

**Автономная некоммерческая общеобразовательная
организация "Физтех-лицей" имени П.Л. Капицы
(АНОО «Физтех-лицей» им. П.Л. Капицы)**

XX научно-практическая конференция

«Старт в инновации»

**Исследование состояния окружающей среды с
помощью биоиндикаций и лишеноиндикации.**

Выполнили: Ляпун Дарья,
Минофьева Александра,
Соловьева Мария, 8 класс

Руководитель: Сальникова Е.И.

Московская область, г. Долгопрудный
2021 г.

Введение	3
Глава I. Теоретическая часть работы	5
1.1. Принципы биоиндикации	5
1.2. Листья березы повислой	5
1.3. Морфологические особенности лишайников	5
1.4. Принципы лишеноиндикация	7
Глава II. Практическая часть работы	8
1.1 Лишеноиндикация	8
1.2 Биоиндикация	9
Заключение.....	14
Список литературы.....	15
Приложения	16

Введение

Следствием пандемии коронавируса является сокращение негативного воздействия человека на окружающую среду. СМИ сообщали, что экология во многих странах улучшилась. Например, в Китае сократились выбросы углекислого и угарного газа, и воздух стал чище; в Венеции очистилась вода в каналах; в Италии снизился уровень выбросов диоксида азота.

Мы хотим выяснить, изменилось ли состояние окружающей среды в Московской области, используя метод биоиндикации и сравнивая результаты измерений этого года с результатами исследования 2017 года. По результатам 2017 года отклонения от нормы были средними и критическими. Вследствие пандемии состояние окружающей среды должно улучшиться. Так же мы решили исследовать состояние окружающей среды методом лишеноиндикации для более точного результата.

Цель: оценить состояние окружающей среды методом лишеноиндикации и проследить динамику ее изменения посредством биоиндикации.

Задачи:

- 1) Произвести сборы и измерения листьев берёзы повислой в условиях пандемии методом биоиндикации.
- 2) Установить видовой состав лишайников и их распространенность в разных частях города.
- 3) Обработать и оформить результаты биоиндикации и лишеноиндикации в виде таблиц и диаграмм.
- 4) Сравнить полученные результаты исследования методом биоиндикации с результатами аналогичного проекта, выполненного в 2017 году.
- 5) Сделать вывод о состоянии окружающей среды на основе сравнения результатов, полученных методом биоиндикации в 2020 и 2017 и на основании использования метода лишеноиндикации.
- 6) Сделать вывод о динамике состояния окружающей среды.

Методы исследования: Сравнение, анализ, синтез, биоиндикация, лишеноиндикация.

Сравнительный метод исследования предполагает сопоставление двух и более объектов и (или) их составляющих с целью выделения в них общего и различного для классификации и типологии. Мы сравнивали результаты исследований разных лет, а также полученные результаты со значением нормы.

Анализ – это разделение явления или объекта на составные части и их разностороннее изучение. Мы исследовали отдельные части правой и левой сторон листа березы повислой. Затем мы использовали *синтез*, соединяя измерения исследованных частей в целое и делая вывод об отклонениях строения всего листа от нормы. Так же мы исследовали отдельные деревья с произрастающими на них лишайниками, затем объединяя результаты в таблицы.

Биоиндикация – это оценка состояния окружающей среды по реакции живых организмов. В основу этой методики положена теория «стабильности развития», разработанная российскими учеными А.В. Яблоковым и В.М. Захаровым. Эти ученые доказали, что стрессорирующие воздействия различного типа (загрязнение почвы или атмосферы) вызывают в живых организмах изменения стабильности развития, которые могут выражаться во флуктуирующей асимметрии. Флуктуирующая асимметрия – это ненаправленное различие между правой и левой сторонами морфологических структур, в норме обладающих билатеральной (двусторонней) симметрией, при которой две половины объекта зеркально симметричны. Например, это может проявляться в различии размеров правой и левой половинки листа растения; числе лучей в грудных плавниках, в брюшных

плавниках, числе чешуй в боковой линии тела рыбы [2]. При нормальном развитии асимметрия минимальна. При возрастании стрессирующих воздействий она увеличивается. Идеальным объектом исследования антропогенного воздействия человека на окружающую среду посредством метода биоиндикации являются растения. Животные подходят меньше. Во-первых, стабильность их развития зависит от большего числа факторов, чем растений. Во-вторых, находясь на более высоких ступенях пищевой пирамиды, они менее подвержены влиянию загрязнения почвы и воздуха. В-третьих, животные подвижны, поэтому менее связаны с конкретной территорией. Растения «привязаны» к конкретной территории и подвержены влиянию почвы и воздуха, о состоянии которой и можно сделать вывод с использованием метода биоиндикации.

Лихеноиндикация – разновидность биоиндикации, при которой определение степени загрязнения геофизических сред происходит с помощью живых организмов, биоиндикаторов, которыми являются лишайники. Мы использовали данный метод, проводя измерения лишайников на площадках нашего города.

Глава I. Теоретическая часть работы

1.1. Принципы биоиндикации

Биоиндикация – это оценка состояния окружающей среды по реакции живых организмов. В основу этой методики положена теория «стабильности развития», разработанная российскими учеными А.В. Яблоковым и В.М. Захаровым. Эти ученые доказали, что стрессирующие воздействия различного типа (загрязнение почвы или атмосферы) вызывают в живых организмах изменения стабильности развития, которые могут выражаться во флуктуирующей асимметрии. Флуктуирующая асимметрия – это ненаправленное различие между правой и левой сторонами морфологических структур, в норме обладающих билатеральной (двусторонней) симметрией, при которой две половины объекта зеркально симметричны. Например, это может проявляться в различии размеров правой и левой половинок листа растения; числе лучей в грудных плавниках, в брюшных плавниках, числе чешуй в боковой линии тела рыбы [2]. При нормальном развитии асимметрия минимальна. При возрастании стрессирующих воздействий она увеличивается.

1.2. Листья березы повислой

Идеальным объектом исследования антропогенного воздействия человека на окружающую среду посредством метода биоиндикации являются растения. Животные подходят меньше. Во-первых, стабильность их развития зависит от большего числа факторов, чем растений. Во-вторых, находясь на более высоких ступенях пищевой пирамиды, они менее подвержены влиянию загрязнения почвы и воздуха. В-третьих, животные подвижны, поэтому менее связаны с конкретной территорией. Растения «привязаны» к конкретной территории и подвержены влиянию почвы и воздуха, о состоянии которой и можно сделать вывод с использованием метода биоиндикации.

При формировании листовой пластины, по мере накопления токсических веществ, происходит торможение ростовых процессов, и деформация листа. При окончательном формировании листовых пластин на деревьях, испытывающих высокую техногенную нагрузку, их площади меньше, чем на деревьях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях.

1.3. Морфологические особенности лишайников

Лишайники (лат. *Lichenes*) — симбиотические ассоциации грибов (**микобионт**) и микроскопических зелёных водорослей и/или цианобактерий (**фотобионт**, или **фикобионт**). Лишайники являются организмами-индикаторами (биоиндикаторы) для определения условий окружающей среды, в частности, качества воздуха (*лихеноиндикация*). Лишайники являются хорошими индикаторами благодаря тому, что взаимосвязь компонентов в нем легко нарушить. С водой и дождем в таллом лишайника вместе с питательными веществами попадают токсины. Это происходит из-за того, что лишайники не имеют никаких специальных органов для извлечения влаги из субстрата, а поглощают её всем талломом.

По внешнему виду лишайники можно разделить на три группы:

- 1) **Накипные**, или **корковые**. Таллом таких лишайников представляет собой корочку («накипь»), его нижняя поверхность плотно срастается с субстратом и не отделяется без значительных повреждений. Накипные лишайники могут жить на крутых склонах гор, деревьях и даже на бетонных стенах. Иногда такие лишайники

развиваются внутри субстрата и снаружи совершенно не заметны. Накипные лишайники наиболее распространены и менее требовательны к условиям окружающей среды.

- 2) **Листоватые.** Листоватые лишайники имеют вид пластин разной формы и размера, они более или менее плотно прикрепляются к субстрату при помощи выростов нижнего коркового слоя. Листоватые лишайники более требовательны к условиям обитания, чем накипные.
- 3) **Кустистые.** У наиболее сложных с точки зрения морфологии кустистых лишайников таллом образует множество округлых или плоских веточек. Такие лишайники могут расти как на земле, так и свисать с деревьев, древесных остатков, скал. Кустистые лишайники являются самыми требовательными к условиям окружающей среды.

По отношению к субстрату и другим условиям местообитания среди лишайников различают несколько крупных основных экологических групп:

- 1) Эпилитные лишайники – живущие на поверхности горных пород.
- 2) Эпифитные лишайники – растущие на коре деревьев и кустарников.
- 3) Эпигейные лишайники – растущие на поверхности почвы.
- 4) Эпифильные лишайники – развивающиеся на хвое и листьях вечнозеленых растений.
- 5) Эпибриофитные лишайники – обитающие на дерновинках мхов, и другие.

Эстонский ботаник Ханс-Вольдемар Хартмутович Трасс разработал шкалу жизненности лишайников и разделил методы лишеноиндикации на три группы:

- 1) Организменный уровень. Методы, которые позволяют изучать изменения, происходящие в строении и жизненных функциях лишайников.
- 2) Флористический уровень. Описание видов лишайников, обитающих в районах с разной степенью загрязнения атмосферы.
- 3) Ценотический уровень. Методы изучения лишайниковых сообществ в загрязненных районах и составление специальных лишеноиндикационных карт.

