

Колесник Аким Алексеевич, бакалавр, Псковский государственный

университет, г. Псков

e-mail: akim.44@yandex.ru

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА Г. ПСКОВА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

Аннотация: Создание благоприятных условий окружающей среды включает в себя мониторинг выбросов вредных веществ, и своевременная реакция на превышение допустимых параметров. Наиболее доступным способом мониторинга считается биоиндикация. Лишайники – это природные индикаторы, наглядно реагирующие на изменения в составе воздуха и субстрата. Главная задача работы – это оценка качества атмосферного воздуха города Пскова. Для этого было проведено комплексное обследование 13 зеленых насаждений, отличающихся плотностью транспортного потока и близостью к промышленным предприятиям.

Ключевые слова: лишеноиндикация, загрязнение, атмосферный воздух, лишенобиота, Псков.

Annotation: The creation of favorable environmental conditions includes monitoring of emissions of harmful substances and timely response to exceeding permissible parameters. Bioindication is considered to be the most accessible way of monitoring. Lichens are natural indicators that clearly respond to changes in the composition of air and substrate. The main task of the work is to assess the quality of the atmospheric air of the city of Pskov. For this purpose, a comprehensive survey of 13 green spaces was carried out, differing in the density of traffic flow and proximity to industrial enterprises.

Keywords: lichenoidication, pollution, atmospheric air, lichenobiota, Pskov.

Введение. Наблюдение за качеством воздуха является одной из наиболее значимых целей мониторинга окружающей среды. Причиной тому - трансграничный перенос загрязняющих веществ, который охватывает всю биосферу. Под качеством атмосферного воздуха понимают набор определенных физических, химических и биологических факторов, оказывающих влияние, как на человека в частности, так и на всю жизнь на планете, а также на неживую природу и на окружающую среду в целом.

Угроза загрязнения воздуха всегда была особенно актуальна для городов из-за сосредоточения промышленных предприятий, выхлопов автомобилей и частых пожаров. Выгодное экономическое положение, богатая культура, а также красивая природа, делают Псков привлекательным для туризма и переезда местом, благодаря чему он активно развивается и расширяется. Но есть и обратная сторона: из-за быстрого расширения и плотной застройки страдает экологическая обстановка, многие районы города чрезмерно подвержены загрязнению различных вредных веществ. В совокупности, эти факторы указывают на необходимость проведения новой мониторинговой работы [6].

Мониторинг атмосферного воздуха является комплексной системой наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и источниками его загрязнения, а также прогнозирование и оценка главных изменений качества воздуха в целях своевременного выявления негативных воздействий на окружающую среду [1].

Главным методом научно-исследовательской работы была выбрана биоиндикация. Это метод определения экологически значимых антропогенных и природных нагрузок по состоянию её биоты. Благодаря высокой открытости лишайников к взвесям и газам, находящимся в воздушной среде их можно использовать в качестве биоиндикаторов для оценки состояния атмосферного воздуха. Биоиндикаторы – это организмы или сообщества организмов, чье

наличие, особенности строения, численность и характер жизнедеятельности позволяют использовать их для мониторинга окружающей среды. Лихеноиндикация – это метод мониторинга загрязнения окружающей среды при помощи лишенобиоты [10]. Методы лишеноиндикации подразделяются на две основных группы: активная лишеноиндикация и пассивная лишеноиндикация [2]. В научной работе будет использоваться метод пассивной лишеноиндикации, поскольку тот обладает достаточно высокой точностью определения загрязненности, при этом не требуя высоких материальных затрат.

Материалы и методы. В работе широко применяются методы характерные для пассивной индикации, а именно:

Шкала Браун-Бланке — система балльных оценок для совместного определения проективного покрытия и обилия видов.

Часть — вид очень редок с незначительным покрытием;

+ — встречается редко, покрытие мало;

1 — число особей велико, но покрытие незначительно или особи разрежены, но покрытие большое;

2 — число особей велико, покрытие от 5 до 25%;

3 — при любом числе особей покрытие от 25 до 50%;

4 — при любом числе особей покрытие от 50 до 75%;

5 — при любом числе особей покрытие больше 75%.

