

1. Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньше встречается видов лишайников.

2. Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев.

3. При повышении загрязненности воздуха первыми исчезают кустистые лишайники, за ними – листоватые, последними – накипные (табл. 3).

Мы определили также принадлежность исследуемого района к одной из семи зон загрязнения воздуха и приблизительный интервал концентраций SO_2 (В.В. Амбарцумян, 1999) (табл. 4), используя собранные нами данные.

Результаты исследования

Результаты лишеноиндикации

При проведении обследования на пробных площадках были обнаружены и определены следующие виды лишайников (Приложение 1):

Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) – листоватый лишайник, имеет среднюю устойчивость к загрязнению воздуха.

Пармелия скальная (*Parmelia saxatilis*) – листоватый лишайник, имеет среднюю устойчивость к загрязнению воздуха.

Ксантория многоплодная (*Xanthoria polygama*) – листоватый лишайник, имеет среднюю устойчивость к загрязнению воздуха.

Таблица 2

Таблица оценки частоты встречаемости и степени покрытия

Частота встречаемости (в %)		Степень покрытия (в %)		Балл оценки
Очень редко	менее 5%	Очень низкая	менее 5%	1
Редко	5-20%	Низкая	5-20%	2
Редко	20-40%	Средняя	20-40%	3
Часто	40-60%	Высокая	40-60%	4
Очень часто	60-100%	Очень высокая	60-100%	5

Таблица 3

Определение степени загрязнения воздуха

Зона	Степень загрязнения	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
		Кустистые	Листовые	Накипные
1	Загрязнения нет	+	+	+
2	Слабое загрязнение	-	+	+
3	Среднее загрязнение	-	-	+
4	Сильное загрязнение («лишайниковая пустыня»)	-	-	-

Таблица 4

Зоны загрязнения воздуха (Амбарцумян В.В., 1999)

№	Название	Лихеническая характеристика	SO_2 , мг/м ³
0	Сильно загрязненный воздух	Лишайники отсутствуют	более 0,17
I	Загрязненный воздух	Фисция сильно угнетенная	0,15-0,17
II	Пониженно загрязненный воздух	Фисция по стволам деревьев, появляется ксантория	0,1-0,15
III	Умеренно загрязненный воздух	Ксантория по стволам деревьев, появляется пармелия	0,05-0,1
IV	Относительно чистый воздух	Пармелия по стволам деревьев, появляется гипогимния	0,04-0,05
V	Чистый воздух	Появляются кустистые лишайники, в т.ч. эверния	0,02-0,04
VI	Очень чистый воздух	Обычны кустистые лишайники, в т.ч. уснея	менее 0,02

Гипогимния вздутая (*Hypogymnia phytodes*) – листоватый лишайник, встречается в условиях чистого воздуха.

Лепрария инкана (*Leparia incana*) – накипной лишайник, встречается в условиях сильного загрязнения воздуха.

Пармелиопсис темный (*Parmeliopsis heteropta*) – листоватый лишайник, имеет среднюю устойчивость к загрязнению воздуха.

Результаты, полученные в ходе обследования исследуемой территории, мы занесли в табл. 5 и 6.

Из анализа данных таблиц видно, что наибольшее проективное покрытие было обнаружено на территории пришкольного участка – на его окраине (95%). Исследованный около границы участок федеральной трассы отличался наименьшим проективным покрытием – около 9%. По нашему мнению, причиной этого является то, что на данном участке автомагистрали наблюдается скопление автотранспорта перед пропускным пунктом через границу,

где автомобили задерживаются от 15 до 1,5 часов с работающим двигателем. Поэтому воздух в этой части федеральной трассы, по-видимому, довольно сильно загрязнён. Нами было замечено, что степень покрытия субстрата лишайниками зависит не только от близости к источнику атмосферного загрязнения, но и от других факторов (возраст и породы деревьев).

Наибольшее количество видов (4) было обнаружено на территории пришкольного участка на деревьях, более удаленных от здания школы. По мере удаления от источников атмосферного загрязнения количество видов лишайников увеличивается, изменяясь примерно так же, как и проективное покрытие. Наиболее часто встречаемым видом на всех участках оказался лишайник Лепрария инкана (*Leparia incana*), за ним следует Ксантория многоплодная (*Xanthoria polygarpa*) и Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), чуть реже встречался вид Пармелия скальная.