В своей работе мы использовали флористический уровень.

При оценке уровня загрязнения той или иной территории методами лишеноиндикации используется два подхода:

- качественный
- количественный.

В первом случае "степень загрязненности" территории определяется на основе тщательного изучения видового состава лишайников. Используя данные о наличии или отсутствии тех или иных видов на изучаемой территории и специальные таблицы классов полеотолерантности, составленные лишенологами, можно определить, к какой условной категории относится та или иная изученная территория. В нашей работе мы использовали таблицу классов полеотолерантности лишайников, которую разработал ботаник Х.Х. Трасс.

Во втором случае для оценки степени загрязненности территории используются специальные лишеноиндикационные индексы, учитывающие как отношение встречаемых

видов лишайников к тому или иному классу полеотолерантности, так и данные количественных измерений их численности.

1.4. Принципы лихеноиндикация

В настоящее время мы часто слышим термин «экологическая проблема». Он означает «изменение природной среды в результате антропогенного воздействия или стихийных бедствий, ведущее к нарушению структуры и функционирования природы». Антропогенные воздействия и нарушения функционирования природы негативно влияют на жизнь людей и экологию. Для предотвращения неблагоприятного воздействия нужно знать в какой степени проявляется воздействие. Оценить состояние окружающей среды можно с помощью лихеноиндикации.

Лихеноиндикация — комплекс методов, позволяющих с помощью лишайников определить общий уровень содержания основных загрязняющих веществ в атмосфере и почве. Индикатором может являться растение с достаточно продолжительным жизненным циклом и с большой областью распространения. Лишайники вполне отвечают всем этим требованиям. Они реагируют на загрязнение иначе, чем высшие растения. Долговременное воздействие низких концентраций загрязняющих веществ вызывает у лишайников такие повреждения, которые не исчезают вплоть до гибели их слоевищ. Это, видимо, связано с тем, что лишайники возобновляют свои клетки очень медленно, в то время как у высших растений поврежденные ткани заменяются новыми достаточно быстро.

Из всех групп лишайников наиболее чувствительными к загрязнению являются эпифитные лишайники, т.е. лишайники, растущие на коре деревьев. Чем больше загрязнен воздух, тем меньше в нем встречается лишайников. Экспериментально установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха первыми исчезают кустистые, затем листоватые и последними — накипные (корковые) формы лишайников. Из всех компонентов загрязненного воздуха больше всего на лишайники оказывает влияние диоксид серы (SO_2). Помимо двуокиси серы на лишайники губительно действуют и другие загрязнители — окислы азота (NO , NO_2). Экспериментально установлено, что это вещество в концентрации 0,03 - 0,1 мг/м³ (30-100 микрограмм/м³) начинает действовать на многие виды лишайников. Концентрация двуокиси серы в 0,5 мг/м³ губительна для всех видов лишайников, произрастающих в естественных ландшафтах. Большинство химических соединений, оказывающих неблагоприятное воздействие на лишайники, содержится в выбросах промышленных производств. Именно поэтому лишайники являются эффективными индикаторами антропогенной нагрузки.

Глава II. Практическая часть работы

1.1 Лихеноиндикация

1. Организация исследования

Лихеноиндикационное исследование имеет смысл при соблюдении важных условий. Организмы-индикаторы должны отвечать строго определенным требованиям:

- 1) не должны быть слишком чувствительными и слишком устойчивыми к загрязнению;
- 2) должны быть широко распространенными по земному шару, причем каждый вид должен быть приурочен к определенному местообитанию.

2. Выбор площадок

Мы оценивали состояние окружающей среды города Долгопрудного. Для этого мы разделили его на следующие площадки:

- парк культуры и отдыха в районе улицы Лаврентьева;
- территория, прилегающая к «Физтех-лицею» им. П. Л. Капицы.

На каждом участке мы выбрали 10 деревьев и проводили измерения с каждой из четырех сторон света на высоте 1 – 1,5 метра.

3. Измерение проективного покрытия (количественного состава)

Для измерения численности лишайников на деревьях мы воспользовались способом «палетки». Чтобы измерить проективное покрытие мы сделали из тонкого прозрачного пластика «палетку» размером 10*10 сантиметров и расчертили фломастером квадраты 1*1 сантиметр.

При работе с палеткой на каждом стволе дерева измерения производят четыре раза - с четырех сторон света. Подсчет лишайников на каждом участке ствола производят следующим образом. Сначала считают число квадратов, в которых лишайники занимают на глаз больше половины площади квадрата (а), условно приписывая им покрытие, равное 100 %. Затем подсчитывают число квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади квадрата (b), условно приписывая им покрытие, равное 50 %.

Данные записывают в рабочую таблицу.

Общее проективное покрытие в процентах (R) вычисляют по формуле: $R = (100 a + 50 b) / C$, где C - общее число квадратов палетки (например, при использовании палетки 10 x 10 см с ячейками 1 x 1 см, C = 100).

4. Индекс чистоты атмосферы

Индекс чистоты атмосферы, IAQ (Index of Atmosphere Quality, IAQ):

$$IAQ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i F_i}{10}$$

где Q_i - экологический индекс определенного i-того вида (или индекс ассоциированности),

C_i – показатель обилия i-того вида,

n - количество видов.

Вначале IAQ рассчитывается для каждого модельного дерева в отдельности, затем находится среднее значение для всей площадки в целом.

Экологический индекс (индекс ассоциированности) Q характеризует количество видов, сопутствующих данному виду на всей пробной площадке, плюс сам описываемый вид. Фактически – это общее число видов, обнаруженных на данной площадке.

Также, как и индекс полеотолерантности, индекс чистоты атмосферы IAQ коррелирует с концентрацией SO_2 в воздухе (по Трассу, 1985) (См. Приложение №17).

4. Индекс полеотолерантности

Для измерения качественного состава уровня загрязнения мы определяли вид и род лишайников на каждой стороне каждого дерева. Далее, руководствуясь таблицей классов полеотолерантности лишайников (См. Приложение №1), мы нашли индекс полеотолерантности (IP), учитывая видовой состав лишайников:

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_i}{C_n}$$

где n - количество видов на описанной пробной площадке, A_i - класс полеотолерантности i -того вида (от 1 до 10, см. правый столбец таблицы),

C_i - проективное покрытие i - того вида в баллах, C_n - сумма значений покрытия всех видов (в баллах). Индекс полеотолерантности вычисляется для всех обследованных модельных деревьев на площадке в среднем.

Оценка проективного покрытия дается по 10-балльной шкале:

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

Значения IP колеблются между 1 и 10 Чем больше значение IP, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании. Нулевое значение IP может быть только в случае полного отсутствия лишайников (См. Приложение №16).

Пример:

Допустим, на одной из площадок мы обнаружили 4 различных вида лишайников. Вид «1» имеет среднее значение проективного покрытия 23%, вид «2» -- 14%, вид «3» -- 56%, вид «4» --1%.

По таблице находим значения проективного покрытия в баллах C_i : для вида «1» -- 5 баллов, для вида «2» -- 4 балла, для вида «3» -- 8 баллов, для вида «4» -- 1 балл. Далее находим сумму значений покрытия C_n : $5+4+8+1= 18$ баллов.

Допустим, что первый вид имеет в таблице полеотолерантности (см. Приложение 1) 3-й класс полеотолерантности, «2» вид – 6 класс, «3» вид – 1 класс, «4» -- 7 класс.

Полученные данные подставляем в формулу.

$$IP: ((5*3)/18) + ((4*6)/18) + ((8*1)/18) + ((1*7)/18) = 3$$

1.2 Биоиндикация

Организация исследования

Биоиндикационное исследование имеет смысл при соблюдении важных условий:

- оно должно проводиться с интервалом во времени;
- образцы нужно брать с площадок, удаленных друг от друга.

При соблюдении этих условий возможно сделать выводы о временной и пространственной изменчивости растений.

Выбор площадок

В методических пособиях рекомендуется выбирать площадки, исходя из расстояния от них до объектов, представляющих угрозу загрязнения (промышленных предприятий, автомагистралей). Мы добавили свой критерий выбора -- социальная значимость площадок и их многолюдности. Мы проводили исследования в Городском парке культуры и отдыха в районе улицы Лаврентьева города Долгопрудного (площадка 1), в парке в районе канала (площадка 2), на территории, прилегающей к АНОО «Физтех-лицей» имени П.Л. Капицы (площадка 3).

Сбор полевого материала

3.1. Объекты исследования. Как уже говорилось ранее, данное исследование можно проводить на любых симметричных объектах, например, листьях березы, клена, тополя, крапивы; лягушках, считая полосы и пятнышки на их спинах. Мы выбрали в качестве объекта исследования листья березы повислой, так как это дерево широко распространено в нашей местности.

3.2. Время сбора. Листья нужно собирать с момента окончания их активного роста до начала опадения. В нашей местности этому соответствует временной период с конца июня до конца августа. Мы произвели сбор листьев 2 раза: в конце июня и в сентябре.

3.3. Выбор растений. На каждой площадке выбирают 10 близко растущих деревьев. Деревья должны находиться в одинаковых условиях по уровню освещенности, влажности, типу биотопа, (месту, однородному по условиям жизни для определенных видов растений или животных). Листья собирают со средневозрастных деревьев. Не следует использовать слишком молодые и старые деревья.

3.4. Сбор листьев. Собирают по 20 листьев с разных деревьев одной площадки. Для увеличения точности исследования в повторном исследовании в сентябре мы собирали по 50 листьев с каждого дерева одной площадки. Листья нужно собирать с укороченных побегов.