Шкала полеотолерантности эпифитов [3]. Суть данного метода заключается в сборе разнообразных видов лишайников на исследуемой территории и последующем сопоставлении их по шкале устойчивости к загрязнению. Где наименее устойчивым видам назначен 1 класс, а наиболее устойчивым – 9 класс.

Для количественного описания эпифитной лишенофлоры в основном используется метод экспозиции [2]. С соотношением сторон 1:1 создаются сеточки, которые представляют собой жесткий контур квадратной формы, разделенный на квадраты размером 0.5x0.5 см тонкими проволочками,

натянутыми параллельно сторонам контура или нарисованными квадратиками на прозрачном полотне тех же размеров. Этот метод является разновидностью метода, широко применяемого в геоботанике, обладает такими преимуществами, как наглядность результатов и простота. Он общепринят в лишенологии. При определении проективного покрытия лишайников обычно пользуются сеточками 20 X 20 см, представляющие собой рамки, на которые через каждый сантиметр натянуты продольные и поперечные тонкие проволочки. Рамку накладывают на ствол на высоте 1.5 -1.7 метров и фиксируют. Затем определяют число *a* единичных квадратов, в которых лишайники занимают на глаз больше половины площади квадрата, и им приписывают покрытие, равное 100 %; определяют число *b* квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади квадрата, и им приписывают покрытие, равное 50 %. Общее покрытие в процентах вычисляют по формуле: $R = 100a + 50b / c$ (*c* – число исследованных площадок). Методику можно повторить для каждой из сторон дерева.

Для оценки величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортными потоками на городских участках были подсчитаны автомобили у исследуемых территорий. Эта информация может помочь объяснить картину распространения лишайников, их состояния и видового разнообразия.

Основная часть. Исследования проводились в июне 2022 года в 10 зеленых насаждениях, находящихся на разной удаленности от дорожных участков с активным транспортным движением, что позволяет проследить зависимость антропогенного влияния на состояние талломов лишайников. На каждом объекте было проведено обследование не менее 10 деревьев одной породы, в сумме 180 деревьев.

В парке имени Гагарина (Рис. 2) была проведена экспозиция на стволах *Populus tremula*. Из 20 обследованных деревьев наибольшей средней площадью покрытия обладало дерево под номером 19. Его периметр равен 135 сантиметров, а площадь покрытия равна 67%. Наименьшим – дерево номер 16, периметр которого равен 83, и экспозиция 39,75%. Среднее значение проективного покрытия по парку составило примерно от 48% до 61%. Наибольшим проективным покрытием характеризовались деревья находящиеся ближе к центру бульвара, что связано с меньшей загрязненностью воздуха частицами пыли и выхлопными газами.