Таблица 5

Результаты исследования загрязнения воздуха методом лишеноиндикации

Признаки	1 район: вдоль автодороги											
	3-е дерево				5-ое дерево				10-ое дерево			
	основание		h = 1,5 м		основание		h = 1,5 м		основание		h = 1,5 м	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Общее количество видов лишайников, в том числе:	1	1	1	1	0	1	1	2	0	0	0	1
Кустистых	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Листовитых	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Накипных	1	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	1
Размер таллома min/max, в мм	0,5 1	1 4	0,5 2	0,5 4	0,5 2	0,5 2	0,5 2	0,5 4	0,5 1	1 3	0,5 2	0,5 4
Степень покрытия древесного ствола лишайниками, %	20	30	10	15	10	20	10	15	5	15	5	10

Таблица 6

Результаты исследования загрязнения воздуха методом лишеноиндикации

Признаки	2 район: пришкольный участок (нумерация от школы)											
	3-е дерево				5-ое дерево				10-ое дерево			
	основание		h = 1,5 м		основание		h = 1,5 м		основание		h = 1,5 м	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Общее количество видов лишайников, в том числе:	2	2	2	3	3	4	3	4	4	4	3	4
Кустистых	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Листовитых	1	1	1	2	2	3	2	3	3	3	2	3
Накипных	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Размер таллома Min /max, в мм	1 3	1,5 4	1,5 4	2 3	3,5 5	2 5	2 4	4 4	2 4	4 6	3 5	4 6
Степень покрытия древесного ствола лишайниками, %	52	65	65	65	65	60	65	70	65	70	80	95

Размер слоевища лишайников, произрастающих на пришкольном участке, является наибольшим, что способствует нормальной жизнедеятельности в условиях низкого уровня атмосферного загрязнения. На территории автострады обнаруживаются меньшие размеры талломов, особенно листоватых лишайников, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения, особенно в районе пропускного пограничного пункта.

Мы выяснили, что в районе федеральной трассы встречается лишайник Лепрария и появляется лишайник Ксантория. Из анализа таблицы 4 констатируем, что воздух на этом участке пониженной загрязненности сернистым газом, концентрация его колеблется от 0,1 до 0,15 мг/м³ (при среднесуточном предельно допустимом значении до 0,05 мг/м³).

На пришкольном участке у здания школы повсеместно распространена Ксантория и встречается Пармелия. Следовательно, воздух здесь умеренной загрязненности SO₂ и его концентрация здесь колеблется от 0,05 до 0,1 мг/м³.

На пришкольном участке, более удаленном от здания школы, воздух относительно чистый, так как распространена Пармелия и появляется Гипогимния, концентрация SO₂ колеблется от 0,04 до 0,05 мг/м³.

Результаты биоиндикации по сосне

В целях подтверждения выводов о степени загрязнения воздуха в городе было проведено еще одно исследование: оценка загрязнения воздуха по состоянию хвои сосны (Ашихмина Т.Я., 2012; Мансурова, Кокуева, 2001), методика и результаты которого представлены в табл. 7 и приложении 2.

Наличие свинца, поступающего в окружающую среду из автомобильного топлива, возможно определить, проведя исследование лишайников, растущих на высоте 1,5 м или придорожных растений (Мансурова, 2001, с. 59).

Мы измельчили собранные в районах исследования лишайники и добавили к каждой пробе по 50 мл смеси этилового спирта и воды (т. е. водки). Тщательно перемешали, чтобы соединения свинца (а это в основном – бромид свинца) перешли в раствор. Раствор отфильтровали и упарили экстракт до 10 мл. Затем добавляли по каплям в свежеприготовленный 5%-ый раствор сульфида натрия. Черный осадок сульфида свинца укажет на наличие в экстракте ионов свинца, а концентрация осадка – на его количество. Обычно оно закономерно уменьшается в зависимости от расстояния до дороги, а на расстоянии – 100 м свинец практически не обнаруживается.

В нашем случае деревья растут в примерно 3–5 м от дороги, но свинца в экстракте мы не обнаружили. Возможно, лишайники накапливают меньше соединения свинца, чем придорожные травы или проезжающие автомобили заправляются не этилированным бензином, содержащим тетраэтилсвинец (Приложение 3).

Результаты исследования:

1. По количеству хвоинок с пятнами лидирует Федеральная автотрасса (Приложение).