Они должны быть среднего для данного вида размера. Листья собирают в полиэтиленовые пакеты, в которые вкладывают лист бумаги с информацией о названии или номере площадки и датой сбора. В таком виде листья могут храниться в течение одного дня. В случае, если измерения планируется проводить не в день сбора, то листья, чтобы они не завяли, нужно хранить в пакете на нижней полке холодильника, но не более одной недели. Мы проводили измерения листьев в день их сбора.

4. Лабораторная обработка

4.1. Измерения. Они должны быть среднего для данного вида размера. Листья собирают в полиэтиленовые пакеты, в которые вкладывают лист бумаги с информацией о названии или номере площадки и датой сбора. В таком виде листья могут храниться в течение одного дня. В случае, если измерения планируется проводить не в день сбора, то листья, чтобы они

не завяли, нужно хранить в пакете на нижней полке холодильника, но не более одной недели. Мы проводили измерения листьев в день их сбора.

Для проведения измерений нам понадобились линейка, циркуль-измеритель и транспортир. Важно, чтобы измерения производились одними и теми же инструментами во избежание погрешностей в измерениях. Также желательно, чтобы листья одной площадки измерялись одним человеком, чтобы избежать субъективных ошибок. В это время другой человек заносит результаты в таблицу.

У каждого листа были измерены (рисунок 1.):

1) ширина половинки;

Данный показатель выбран, так как в норме лист должен иметь билатеральную симметрию, т.е. срединная плоскость должна делить лист на правую и левую половины, подобные друг другу.

2) длина второй жилки второго порядка от основания листа;

3) расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;

4) расстояние между концами этих жилок;

5) угол между главной жилкой и второй от основания жилки второго порядка.

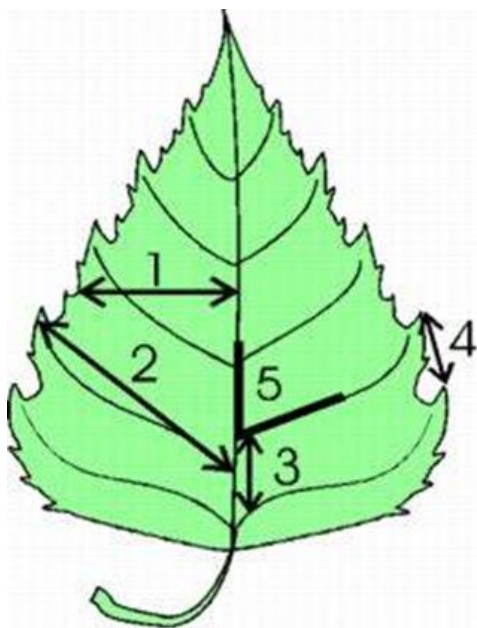


Рисунок №1

4.2. Вычисления. Величину асимметрии у растений рассчитывают, как отношение разницы в оценках слева и справа к сумме этих оценок. Чтобы получить интегральный показатель стабильности развития, сначала рассчитывают среднюю относительную величину асимметрии по всем признакам для каждого листа, сложив относительные величины асимметрии по каждому признаку и поделив эту сумму на число признаков. Затем рассчитывают среднее арифметическое по этому показателю для всех листьев с одной модельной площадки. Такая схема обработки используется для растений. Расчет на примере Площадки 1 (ПКиО № 1), дата сбора июнь 2020.

1. Сначала для каждого листа вычисляются относительные величины асимметрии по каждому отдельному признаку. При этом модуль разности между оценками признаков слева (L) и справа (R) делят на сумму этих же оценок:

$|L - R| / |L + R|$, Например: Лист №1, признак 1

$$|17-19| / |17+19| = 2/36 = 0,056$$

Значение вносится в соответствующий столбец и строчку «Признак 1»

2. Затем вычисляют величину асимметрии для каждого листа по всем признакам. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков.

Например, для листа 1: $(0,056+0,000+0,167+0,048+0,000)/5=0,054$

Результаты вычислений заносят в последнюю графу таблицы.

3. На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднее арифметическое всех

величин асимметрии для каждого листа. Это значение округляется до третьего знака после запятой. В нашем случае искомая величина равна:

$(0,054+0,07+0,046+0,042+0,024+0,084+0,120+0,038+0,144+0,028+0,061+0,1+0,029+0,013+0,146+0,044+0,072+0,05+0,064+0,43)/20=0,064$. Это значение вносится в сводную таблицу результатов асимметрии листьев березы по площадкам.

Оценка результатов

1.1 Результаты биоиндикации

В итоге мы получили таблицу сводных данных асимметричности листьев березы повислой по трем площадкам в июне и сентябре 2017 года и добавили свои результаты 2020 года. Мы сравнили полученные результаты со школой стабильности развития березы повислой, представленной в методических рекомендациях Т.В. Потаповой.

На основании диаграмм (См. Приложение №18-22) мы сделали вывод о том, что на всех площадках в 2020 году – критическое состояние природной окружающей среды. Причем, измерения, произведенные в июне и сентябре, свидетельствуют, что состояние природной окружающей среды за три месяца ухудшилось на 2 площадках (См. Приложение №18).

По сравнению с 2017 годом ситуация также ухудшилась. Все площадки со значением показателей выше критической нормы. Особенно – площадка №3 «Физтех – лицей».

В ходе нашего исследования мы опровергли выдвинутую гипотезу, что окружающая среда нашего города улучшилась в 2020 году в связи с пандемией и самоизоляцией весной 2020 года.

Фактором, негативно влияющим на природную окружающую среду, является деятельность человека. Результаты, полученные в Долгопрудном, можно объяснить близостью к

МКАДу, на котором собираются «пробки», следствием чего является загрязнение воздуха выхлопными газами. Так же рядом с городом находится крупная ТЭЦ. Кроме этого, на территории нашего города расположены химический завод, нефтебаза и многие другие вредные производства, деятельность которых пагубно сказывается на общей экологической обстановке города. Около лицея находится компания «Сатори» (Промышленный проезд, 4), которая открытым способом занимается дроблением бетона и щебня.

Одна из причин плохих показателей на площадке 2 (парк-канал), по нашему мнению, является наличие в течение долгого времени рядом с местом сбора листьев (в радиусе 1 км.) свалки ОАО МКК. Это так называемая «лысая гора» - Приложение 4, место свалки каменных и гранитных отходов, вблизи которой превышены нормы радиации.

1.2 Результаты лишеноиндикации

В результате исследования состояния окружающей среды методом лишеноиндикации мы посчитали индекс чистоты атмосферы и индекс полеотолерантности на двух площадках: ПККиО и территория «Физтех-лицей» им. П.Л. Капицы.

Индекс полеотолерантности на площадке ПККиО составил 6,83. Мы сравнили данное значение со значением IP, скоррелированным со среднегодовым содержанием SO₂ в воздухе и получили концентрацию SO₂ 0,08 - 0,10 мг/ м³, что соответствует зоне среднего загрязнения. На площадке «Физтех-лицей» значение IP 6,86, что также соответствует зоне среднего загрязнения. (См. Приложение №23)

Индекс чистоты атмосферы на площадке ПККиО составил 6,79, а на площадке «Физтех-лицей» -- 8,4. Мы сравнили данные значение со значением IAQ, скоррелированным со среднегодовым содержанием SO₂ в воздухе и получили более 0,086 мг/ м³, что является самым высоким индексом чистоты атмосферы, следовательно, воздух в данном районе сильно загрязнен. (См. Приложение №24)

Такие результаты можно объяснить тем, что из всех компонентов загрязненного воздуха больше всего на лишайники оказывает влияние диоксид серы (SO₂). SO₂ образуется при гидроочистке, переработке и очистке различных нефтяных фракций и сероводородсодержащих газов. В 50 км от Долгопрудного находится Московский нефтеперерабатывающий завод (ОАО "Газпром-нефть"). Также всего в 16 километров от нашего города находится ОАО "Аурат" ("Химзавод Войкова") -- переработка опасных химических отходов (в частности использованных автомобильных аккумуляторов) представляет опасность выброса. Таким образом, высокий индекс полеотолерантности можно объяснить расположением вблизи города промышленных предприятий.

Заключение

В рамках исследования мы произвели сборы и измерения листьев березы повислой в условиях пандемии, проанализировав результаты методом биоиндикации. Обработав результаты, мы оформили их в виде таблиц (См. Приложение №12-15) и диаграмм (См. Приложение №18-22).

Мы сделали вывод о том, что на всех площадках в 2020 году – критическое состояние природной окружающей среды. По сравнению с 2017 годом состояние окружающей среды ухудшилось.

Мы произвели измерения лишайников на двух площадках города Долгопрудного. По результатам лишеноиндикации Долгопрудный находится в зоне среднего загрязнения с содержанием SO₂ в воздухе более 0,086 мг/ м³.

Подводя итоги нашего исследования, мы опровергли выдвинутую гипотезу, что состояние окружающей среды улучшится в результате пандемии. Также мы можем наблюдать отрицательную динамику состояния окружающей среды в городе Долгопрудном.