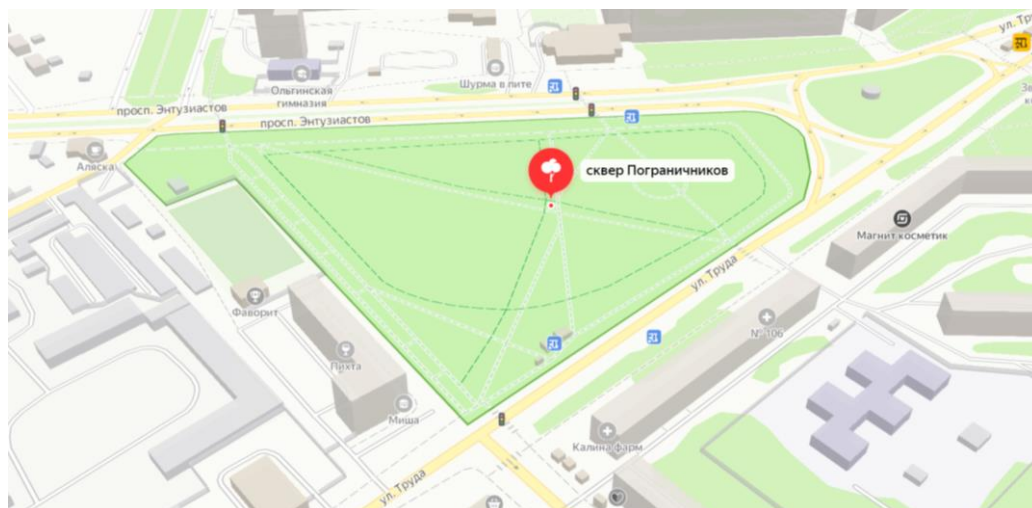


Рис. 3. Сквер пограничников

В сквере Пограничников (Рис. 3) была проведена экспозиция на стволах *Tilia cordata*. Из 20 обследованных деревьев наибольшей средней площадью покрытия обладали деревья под номерами 2 и 3. Их периметр равен 86 и 114 сантиметров, а площадь покрытия равна 57,5%. Наименьшим – дерево номер 19, периметр которого равен 77, и экспозиция 28,75%. Среднее значение проективного покрытия по скверу Пограничников составило примерно от 30% до 50%. Наибольшим проективным покрытием характеризовались деревья находящиеся ближе к центру бульвара, что связано с меньшей загрязненностью воздуха частицами пыли и выхлопными газами.

В парке Строителей (Рис. 5) была проведена экспозиция на стволах *Fraxinus excelsior*. Из 20 обследованных деревьев наибольшей средней площадью покрытия обладало дерево под номером 13. Его периметр равен 113 сантиметров, а площадь покрытия равна 63,75%. Наименьшим – дерево номер 1, периметр которого равен 105, и экспозиция 42,75%. Среднее значение проективного покрытия по парку Строителей составило примерно от 45% до 59%. Зависимости периметра ствола от расположения не наблюдалось.

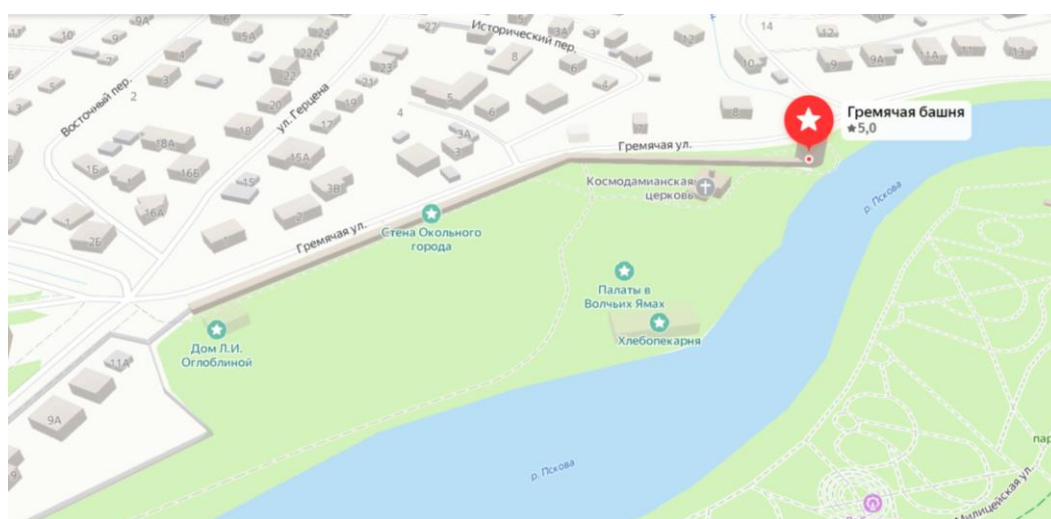


Рис. 6. Парк около Гремячей башни

В парке около Гремячей башни (Рис. 6) была проведена экспозиция на стволах *Acer platanoides*. Из 20 обследованных деревьев наибольшей средней площадью покрытия обладало дерево под номером 1. Его периметр равен 112 сантиметров, а площадь покрытия равна 62,75%. Наименьшим – дерево номер 13, периметр которого равен 105, и экспозиция 35,5%. Среднее значение проективного покрытия по парку составило примерно от 37% до 46%. Проективное покрытие на столах не меняется в зависимости от положения деревьев.