2. По количеству хвоинок с усыханием лидирует также Федеральная автотрасса.

Согласно данных результатов 1 место по количеству и хвоинок с пятнами, и по количеству хвоинок с усыханием занимает Федеральная трасса. А, как известно, это место, через которое проходит наибольшее количество автотранспортных средств, что подтверждает результаты представленного ранее исследования.

Выводы

1. В ходе проведенной работы цель – проведение оценки загрязненности воздуха выхлопными газами автомобилей в городе в районе федеральной трассы методом лишайноиндикации и биоиндикации по сосне – достигнута.

Таблица 7

Результаты исследования степени загрязнения воздуха методом биоиндикации по сосне

№ п/п	Критерии (Повреждение и усыхание хвоинок)	Исследуемые участки	
		Площадка № 1 Федеральная автотрасса	Площадка № 2 Пришкольный участок
	Общее число исследуемых хвоинок	200	200
	Количество хвоинок с пятнами	35	8
	Процент хвоинок с пятнами (%)	17,5	4
	Количество хвоинок с усыханием	34	5
	Процент хвоинок с усыханием (%)	17	2,5

2. Были решены поставленные задачи:

– мы изучили биологические особенности лишайников, проведя анализ научных данных об индикационных способностях лишайников и выяснили, что они являются чуткими и удобными для проведения исследований биоиндикаторами;

– подобрали нужные нам методики исследования: «Определение воздушного загрязнения в городе методом лишеноиндикации и биоиндикации по сосне», описанные Ашихминой Т.Я., А.В. Пчелкиным, Мансуровой С.Е. и Амбарцумяном В.В.) и определили виды лишайников, произрастающих в районе исследования по определителю А.В. Гарибовой;

– установили закономерности изменения видового состава и площади покрытия лишайниками субстрата в зависимости от расстояния до источника загрязнения;

– определили принадлежность исследуемых районов к зоне загрязнения воздуха и примерное количество диоксида серы в воздухе на разных его участках по состоянию хвои сосны (В.В. Амбарцумян, 1999). В районе пограничного пропускного пункта на границе с Эстонией есть серьезное превышение предельно допустимого значения SO_2 , возможно, грузовики работают на сернистых бензинах, в отходящие газы которых могут входить оксиды серы;

– сделали выводы о степени загрязненности воздуха в районе исследования с помощью лишайников: она на разных территориях различна, но наиболее высокая степень загрязнения наблюдается в районе пограничного пропускного пункта на границе с Эстонией;

– выяснили, что хотя Ивангород и небольшой город, с неразвитой промышленной инфраструктурой, но за счет границы, в нем достаточно автотранспорта, чтобы производенными им газовыми выхлопами повлиять на экологическую ситуацию в городе.

3. Атмосферное загрязнение оказывает влияние на жизнедеятельность лишайников: в большинстве случаев размеры таллома лишайников, растущих вблизи источника атмосферного загрязнения, каковым является автомагистраль, меньше размеров таллома у лишайников, которые произрастают на участках с менее загрязненным воздухом (пришкольный участок). Такая же тенденция наблюдается и в отношении разнообразия видового состава лишайников и площади покрытия лишайниками субстрата.

На проективное покрытие лишайников влияет не только близость к источнику атмосферного загрязнения, но и такие факторы, как вид и возраст деревьев и другие факторы.

4. Наибольшее загрязнение атмосферы по состоянию лишайников на исследованных участках было обнаружено на территории федеральной автотрассы вблизи пропускного пограничного пункта ввиду длительной задержки автотранспорта при пересечении границы. Участок с наименьшим загрязнением атмосферы был выявлен на территории пришкольного участка в точке, наиболее удаленной от здания школы, что объясняется отсутствием здесь проезжающего автотранспорта:

– наиболее часто встречаемыми видами на исследованных территориях являются Лепрария инкана (*Lepraria incana*), за ним следует Ксантория многоплодная (*Xanthoria polygarpa*), Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) – эти виды наиболее устойчивы к загрязнению воздуха. Реже встречается Гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*), которая распространена в условиях достаточно чистого воздуха;

– распространение накипного лишайника *Lepraria incana* на территории вдоль автомобильной магистрали свидетельствует о сильном загрязнении воздуха на данной территории;

– воздух на территории пришкольного участка у здания школы средней загрязненности, о чем свидетельствует распространение *Parmelia sulcata* и наличие накипного лишайника *Lepraria incana* (до 25%), ввиду достаточно интенсивного потока легкового автомобильного транспорта;