Список литературы

1. Боголюбов А.С. Оценка экологического состояния леса по асимметрии листьев. Учебное пособие. «Экосистема». 2002 – 10 с. -- <http://karpolya.ru/uploads/fajly/asimetrija-listev.pdf/> (дата обращения 06.01.2018)
2. Боголюбов А.С., М.В. Кравченко. Оценка загрязнения воздухом методом лишеноиндикации. Учебно-методическое пособие. «Экосистема» 2001г. – 15с. --
3. Красногорская Н.Н., Журавлёва С.Е., Миннуллина Г.Р. Лихеноиндикационные шкалы оценки качества атмосферного воздуха. Фундаментальные исследования. – 2004. – № 5. – С. 38-42. (дата обращения 01.03.2021)
4. Лишайники -- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лишайники> (дата обращения: 27.02.2021)
5. Научная работа «Лихеноиндикация» Сукманова Екатерина, лицей №9 Дзержинского района г. Волгограда -- <https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2020/05/27/uchebno-issledovatel'skaya-rabota-lihenoindikatsiya>
6. Потапова Т.В. Секрет зеленого листа (методические рекомендации по исследованию качества природной среды) / Под ред. д.ф.н. Ю.Ю. Галкина. – М.: РЭФИА, Факультет биоинженерии и биоинформации МГУ, 2004. – 56с.
7. Хорошеньков Е. А. Флуктуирующая асимметрия серебряного караса в некоторых водоемах Северо-Западного Предкавказья // Молодой ученый. — 2012. — №8. — С. 54-57. — URL <https://moluch.ru/archive/43/5255/> (дата обращения: 27.01.2018).
8. Цуриков А.Г., О.М. Храмченкова. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель: учебное пособие для студентов биологических специальностей вузов. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009
9. Экология: факты и цифры -- <http://www.vitamarg.com/eco> (дата обращения 05.01.2018)
10. Экологическая проблема -- <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 05.01.2018)

Приложения

Приложение №1

Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды лишайников	Классы полеотолерантности
Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния	<i>Lecanactis abietina</i> , <i>Lobaria scrobiculata</i> , <i>Menegzzia terebrata</i> , <i>Mycoblastus sanguinarius</i> , виды родов <i>Pannaria</i> , <i>Parmeliella</i> , самые чувствительные виды рода <i>Usnea</i>	I
Естественные (часто) и антропогенно слабоизмененные местообитания (редко)	<i>Bryoria chalybeiformis</i> , <i>Evernia divaricata</i> , <i>Cyalecta ulmi</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Ochrolechia androgyna</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i>	II
Естественные (часто) и антропогенно слабоизмененные местообитания (часто)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Cetraria chlorophylla</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Lecidea tenebricosa</i> , <i>Opegrapha pulicaris</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>	III
Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания	<i>Bryoria implexa</i> , <i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Lecanora leptyroides</i> , <i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>Opegraphadiaphora</i> , <i>Parmelia subaurifera</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Pertusaria coccodes</i> , <i>Pseudevernia furfuraceae</i> , <i>Usnea filipendula</i>	IV
Естественные, антропогенно слабо- и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecania cyrtella</i> , <i>Lecanora chlarotera</i> , <i>L.rugosa</i> , <i>L.subfuscata</i> , <i>L.subrugosa</i> , <i>Lecidea glomerulosa</i> , <i>Parmelia exasperata</i> , <i>P.olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i> , <i>Ramalina farinacea</i>	V
Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно (часто) измененные местообитания	<i>Arthonia radiata</i> , <i>Caloplaca aurantiaca</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>L.carpinea</i> , <i>L.chlarona</i> , <i>L.pallida</i> , <i>L.symmictera</i> , <i>Parmelia acetabulum</i> , <i>P.subargentifera</i> , <i>P.exasperatula</i> , <i>Pertusaria discoidea</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Ramalina fraxinea</i> , <i>Rinodina exigua</i> , <i>Usnea hirta</i>	VI
Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные местообитания	<i>Caloplaca vitellina</i> , <i>Candelariella vitellina</i> , <i>C.xanthostigma</i> , <i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia conspurcata</i> , <i>P.sulcata</i> , <i>P.verruculifera</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Phaeophyscia nigricans</i> , <i>Phlyctis agelaea</i> , <i>Physcia ascendens</i> , <i>Ph.stellaris</i> , <i>Ph.tenella</i> , <i>Physconia pulverulacea</i> , <i>Xanthoria polycarpa</i>	VII
Умеренно и сильно антропогенно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca cerina</i> , <i>Candelaria concolor</i> , <i>Phlyctis argena</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ph.enteroxantha</i> , <i>Ramalina pollinaria</i> , <i>Xanthoria candelaria</i>	VIII
Сильно антропогенно измененные местообитания (часто)	<i>Buellia punctata</i> , <i>Lecanora expallens</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>	IX
Очень сильно антропогенно измененные местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L.hageni</i> , <i>Lepraria incana</i> , <i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	X

Приложение №2

Таблица измерений и листьев: площадка №1 (ПКиО), дата сбора июнь 2020

номер листа	Номер признака (площадка 1 (ПКиО № 1), дата сбора июнь 2020									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	20	19	30	32	3	4	10	8	40	32
2	16	17	24	24	7	6	9	8	30	30
3	26	27	44	43	7	5	13	15	42	40
4	25	27	40	37	6	7	12	11	31	33
5	20	19	29	31	6	4	12	15	40	33
6	19	20	41	38	5	3	12	12	32	31
7	16	19	31	33	8	6	11	10	34	35
8	18	19	29	26	6	4	9	10	32	30
9	26	27	39	41	7	7	14	16	35	36
10	17	19	28	27	3	5	10	11	45	39
11	17	18	32	27	4	6	9	10	38	28
12	23	19	27	33	7	7	22	12	36	43
13	17	17	31	27	7	6	11	8	34	28
14	16	18	26	23	5	7	9	9	37	34
15	23	22	31	34	6	7	10	13	35	39
16	24	17	26	30	4	3	8	11	31	45
17	17	18	25	23	8	9	36	38	40	34
18	20	21	29	27	6	5	11	12	37	38
19	18	13	25	24	5	6	8	9	32	37
20	13	14	27	26	7	6	9	11	29	26

Таблица обработанных данных

номер листа	Номер признака (площадка 1 (ПКиО № 1), дата сбора июнь 2020						
	1 Признак	2 Признак	3 Признак	4 Признак	5 Признак	Среднее значение признаков 1-5	Значение показателя асимметричности
1	0,026	0,032	0,143	0,111	0,111	0,085	
2	0,030	0,000	0,077	0,059	0,000	0,033	
3	0,019	0,011	0,167	0,071	0,024	0,059	
4	0,038	0,039	0,077	0,043	0,031	0,046	
5	0,026	0,033	0,200	0,111	0,029	0,080	
6	0,026	0,038	0,250	0,000	0,016	0,066	
7	0,086	0,031	0,143	0,048	0,014	0,064	
8	0,027	0,055	0,200	0,053	0,032	0,073	
9	0,019	0,025	0,000	0,067	0,014	0,025	
10	0,056	0,018	0,250	0,048	0,049	0,084	
11	0,029	0,053	0,200	0,053	0,097	0,086	
12	0,050	0,053	0,000	0,294	0,089	0,097	
13	0,000	0,069	0,077	0,158	0,097	0,080	
14	0,059	0,061	0,167	0,000	0,042	0,066	
15	0,022	0,046	0,077	0,130	0,054	0,066	
16	0,128	0,034	0,143	0,158	0,184	0,130	
17	0,029	0,042	0,059	0,027	0,026	0,036	
18	0,024	0,036	0,091	0,043	0,013	0,042	
19	0,161	0,020	0,091	0,059	0,028	0,072	
20	0,037	0,019	0,077	0,100	0,055	0,057	0,067

Приложение №3

Таблица измерений листьев: площадка №2 (парк-канал), дата сбора июнь 2020

номер листа	Номер признака (площадка 2 (парк -- канал № 2), дата сбора июнь 2020 г.									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	16	19	30	29	3	4	11	12	41	40
2	12	22	36	38	6	5	15	14	36	42
3	6	5	38	40	5	4	15	14	30	42
4	7	10	32	36	5	6	10	13	36	43
5	7	15	38	41	6	4	14	15	33	38
6	12	7	32	36	3	6	10	13	36	32
7	30	25	53	51	7	6	20	19	30	39
8	27	27	43	47	4	7	15	18	36	38
9	17	16	37	39	6	5	13	12	39	44
10	20	23	44	47	6	6	16	17	36	41
11	15	16	28	26	4	4	11	8	40	38
12	20	10	25	26	2	3	9	8	41	32
13	15	16	34	36	5	5	13	14	35	36
14	12	10	31	32	5	4	8	8	36	45
15	11	16	27	24	4	4	10	9	42	35
16	8	6	27	24	5	4	9	13	47	40
17	19	12	32	34	3	2	12	11	40	52
18	15	16	26	27	3	3	12	11	42	44
19	14	15	35	39	5	4	13	15	38	49
20	6	11	24	24	3	4	8	8	36	40

Таблица обработанных данных

номер листа	Номер признака (площадка 2 (парк -- канал № 2), дата сбора июнь 2020 г.						
	1 Признак	2 Признак	3 Признак	4 Признак	5 Признак	Среднее значение признаков 1-5	Значение показателя асимметричности
1	0,086	0,017	0,143	0,043	0,012	0,060	
2	0,040	0,027	0,091	0,034	0,077	0,054	
3	0,091	0,026	0,111	0,034	0,167	0,086	
4	0,176	0,059	0,091	0,130	0,089	0,109	
5	0,125	0,038	0,200	0,034	0,070	0,094	
6	0,200	0,059	0,333	0,130	0,059	0,156	
7	0,091	0,019	0,077	0,026	0,130	0,069	
8	0,000	0,044	0,273	0,091	0,027	0,087	
9	0,030	0,026	0,091	0,040	0,060	0,050	
10	0,070	0,033	0,000	0,030	0,065	0,040	
11	0,032	0,037	0,000	0,158	0,026	0,051	
12	0,081	0,020	0,200	0,059	0,079	0,088	
13	0,032	0,029	0,000	0,037	0,014	0,022	
14	0,091	0,016	0,111	0,000	0,111	0,066	
15	0,120	0,059	0,000	0,053	0,091	0,064	
16	0,067	0,038	0,111	0,143	0,036	0,079	
17	0,118	0,030	0,200	0,043	0,059	0,090	
18	0,032	0,019	0,000	0,043	0,023	0,024	
19	0,034	0,054	0,111	0,071	0,126	0,080	
20	0,143	0,000	0,143	0,000	0,053	0,068	0,072