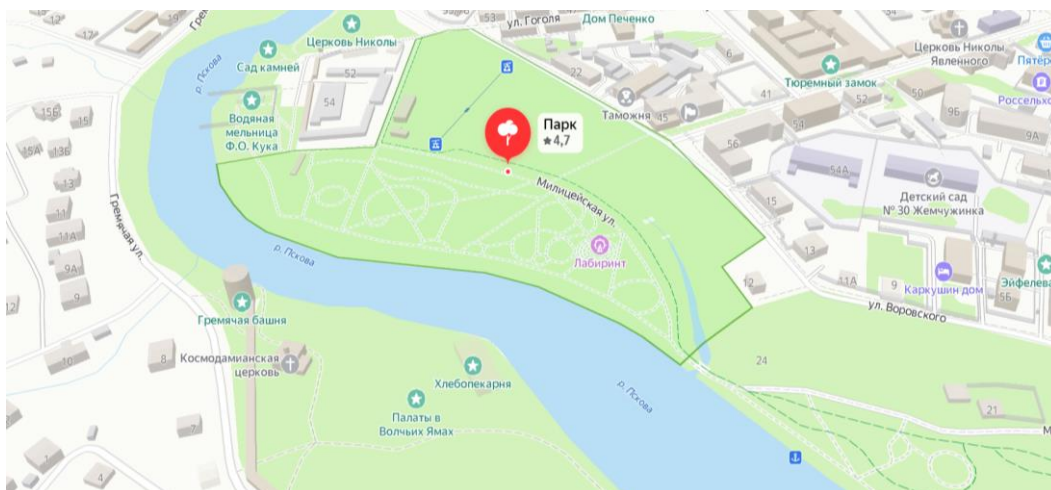


Рис. 7. Финский парк

В Финском парке (Рис. 7) была проведена экспозиция на стволах *Populus tremula* и *Salix x fragilis*. Из 20 обследованных деревьев наибольшей средней площадью покрытия обладало дерево под номером 11 породы *Salix x fragilis*. Его периметр равен 101 сантиметров, а площадь покрытия равна 62,75%. Наименьшим – дерево номер 3, периметр которого равен 92, и экспозиция 41,25%. Среднее значение проективного покрытия составило примерно от 45% до 51%. Наибольшее проективное покрытие было обнаружено вблизи реки Псковы.

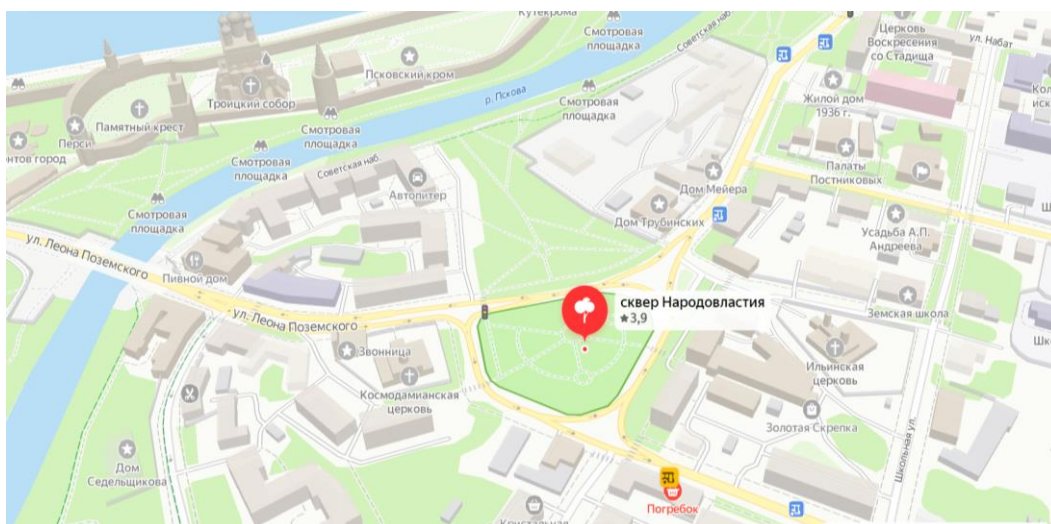


Рис. 8. Сквер Народновластия

В сквере Народновластия (Рис. 8) была проведена экспозиция на стволах

Populus tremula. Из 20 обследованных деревьев наибольшей средней площадью покрытия обладало дерево под номером 20. Его периметр равен 123 сантиметра, а площадь покрытия равна 62,5%. Наименьшим – дерево номер 7, периметр которого равен 98, и экспозиция 39,25%. Среднее значение проективного составило примерно от 46% до 55%.