– присутствие на пришкольном участке на коре деревьев, удаленных от школьного здания, таких лишайников, как *Xanthoria polygarpa* и *Parmelia sulcata*, а также большая площадь покрытия коры деревьев (до 95%) листоватыми лишайниками свидетельствуют об относительно чистом воздухе;

5. Благодаря результатам, полученным при проведении лишеноиндикации, мы смогли определить примерное содержание диоксида серы в воздухе:

– содержание в воздухе диоксида серы на участке вдоль трассы превышено над среднесуточным предельно допустимым значением (от 0.1 до 0.15 мг/м³ при предельно допустимом 0.05 мг/м³);

– на пришкольной территории есть участки с небольшим превышением над предельно допустимым значением.

6. Гипотеза – по мере удаления от источника загрязнения в воздухе количество видов лишайников и степень покрытия субстрата будут увеличиваться – подтвердилась в процессе определения видового состава лишайников и изучения степени покрытия ими коры деревьев в исследуемом районе.

7. На основе анализа предложенных в литературе путей решения проблемы загрязнения воздуха автотранспортом мы отобрали те, которые можно использовать жителям нашего города.

Рекомендации по снижению экологического риска

1. Мы не видим в ближайшем будущем перспективы, что показатели загрязнения атмосферного воздуха в городе выхлопными газами автотранспорта будет снижаться, так как поток автомобильного сообщения через границу вряд ли уменьшится.

2. В то же время, выбор мероприятий для снижения возможного экологического риска следует осуществлять на основе сравнения следующих основных вариантов:

- изменение параметров дороги, направленные на повышение средней скорости транспортного потока;

- ограничение движения отдельных типов автомобилей полностью или в отдельные интервалы времени;

- усиление контроля за движением автомобилей с неотрегулированными двигателями по участку, чувствительному к загрязнению воздушной среды, в целях минимизации токсичных выбросов (чтобы реже создавались автомобильные пробки при пересечении российско–эстонской границы, необходимо создание оборудованного «отстойника» для автомобилей за пределами города, введение электронной очереди на пропускном пункте);

- использование жителями города средств индивидуальной защиты (ватно-марлевых повязок) в случае повышения загрязняющих веществ (пылевой природы) в атмосфере.

- устройство защитных сооружений и увеличение зеленых насаждений.

5. Считаем, ценность нашего исследования в том, что методики, предложенные нами для определения чистоты воздуха в городе, можно легко использовать в качестве обучающей при проведении школьниками учебных исследований и проектов во внеурочной деятельности; простота проведения исследования будет способствовать привитию вкуса у ребят к научному исследованию.

Список литературы

1. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Гушина Э.В. Практикум по экологии: учебное пособие. – М.: АО МДС, 1996.
2. Амбарцумян В.В., Носов В.Б., Тагасов В.И. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. – М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 1999.
3. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. – Киров: ООО «типография «Старая вятка», 2012. – 95 с: ил. – (Серия тематических сборников и DVD – дисков «экологическая мозаика». Сборник 15).
4. Вишаренко В.С., Толоконцев Н.А. Экологические проблемы городов и здоровье человека. – Л.: Знание, 2002.
5. Гарибова Л.В., Дундин Ю.К., Коптяева Т.Ф., Филин В.Р. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. – М.: «Мысль», 1978, 365 с.; 28. л. ил.
6. Мансурова С.Е., Кокуева Г.Н. Следим за окружающей средой нашего города: 9 – 11 кл.: Школьный практикум. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 112 с.: ил.
7. Пчелкин А.В., Боголюбов А.С. Методы лихеноиндикации загрязнений окружающей среды. Методическое пособие. – М.: Экосистема, 1997. – 25 с.
8. Шапиро И.А. Загадки растения-сфинкса: лишайники и экологический мониторинг / И.А. Шапиро. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 80 с.
9. Википедия. <https://ru.wikipedia.org>.
10. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации. М.: Центр международных проектов Минприроды России, 2015.
11. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации. М.: Центр международных проектов Минприроды России, 2016.
12. http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/a6438f94-0be8-4ea2-844b-41d6b5e9f618/My_choice/projekts/fiz_chem/str5.htm.
13. <http://www.ebio.ru/gri09.html>.