Приложение №4

Таблица измерений листьев: площадка №3 («Физтех-лицей»), дата сбора июнь 2020

номер листа	Номер признака (площадка 3 (лицей), дата сбора июнь 2020 г.									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	14	15	28	29	4	6	9	13	35	36
2	18	20	31	32	3	4	10	11	40	43
3	9	16	33	31	3	4	11	9	42	42
4	5	10	27	26	3	5	11	12	38	33
5	16	13	30	30	5	5	10	10	35	37
6	13	16	30	26	4	7	10	9	37	35
7	8	12	23	25	6	5	7	9	33	37
8	17	16	26	31	4	4	9	12	38	42
9	7	13	33	35	4	3	12	10	38	46
10	7	11	28	29	6	5	9	9	38	37
11	14	12	33	34	5	5	9	11	30	33
12	9	16	36	37	7	7	10	12	34	35
13	8	11	26	28	7	4	8	6	38	33
14	10	12	37	35	7	7	9	10	34	35
15	7	8	28	33	5	4	10	12	34	37
16	6	7	34	36	8	6	10	11	26	28
17	6	9	30	31	6	6	10	11	31	32
18	11	5	37	36	6	4	12	9	25	32
19	9	4	31	31	7	6	9	12	32	37
20	11	10	37	39	6	5	12	11	34	35

Таблица обработанных данных

номер листа	Номер признака (площадка 3 (лицей), дата сбора июнь 2020 г.						
	1 Признак	2 Признак	3 Признак	4 Признак	5 Признак	Среднее значение признаков 1-5	Значение показателя асимметричности
1	0,034	0,018	0,200	0,182	0,014	0,090	
2	0,027	0,016	0,143	0,048	0,036	0,054	
3	0,053	0,031	0,143	0,100	0,000	0,065	
4	0,167	0,019	0,143	0,067	0,027	0,084	
5	0,034	0,000	0,000	0,000	0,028	0,012	
6	0,034	0,034	0,273	0,053	0,028	0,084	
7	0,143	0,042	0,091	0,125	0,057	0,092	
8	0,030	0,088	0,000	0,143	0,050	0,062	
9	0,091	0,029	0,143	0,091	0,095	0,090	
10	0,048	0,018	0,091	0,000	0,013	0,034	
11	0,040	0,015	0,000	0,100	0,048	0,041	
12	0,100	0,014	0,000	0,091	0,014	0,044	
13	0,059	0,037	0,200	0,077	0,043	0,083	
14	0,048	0,028	0,000	0,053	0,014	0,029	
15	0,067	0,082	0,111	0,091	0,042	0,079	
16	0,077	0,029	0,143	0,048	0,037	0,067	
17	0,059	0,016	0,000	0,048	0,000	0,025	
18	0,091	0,014	0,200	0,091	0,123	0,104	
19	0,067	0,000	0,077	0,053	0,072	0,054	
20	0,048	0,026	0,091	0,043	0,014	0,045	0,062

Приложение №5

Таблица измерений листьев: площадка №1 (ПКиО), дата сбора сентябрь 2020

номер листа	Номер признака (площадка 1 (ПКиО № 1), дата сбора сентябрь 2020									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	25	26	40	42	5	7	14	15	52	51
2	14	15	31	27	7	5	12	10	64	60
3	19	23	34	35	9	9	14	15	45	47
4	21	22	35	35	4	5	13	10	51	49
5	22	21	35	34	4	5	13	12	50	50
6	19	20	34	35	6	6	9	10	56	56
7	19	18	34	35	6	7	10	10	58	57
8	18	17	30	30	3	5	11	10	52	50
9	18	20	35	34	5	8	10	10	52	54
10	16	18	28	30	4	4	15	10	53	49
11	13	15	28	28	9	7	9	10	50	57
12	17	17	29	30	4	4	10	9	53	56
13	16	20	26	30	7	6	9	10	60	59
14	20	20	31	31	6	3	12	13	49	44
15	18	20	29	30	6	7	10	9	56	60
16	22	23	38	40	5	6	14	16	46	46
17	20	19	30	30	3	4	8	8	45	50
18	23	22	38	34	5	3	12	13	54	51
19	17	17	30	28	2	3	10	10	45	45
20	27	26	40	43	12	9	12	16	55	64

Таблица обработанных данных

номер листа	Номер признака (площадка 1 (ПКиО № 1), дата сбора сентябрь 2020						
	1 Признак	2 Признак	3 Признак	4 Признак	5 Признак	Среднее значение признаков 1-5	Значение показателя асимметричности
1	0,020	0,024	0,167	0,034	0,010	0,051	
2	0,034	0,069	0,167	0,091	0,032	0,079	
3	0,095	0,014	0,000	0,034	0,022	0,033	
4	0,023	0,000	0,111	0,130	0,020	0,057	
5	0,023	0,014	0,111	0,040	0,000	0,038	
6	0,026	0,014	0,000	0,053	0,000	0,019	
7	0,027	0,014	0,077	0,000	0,009	0,025	
8	0,029	0,000	0,250	0,048	0,020	0,069	
9	0,053	0,014	0,231	0,000	0,019	0,063	
10	0,059	0,034	0,000	0,200	0,039	0,067	
11	0,071	0,000	0,125	0,053	0,065	0,063	
12	0,000	0,017	0,000	0,053	0,028	0,019	
13	0,111	0,071	0,077	0,053	0,008	0,064	
14	0,000	0,000	0,333	0,040	0,054	0,085	
15	0,053	0,017	0,077	0,053	0,034	0,047	
16	0,022	0,026	0,091	0,067	0,000	0,041	
17	0,026	0,000	0,143	0,000	0,053	0,044	
18	0,022	0,056	0,250	0,040	0,029	0,079	
19	0,000	0,034	0,200	0,000	0,000	0,047	
20	0,019	0,036	0,143	0,143	0,076	0,083	0,054

Приложение №6

Таблица измерений листьев: площадка №2 (парк-канал), дата сбора сентябрь 2020

номер листа	Номер признака (площадка 2 (парк -- канал № 2), дата сбора сентябрь 2020 г.									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	25	27	39	40	5	8	9	10	40	45
2	35	25	32	35	4	4	10	10	45	55
3	30	35	36	37	11	10	12	12	45	55
4	12	13	30	28	2	3	9	10	36	38
5	25	25	3	6	5	4	9	9	38	38
6	18	18	37	34	5	5	9	8	50	60
7	20	20	25	38	3	3	9	9	50	30
8	20	20	32	32	6	6	12	10	45	64
9	22	21	30	25	5	5	9	10	60	55
10	22	21	30	30	5	5	10	8	55	45
11	23	20	32	30	6	5	10	9	55	50
12	20	20	38	35	7	5	13	10	45	50
13	20	25	30	32	5	7	13	15	45	60
14	30	25	35	40	6	5	13	11	45	60
15	20	20	45	30	5	6	10	8	50	45
16	23	23	30	30	3	5	10	9	45	47
17	20	20	30	30	3	2	10	8	45	50
18	23	23	35	36	5	6	10	7	55	57
19	23	25	35	36	7	8	10	9	50	45
20	20	23	3	5	5	9	9	12	45	50

Таблица обработанных данных

номер листа	Номер признака (площадка 2 (парк -- канал № 2), дата сбора сентябрь 2020 г.						
	1 Признак	2 Признак	3 Признак	4 Признак	5 Признак	Среднее значение признаков 1-5	Значение показателя асимметричности
1	0,038	0,013	0,231	0,053	0,059	0,079	
2	0,167	0,045	0,000	0,000	0,100	0,062	
3	0,077	0,014	0,048	0,000	0,100	0,048	
4	0,040	0,034	0,200	0,053	0,027	0,071	
5	0,000	0,333	0,111	0,000	0,000	0,089	
6	0,000	0,042	0,000	0,059	0,091	0,038	
7	0,000	0,206	0,000	0,000	0,250	0,091	
8	0,000	0,000	0,000	0,091	0,174	0,053	
9	0,023	0,091	0,000	0,053	0,043	0,042	
10	0,023	0,000	0,000	0,111	0,100	0,047	
11	0,070	0,032	0,091	0,053	0,048	0,059	
12	0,000	0,041	0,167	0,130	0,053	0,078	
13	0,111	0,032	0,167	0,071	0,143	0,105	
14	0,091	0,067	0,091	0,083	0,143	0,095	
15	0,000	0,200	0,091	0,111	0,053	0,091	
16	0,000	0,000	0,250	0,053	0,022	0,065	
17	0,000	0,000	0,200	0,111	0,053	0,073	
18	0,000	0,014	0,091	0,176	0,018	0,060	
19	0,042	0,014	0,067	0,053	0,053	0,046	
20	0,070	0,250	0,286	0,143	0,053	0,160	0,073

Приложение №7

Таблица измерений листьев: площадка №3 («Физтех-лицей»), дата сбора сентябрь 2020