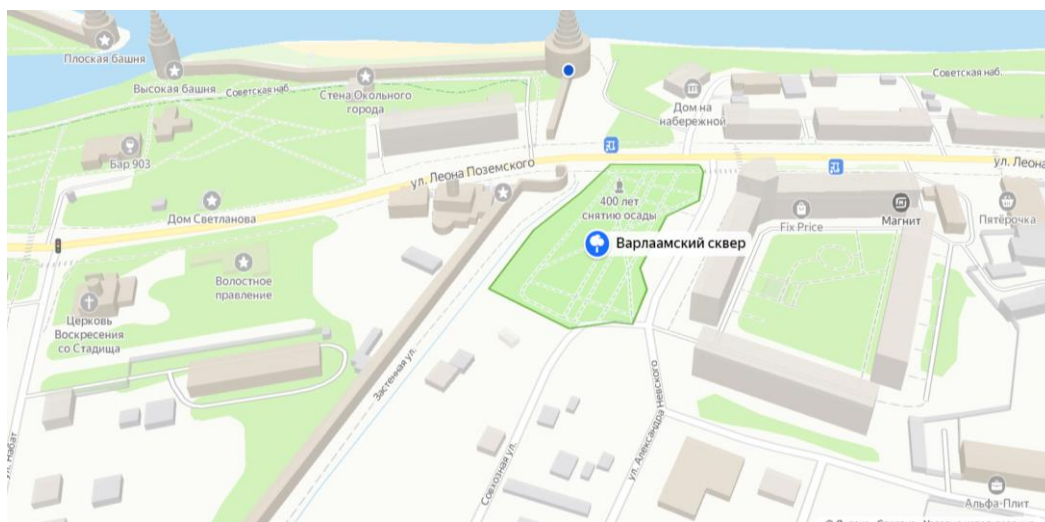


Рис. 9. Варлаамский сквер

В Варлаамском сквере (Рис. 9) была проведена экспозиция на стволах *Asar platanoides*. Из 20 обследованных деревьев наибольшей средней площадью покрытия обладало дерево под номером 11. Его периметр равен 110 сантиметров, а площадь покрытия равна 60,3%. Наименьшим – дерево номер 2, периметр которого равен 93, и экспозиция 42%. Среднее значение проективного покрытия составило примерно от 46% до 55%.

Многие из объектов исследования (рис. 5, рис. 6, рис. 7, рис. 8, рис. 9) расположены вблизи рек Великой и Псковы, что повышает влажность и тем самым создает более благоприятные условия для развития лишайников. Другим не менее важным, но уже отрицательным фактором, для лишайников, является близость к дорогам (Ежкин А.К., 2016); только 3 объекта не имеют прямого выхода на дорожные участки: парк Строителей (рис. 5), Финский парк (рис. 7) и парк около Гремячей башни (рис. 6).

Поскольку видовой состав древесных насаждений не однороден в парках и скверах, были выбраны доминирующие породы. Так в парке имени Гагарина, сквере Народовластия и Финском парке – это *Populus tremula*. А в Образском сквере, Варлаамском сквере и парке около Гремячей башни был выбран *Acer platanoides*.

Наиболее широко распространенными породами деревьев являются: *Quercus robur*, - с периметром ствола от 89 до 111, - *Acer platanoides*, - с периметром ствола от 88 до 122, - *Populus tremula*, - с периметром ствола от 93 до 119. Но также встречались и другие породы деревьев, а именно: *Tilia cordata*, *Salix × fragilis* и *Fraxinus excelsior*. В большинстве, было обследовано не менее 20 модельных пород сходного периметра, за исключением объектов, с меньшим количеством исследуемых пород (Финский парк). Деревья обследовались на высоте 1.5м, проективное покрытие было определено методом экспозиции [3] с юга, запада, севера и востока. Обилие вида определялось с помощью объединенной шкалы Браун-Бланке. Во время изучения видового разнообразия [7-9] эпифитной лишенофлоры было обнаружено 10 видов (таблица 1), а именно: *Xanthoria parietina* (Th. Fr.), *Hypogymnia physodes* (L), *Cladonia coniocraea* (Spreng), *Lecanora Sp.* (Ach.), *Pheophyscia orbicularis* (Neck.), *Candelariella xanthostigma* (Pers. ex Ach.), *Physcia perisidiosa* (Erichsen), *Physcia stellaris* (Nyl.), *Physcia adscendens* (H. Olivier), *Lepraria incana* (Ach.).

Таблица 1. Видовой состав парков

ЛП	Сир. Бул.	Парк Гагарина	Сквер Погран.	Образский Сквер	Парк Строит.	Парк Гремяч.	Финск. Парк	Сквер Народовл.	Варл. Сквер
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	-	+	+	+	+	+	+
3	-	-	-	-	-	+	-	-	-
4	-	-	-	+	+	-	+	-	-
5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
6	-	-	-	-	-	+	-	-	-
7	-	+	-	-	+	-	+	-	-
8	-	-	-	-	-	-	+	-	-
9	-	-	-	-	+	-	+	-	-
10	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Всего	2	3	1	3	6	5	7	2	2

Условные обозначения: *Xanthoria parietina* (Th. Fr.) – 1, *Hypogymnia physodes* (L) – 2, *Cladonia coniocraea* (Spreng) – 3, *Lecanora Sp.* (Ach.) – 4, *Pheophyscia orbicularis* (Neck.) – 5, *Candelariella xanthostigma* (Pers. ex Ach.) – 6, *Physcia perisidiosa* (Erichsen) – 7, *Physcia stellaris* (Nyl.) – 8, *Physcia adscendens* (H. Olivier) – 9, *Lepraria incana* (Ach.) – 10.

Из представленных видов, наиболее редкими являются *Physcia stellaris* и *Lepraria incana*. Первая из которых была обнаружена в Финском парке, недалеко от реки Псковы, а вторая – в парке Строителей, где так же отсутствует активное транспортное движение и рядом протекает река. Ниже приведены данные о встречаемости видов лишайников (таблица 2):

Таблица 2. Встречаемость лишайников

Вид лишайника	Коэффициент встречаемости, в %
<i>Lecanora Sp.</i>	9
<i>Cladonia coniocraea</i>	3
<i>Hypogymnia physodes</i>	27
<i>Xanthoria parietina</i>	30
<i>Pheophyscia orbicularis</i>	6
<i>Candelariella xanthostigma</i>	3
<i>Physcia perisidiosa</i>	9
<i>Physcia stellaris</i>	3
<i>Physcia adscendens</i>	6
<i>Lepraria incana</i>	3

Как видно из приведенной ранее таблицы, наиболее распространенным видом среди всех объектов исследования можно считать *Xanthoria parietina* (Th. Fr.) Эти данные соотносятся с ее классом устойчивости, что позволяет сделать вывод о высокой степени приспособленности [4] к городской среде и автомобильным выбросам (таблица 3).

Таблица 3. Толерантность лишайников

Вид лишайника	Класс толерантности
<i>Hypogymnia physodes</i>	8
<i>Xanthoria parietina</i>	7
<i>Pheophyscia orbicularis</i>	7
<i>Physcia stellaris</i>	4
<i>Physcia adscendens</i>	8
<i>Lepraria incana</i>	9

И, напротив, *Physcia stellaris* (Nyl.) имеет низкий уровень приспособленности к городским условиям, поэтому встречается редко. Во время изучения видового состава была обнаружена лишь один раз (таблица 1) в Финском парке, это может говорить о том, что он имеет благоприятное для развития лишайника расположение: поблизости отсутствуют дороги, нет активныхстроек и жилых зданий и имеется выход к р. Пскове.