номер листа	Номер признака (площадка 3 (лицей), дата сбора сентябрь 2020 г.									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	22	21	40	43	5	5	10	12	50	40
2	20	20	31	31	8	8	10	12	42	40
3	20	20	37	38	10	10	6	7	29	30
4	15	13	26	27	5	4	7	8	29	37
5	21	20	40	36	10	9	10	9	30	30
6	21	25	45	44	9	7	14	12	25	30
7	21	26	42	40	5	5	10	12	30	28
8	20	19	36	35	8	10	8	9	31	29
9	23	20	40	41	8	5	10	14	26	29
10	16	20	30	32	10	7	10	10	30	32
11	15	15	27	25	7	8	8	9	32	35
12	18	17	31	27	7	9	8	7	27	28
13	15	16	30	31	8	5	12	8	22	28
14	18	15	28	30	5	6	9	10	28	27
15	20	19	35	35	5	5	10	10	27	30
16	17	19	30	31	5	5	9	8	42	40
17	17	15	29	30	6	4	8	9	32	35
18	17	16	30	30	5	8	10	7	30	30
19	19	23	38	36	5	5	9	11	27	25
20	24	23	44	47	6	6	11	13	55	44

Таблица обработанных данных

номер листа	Номер признака (площадка 3 (лицей), дата сбора сентябрь 2020 г.						
	1 Признак	2 Признак	3 Признак	4 Признак	5 Признак	Среднее значение признаков 1-5	Значение показателя асимметричности
1	0,023	0,036	0,000	0,091	0,111	0,052	
2	0,000	0,000	0,000	0,091	0,024	0,023	
3	0,000	0,013	0,000	0,077	0,017	0,021	
4	0,071	0,019	0,111	0,067	0,121	0,078	
5	0,024	0,053	0,053	0,053	0,000	0,036	
6	0,087	0,011	0,125	0,077	0,091	0,078	
7	0,106	0,024	0,000	0,091	0,034	0,051	
8	0,026	0,014	0,111	0,059	0,033	0,049	
9	0,070	0,012	0,231	0,167	0,055	0,107	
10	0,111	0,032	0,176	0,000	0,032	0,070	
11	0,000	0,038	0,067	0,059	0,045	0,042	
12	0,029	0,069	0,125	0,067	0,018	0,061	
13	0,032	0,016	0,231	0,200	0,120	0,120	
14	0,091	0,034	0,091	0,053	0,018	0,057	
15	0,026	0,000	0,000	0,000	0,053	0,016	
16	0,056	0,016	0,000	0,059	0,024	0,031	
17	0,048	0,019	0,742	0,067	0,045	0,184	
18	0,030	0,000	0,231	0,176	0,000	0,088	
19	0,106	0,024	0,000	0,091	0,034	0,051	
20	0,023	0,036	0,000	0,091	0,111	0,052	0,063

Приложение №8

Таблица измерений проективного покрытия лишайников (ПКиО)

	сторона 1		сторона 2		сторона 3		сторона 4	
	Полн. Кл.	Неполн. Кл.	Полн. Кл.	Неполн. Кл.	Полн. Кл.	Неполн. Кл.	Полн. Кл.	Неполн. Кл.
1.	41	59	74	18	85	15	83	17
2.	89	17	71	29	37	63	2	98
3.	89	11	32	68	75	25	32	68
4.	53	13	26	14	58	41	50	50
5.	0	0	0	0	0	0	40	51
6.	39	61	6	94	14	86	25	65
7.	45	55	16	5	4	3	12	8
8.	11	9	2	2	1	8	6	4
9.	92	8	17	8	3	0	5	3
10.	57	8	9	6	19	11	68	20

Приложение №9

Таблица измерений проективного покрытия лишайников («Физтех-лицей»)

	сторона 1		сторона 2		сторона 3		сторона 4	
	Полн. Кл.	Неполн. Кл.	Полн. Кл.	Неполн. Кл.	Полн. Кл.	Неполн. Кл.	Полн. Кл.	Неполн. Кл.
1.	26	17	43	10	29	18	42	24
2.	38	25	97	3	33	20	57	3
3.	45	14	27	4	45	21	50	11
4.	41	17	80	11	34	9	10	4
5.	38	23	73	10	54	6	98	2
6.	85	17	20	4	92	6	83	17
7.	58	24	99	1	94	6	97	3
8.	0	2	94	2	88	1	95	4
9.	42	15	0	2	46	26	36	26
10.	14	8	12	3	0	0	4	2

Приложение №10

Проективное покрытие в процентах (ПКиО)

	Север	Восток	Юг	Запад	среднее
1.	70,50%	83%	92,50%	91,50%	10,00%
2.	98%	85,50%	68,50%	51%	9%
3.	94,50%	66%	87,50%	66%	9%
4.	59,50%	33%	78,50%	75%	8%
5.	0%	0%	0%	65,50%	4%
6.	69,50%	53%	57%	57,50%	8%
7.	72,50%	18,50%	5,50%	16%	5%
8.	15,50%	3%	5,00%	8%	3%
9.	96%	21%	3%	6,50%	6%
10.	61%	12%	25%	78%	7%

Приложение №11

Проективное покрытие в процентах («Физтех-лицей»)

	Север	Восток	Юг	Запад	среднее
1.	34,50%	38%	38%	54%	7%
2.	50,50%	98,50%	43%	58,50%	9%
3.	52%	29%	55,50%	55,50%	7%
4.	49,50%	85,50%	38,50%	12%	7%
5.	49,50%	78%	57%	99%	9%
6.	93,50%	22%	95%	91,50%	9%
7.	70%	99,50%	97%	98,50%	10%
8.	1%	95%	88,50%	97%	9%
9.	49,50%	1%	59%	49%	9%
10.	18%	13,50%	0%	5%	3%

Приложение №12

Виды лишайников, встреченные на площадке ПККиО в процентном соотношении

№	деревя	виды
1		Hypogymnia tubulosa 50%, Hypogymnia physodes 50%
2		Phaeophyscia orbicularis 7-10%, P. Stellaris 70%, Parmelia sulcata 20%, sulcata, P.
3		Ph.tenella, Phaeophyscia orbicularis 50 на 50
4		Ph.tenella 90-100%
5		Phaeophyscia orbicularis 7%
6		Ph.tenella 25%, Phaeophyscia orbicularis 4%
7		Parmelia sulcata 15%
8		Ph.tenella 25%
9		Ph.tenella, 8%
10		Xanthoria polycarpa 10%, Physcia ascendens 70%,

Приложение №13

Виды лишайников, встреченные на площадке «Физтех-лицей» в процентном соотношении

деревья							
1	Parmelia sulcata 30%, Phaeophyscia orbicularis 40%, Xanthoria parietina 5%, P. Tenella 15%						
2	Parmelia sulcata 7%, Phaeophyscia orbicularis 40%, Xanthoria parietina 3%,						
3	Hypogymnia physodes 20%, Parmelia sulcata 7%, P. Tenella 40%						
4	P. Tenella 50%, Hypogymnia physodes 8%						
5	Hypogymnia tubulosa 60%, P. Tenella 30%						
6	Hypogymnia tubulosa 70%, P. Tenella 25%, Hypogymnia physodes 3%						
7	Hypogymnia tubulosa 60%						
8	Xanthoria parietina 4%, Physconia enteroxantha 70%						
9	P. Tenella 25%, Parmelia sulcata 13%,						
10	Parmelia sulcata 12%						

Приложение №14

Все виды лишайников, площадка ПКЮ

виды по площадке	в процентах	в баллах	класс полетолерантности
Hypogymnia tubulosa	5%	2	3
Hypogymnia physodes	5%	2	6
Phaeophyscia orbicularis	7.1%	3	9
P. Stellaris	7%	3	7
Parmelia sulcata	3.5%	2	7
Ph.tenella	20%	5	8
Xanthoria polycarpa	1%	1	7
Physcia ascendens	7%	3	7

Приложение №15

Все виды лишайников, площадка «Физтех-лицей»

виды на площадке	в процентах	в баллах	класс полетолерантности
Parmelia sulcata	6.9%	3	7
Phaeophyscia orbicularis	8%	3	9
Xanthoria parietina	0.5%	1	7
P. Tenella	14.5%	4	8
Hypogymnia physodes	3.1%	2	6
Hypogymnia tubulosa	19%	4	3
Xanthoria parietina	1.2%	1	9
Physconia enteroxantha	7%	3	8

Приложение №16

Таблица индекса полетолерантности в баллах

IP	Концентрация SO ₂ (мг/м ³)	Условная зона
1 – 2	Менее 0,01	Нормальная
2 – 5	0,01 - 0,03	Малого загрязнения
5 – 7	0,03 - 0,08	Среднего загрязнения
7 – 10	0,08 - 0,10	Сильного загрязнения
10	0,10 - 0,30	Критического загрязнения
0	более 0,3	Лишайниковая пустыня

Приложение №17.

Таблица индекса чистоты атмосферы в баллах

IAQ	Концентрация SO ₂ , мг/м ³
0 - 9	более 0,086
10 - 24	0,086 - 0,057
25 - 39	0,057 - 0,028
40 - 54	0,028 - 0,014
более 55	менее 0,014

Приложение №16

Шкала стабильности развития березы повислой

<i>Стабильность развития в баллах</i>	<i>Качество среды</i>	<i>Величина показателя стабильности развития</i>
I	Условная норма	Меньше 0,040
II	Начальные (незначительные) отклонения от нормы	0,040 – 0,044
III	Средний уровень отклонений от нормы	0,045 – 0,049
IV	Существенные (значительные) отклонения от нормы	0,050 – 0,054
V	Критическое состояние	Больше 0,054

Приложение №17

Сравнение данных 2020 г. к 2017 г.

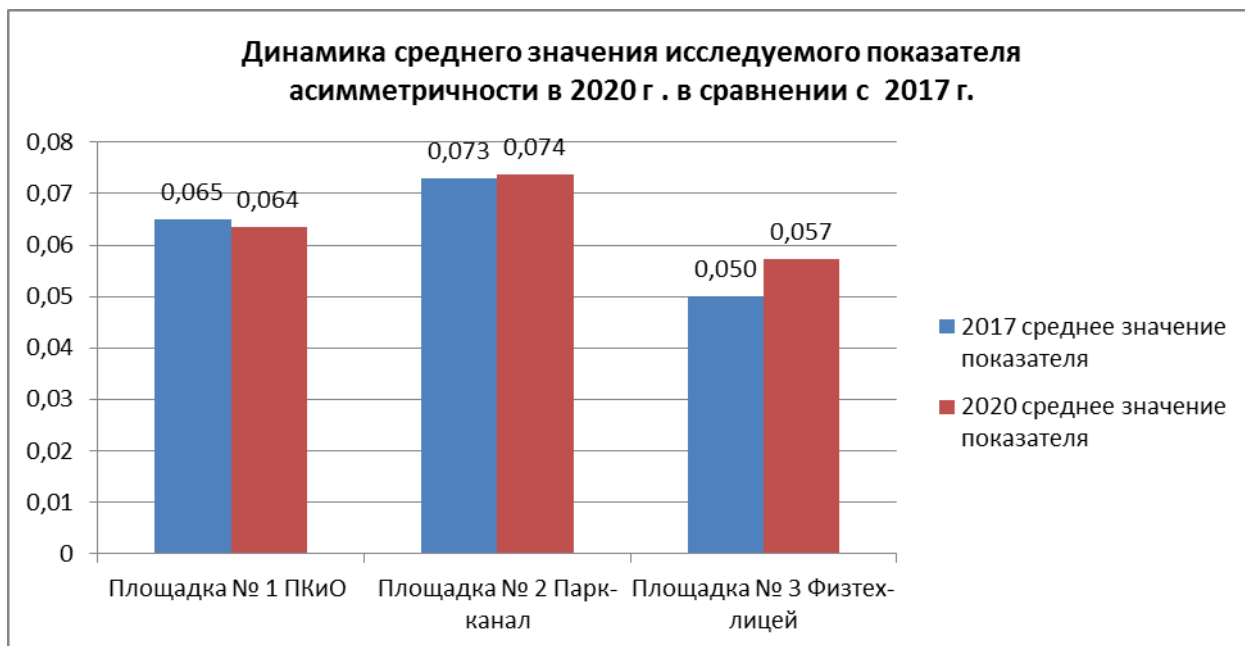
Дата	Площадка № 1 ПКиО	Площадка № 2 Парк- канал	Площадка № 3 Физтех- лицей
июн.17	0,064	0,071	0,049
сен.17	0,066	0,075	0,051
июн.20	0,067	0,072	0,062
сен.20	0,061	0,073	0,063

Балл, характеристика	Значение эталонного показателя асимметричности	Значение исследуемого показателя асимметричности в июне / сентябре 2017		
		Площадка № 1 ПКиО	Площадка № 2 Парк- канал	Площадка № 3 Физтех- лицей
		0,064	0,071	0,049
		0,066	0,075	0,051
1 балл, условная норма	Меньше 0,040			
2 балла, начальные (незначительные) отклонения от нормы	0,040 – 0,044			
3 балла, средний уровень отклонений от нормы	0,045 – 0,049			+
4 балла, существенные (значительные) отклонения от нормы	0,050 – 0,054			+
5 баллов, критическое состояние	Больше 0,054	+	+	
		+	+	

Балл, характеристика	Значение эталонного показателя ассиметричности	Значение исследуемого показателя ассиметричности в июне / сентябре 2020		
		Площадка № 1 ПКиО	Площадка № 2 Парк- канал	Площадка № 3 Физтех- лицей
		0,067	0,072	0,062
		0,061	0,073	0,063
1 балл, условная норма	Меньше 0,040			
2 балла, начальные (незначительные) отклонения от нормы	0,040 – 0,044			
3 балла, средний уровень отклонений от нормы	0,045 – 0,049			
4 балла, существенные (значительные) отклонения от нормы	0,050 – 0,054			
5 баллов, критическое состояние	Больше 0,054	+	+	+
		+	+	+

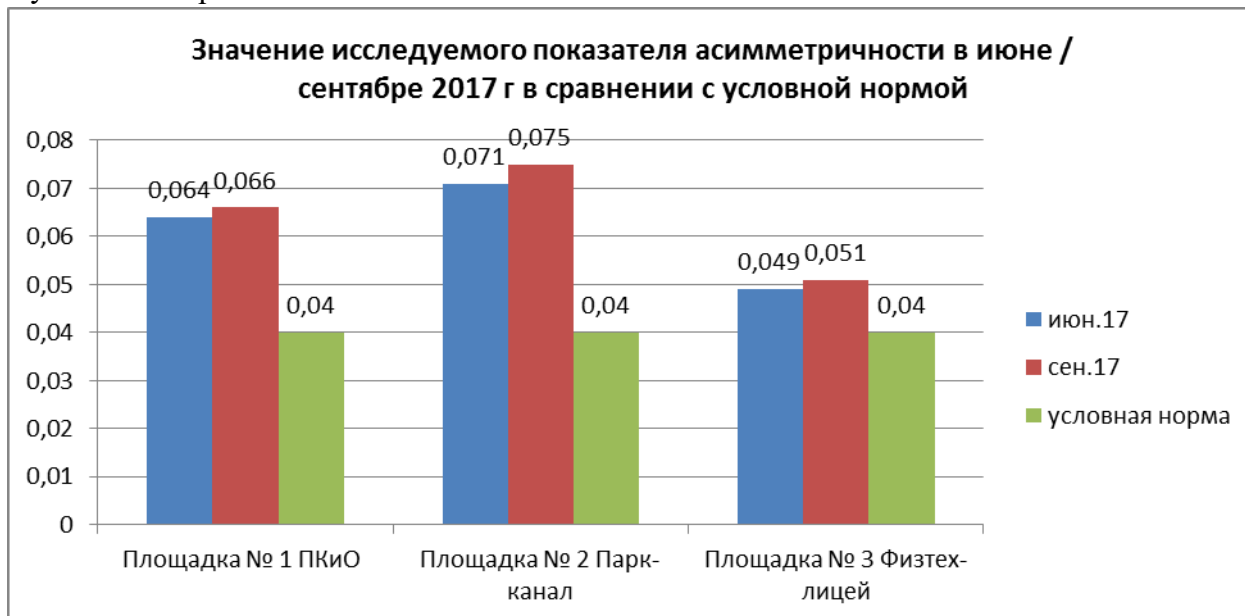
Приложение №18.

Динамика среднего значения исследуемого показателя асимметричности в 2020 году в сравнении с 2017 годом



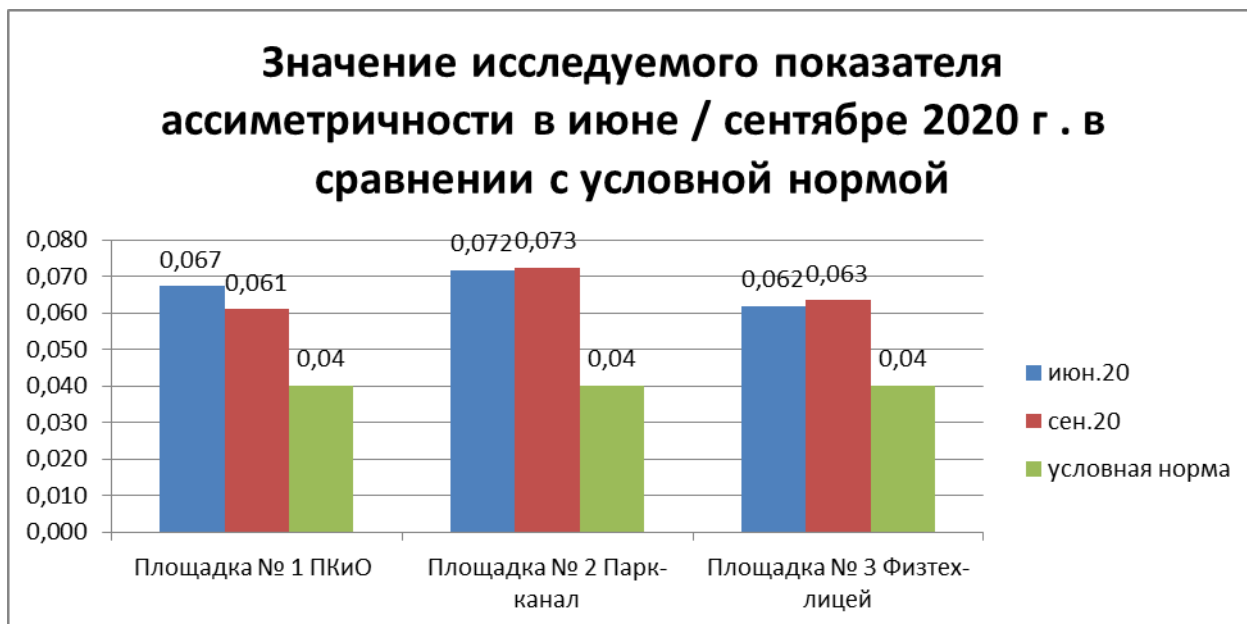
Приложение №19

Сравнение исследуемого показателя асимметричности в июне/сентябре 2017 в сравнении с условной нормой