Исходя из видового состава парков (таблица 1) наибольшее видовое разнообразие характерно для Финского парка, парка около Гремячей башни и парка Строителей. Эти парки подвержены самой низкой антропогенной нагрузкой среди всех исследованных объектов: на картах (рис. 5, 6, 7) видно, что рядом с ними отсутствуют дороги, и антропогенная нагрузка этих зон относительно низкая. По сравнению с Сиреневым бульваром (рис. 1) и сквером Пограничников (рис. 3), в непосредственной близости от которых, располагаются дороги с активным транспортным движением, а также прогрессивно развивается инфраструктура города.

Таблица 4. Среднее проективное покрытие по паркам

Парк	Проективное покрытие, %
Сиреневый бульвар	48.5
Сквер Пограничников	46.2
Парк имени Гагарина	52.7
Финский парк	50.5
Образский сквер	50.6
Парк Строителей	53.1
Парк около Гремячей башни	50.7
Сквер Народовластия	51.4
Варлаамский сквер	51.5

Проективное покрытие парков оценивалось на основе данных собранных во время получения экспозиций лишайников. По шкале Браун-Бланке (таблица3)

только два парка имеют оценку 3 балла: Сиреневый бульвар (48.5%) и сквер Пограничников (46.2%). Другие парки имеют оценку в 4 балла, из которых самый высокий процент среднего проективного покрытия принадлежит парку Строителей (53.1%).

Заключение. В результате работы было определено, что существует зависимость между воздействием человека на окружающую среду и жизнеспособностью лишайников (таблица 4). Это косвенно позволяет сделать выводы о качестве воздуха на исследованных объектах.

Наиболее благоприятными районами являются: Финский парк, парк Строителей и парк около Гремячей башни. У них обнаружено самое большое видовое разнообразие, в наименьшей степени выражено угнетение талломов. На основании этих данных, считаю, что воздух этих районов наиболее чистый.

Наименее благоприятными районами являются зоны неподалеку от Сиреневого бульвара и сквера Пограничников. Антропогенная нагрузка здесь достигла уровня, когда лишайники не могут нормально развиваться и постепенно увядают. Выживают лишь наиболее приспособленные виды, а именно: *Xanthoria parietina* (Th. Fr.) и *Hypogymnia physodes* (L).

Библиографический список:

1. Абдурахманов Г. М., Зайцев И. В. Экологические особенности содержания микроэлементов в организме животных и человека // Отв. ред. Ш. И Исмаилов. М.: Наука, 2004. 280 с.

2. Боголюбов А.С. Экосистема. Оценка загрязнения воздуха методом лишайноиндикации: методическое пособие [Текст] / А.С. Боголюбов, М. В. Кравченко. – Экосистема, 2001. – 15 с.

3. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л. Г. Бязров. М.: Изд-во Научный Мир, 2002. 336 с.

4. Генкель. П. А. Влияние окружающих условий на лишайниковый симбиоморфоз // Журн. общ. биол. 1983. Т. 44. № 3. С. 332-338.

5. Диссертация на тему эпифитный лишайниковый покров темнохвойных лесов юга сахалинской области в районах техногенного и природного загрязнения. Ежкин А.К. 2016. 485 с.

6. Истомин А. В., Архипенков А. Г., Судницына Д. Н., Истомина Н. Б., Лихачева О. В., Недоспасова Н. В., Соколова И. Г. Экологический мониторинг городской среды методами биоиндикации (на примере г. Пскова). Ч. 1. Псков, 2009. 188 с.

7. Калициевые - Гиалектовые. - Л., Изд-во "Наука", 1975. - 275 с.

8. Кладониевые-Акароспоровые. - Л., Изд-во "Наука", 1978. - 305 с.

9. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. - Л., Изд-во "Наука", 1971. - 412с.

10. Биологический энциклопедический словарь / Гиляров М. С. - М.: Советская энциклопедия, 1986. - 831с.