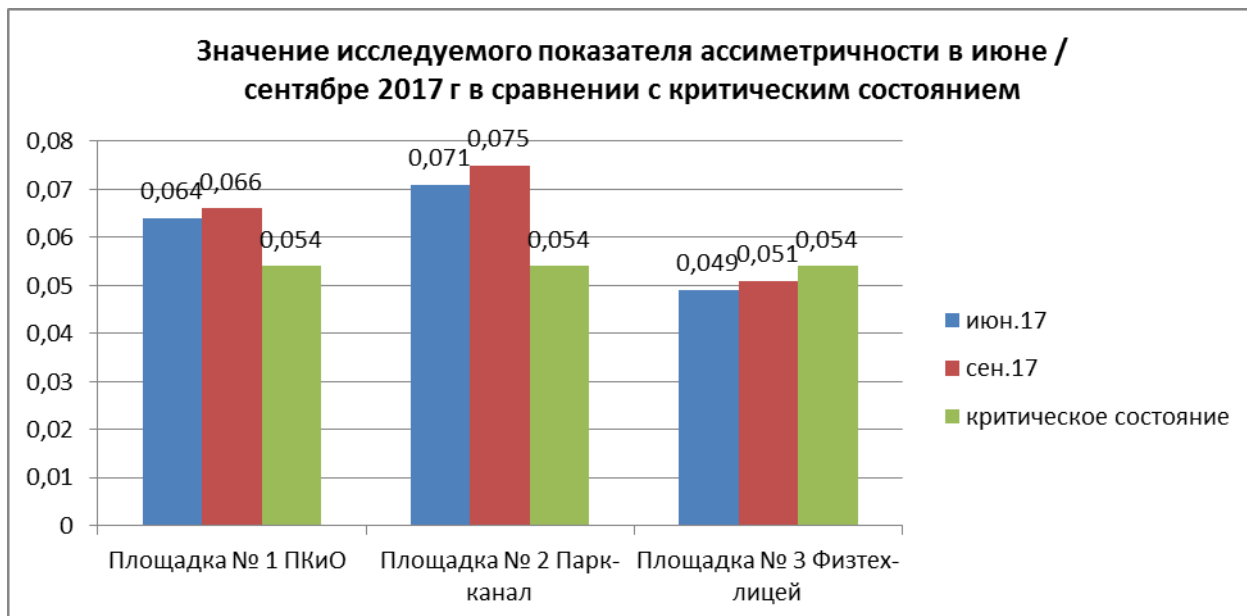
Приложение № 20

Сравнение исследуемого показателя асимметричности в июне/сентябре 2020 в сравнении с условной нормой



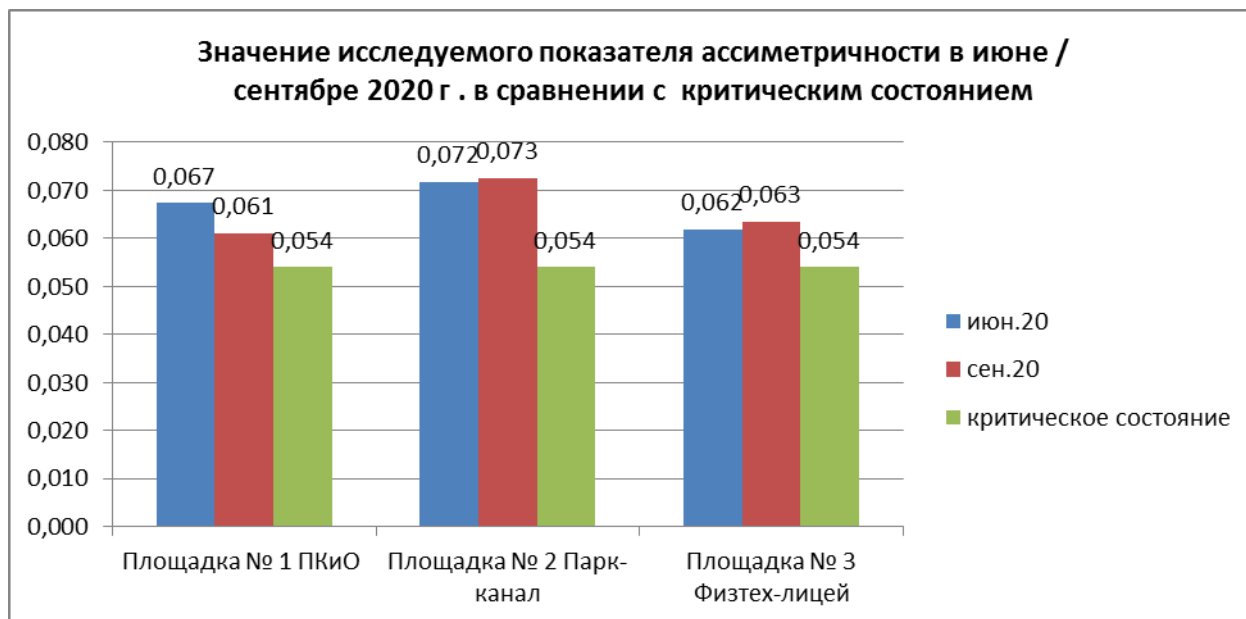
Приложение №21

Сравнение исследуемого показателя асимметричности в июне/сентябре 2017 в сравнении с критической нормой



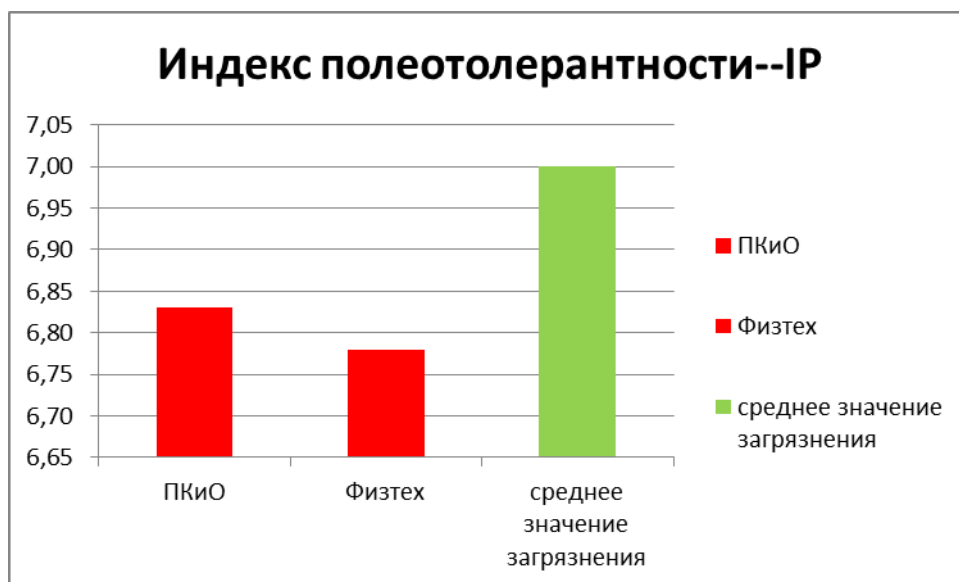
Приложение №22

Сравнение исследуемого показателя асимметричности в июне/сентябре 2020 в сравнении с критической нормой



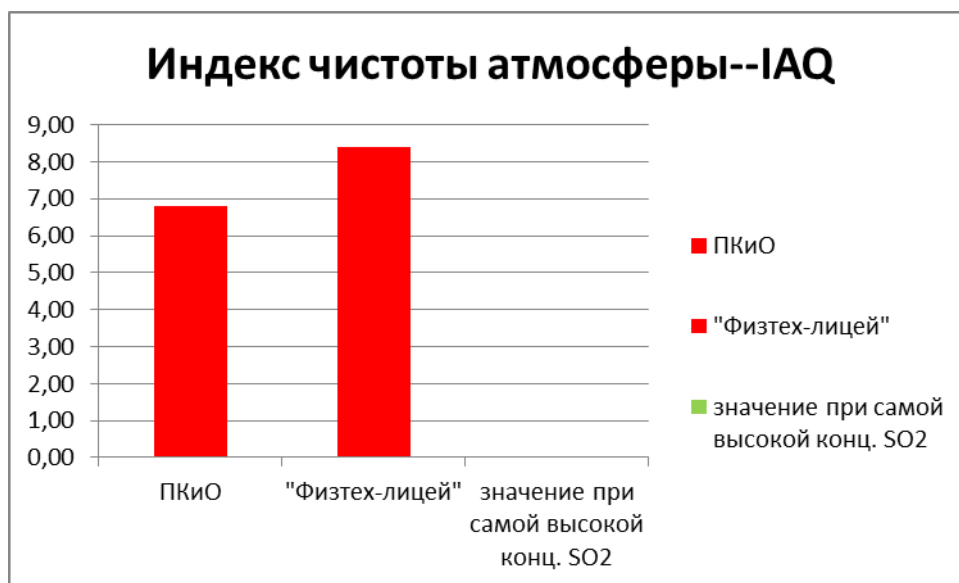
Приложение №23

Индекс полеотолерантности для площадок ПКИО и «Физтех-лицей» в сравнении с показателем зоны среднего загрязнения:



Приложение №24

Индекс чистоты атмосферы



Приложение №25

Местоположение на карте и фотографии свалки каменных и гранитных отходов ОАО «МКК» и недействующего с 2013 г. полигона.



