

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
Центр детского творчества №4 города Иваново

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ГОРОДЕ ИВАНОВО
МЕТОДАМИ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

Работа выполнена учащимся 9 класса МБОУО Гимназия №30,
учащимся ТО «Земля и Вселенная» МБУ ДО ЦДТ №4
Козиным Александром

Научный руководитель педагог дополнительного образования МБУ ДО ЦДТ №4
Беляков Сергей Александрович

Иваново 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	стр. 3
Характеристика районов исследования	5
Ход исследования	6
Выводы	10
Список используемой литературы	12
Приложение 1	13
Приложение 2	14
Приложение 3	20

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды и ухудшение качества воздуха из-за промышленных и транспортных выбросов в атмосферу – одна из главных экологических проблем человечества. Содержащиеся в выбросах продукты пыления и сгорания топлива (оксиды азота, серы, углерода, тяжелые металлы, сажа, взвеси, бенз(а)пирен и еще более 140 веществ) пагубным образом влияют как на здоровье человека, вызывая многочисленные заболевания дыхательных путей и аллергии, так и на экосистемы, приводя к уменьшению видового разнообразия и устойчивости.

Эта проблема касается и города Иваново, в недавнем прошлом крупного промышленного центра. В настоящее время подавляющее большинство предприятий и производств остановлены или закрыты, поэтому основными источниками выбросов в атмосферу являются объекты теплоснабжения и транспорт, количество которого постоянно возрастает.

Актуальной является задача контроля уровня загрязнения атмосферы. Инструментальные методы являются достаточно дорогостоящими и специфическими. Сейчас в городе Иваново существуют два стационарных поста наблюдения за качеством атмосферного воздуха: №1 на ул. Ташкентской и №2 на ул. Дзержинского /6/, которые работают в «городском фоновом» режиме и не имеют возможности определять степень загрязнения в отдаленных от этих двух точек районах города.

Для экспресс-оценки состояния воздуха в любом свободно выбранном районе можно использовать различные виды природной индикации. Одним из них является лишеноиндикация – индикация окружающей среды по видовому и качественному составу лишайников.

Лишайник – организм, тело (слоевище-таллом) которого постоянно состоит из двух компонентов – автотрофного фикобионта (водоросли) и гетеротрофного микобионта (гриба), образующих единое симбиотическое сожительство, отличающееся особыми морфологическими типами и особыми физико-биохимическими процессами. Растут лишайники практически на любой твердой поверхности: живых и мертвых деревьях, камнях, бетонных конструкциях, предпочитая слабощелочной субстрат /1, 2/. Для пассивной лишеноиндикации чаще всего используются эпифитные лишайники, то есть растущие на коре деревьев, как наиболее распространенные и доступные для наблюдения и изучения /4/.

Лишайники растут медленно (2-4 мм в год), размножаются вегетативно и спорами. Для жизнедеятельности им необходимо наличие пяти факторов: солнечного света, определенной температуры, атмосферного воздуха, воды и питательных веществ. По типу

слоевищ лишайники делятся на кустистые, листоватые, накипные и чешуйчатые. По отношению к загрязнению воздуха различают следующие типы лишайников:

- 1) Самые чувствительные, исчезающие при первых симптомах загрязнения (различные виды усней, цетрарий, лобарий, калоплак, эверний);
- 2) Среднечувствительные (пармелии, кладонии, гипогимнии);
- 3) Выносливые (фисции, ксантории, леканоры);

Устойчивость к загрязнениям в ряду «кустистые – листоватые – накипные» увеличивается. Повышенная чувствительность лишайников к загрязнению природной среды по сравнению с другими растениями объясняется рядом причин. Во-первых, у лишайников отсутствует непроницаемая кутикула (оболочка), вследствие чего обмен газов происходит свободно через всю поверхность. Во-вторых, большинство токсичных газов абсорбируется в дождевой воде, а лишайники впитывают дождевую воду всей поверхностью в отличие, например, от цветковых растений, которые поглощают воду в основном из почвы. В-третьих, в отличие от тех же цветковых растений, некоторые лишайники активны и в зимнее время при отрицательных температурах. В-четвертых, лишайники не способны избавляться от пораженных ядовитыми для них веществами частей своего тела каждый год, как это происходит у покрытосеменных в виде сброса листьев и плодов. Перечисленные причины высокой чувствительности лишайников к загрязняющим веществам позволяют понять, почему данные представители растительного мира редко встречаются или вообще отсутствуют в пределах городской черты /4, 7/.

Считается, что наибольшее влияние на жизнедеятельность лишайников оказывают диоксид серы, диоксид азота, фториды, озон, тяжелые металлы, причем SO_2 является доминирующим фактором /4, 9/. Именно SO_2 определяет распространенность многих эпифитных лишайников. Установлено, что диоксид серы в концентрации 0,08-0,1 мг/м³ вызывает нарушение процесса фотосинтеза, появление бурых пятен в хлоропластах лишайниковых водорослей, деградацию хлорофилла, угнетение роста слоевищ. При низких значениях pH атмосферной влаги (3,2-3,4) хлорофилл необратимо окисляется, а при pH равном 2-3 он превращается в феофитин и расщепляется далее. Повышение влажности приводит к усилению растворения SO_2 и подкислению среды. По этой причине лишайники очень неустойчивы к фитотоксиканту при высокой влажности, но могут успешно выживать при достаточно большой концентрации SO_2 , если таллом сухой. Также известно, что молодые талломы более чувствительны, чем старые.

Существует много методов лишайноиндикационных исследований:

– сравнение между одинаковыми видами лишайников на одинаковом субстрате с одинаковой ориентацией к солнцу;

– составление таблиц «скорость отмирания при определенных концентрациях загрязняющего вещества» и замеры фотографированием скорости отмирания талломов с последующим определением табличных концентраций токсиканта;

– составление карт частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими стволов и сопоставление их с картами, составленными на основании инструментальных замеров веществ в воздухе;

– расчет индекса чистоты атмосферы Деслувера-Лебланка;

– расчет индекса полеотолерантности Трасса;

– зонирование городских и пригородных территорий по видовому разнообразию встречаемых там лишайников (трехзонное, четырехзонное, семизонное и десятизонное деление).

Актуальность данной работы заключается в том, что лишеноиндикационные исследования в городе Иваново проводятся достаточно редко и не затрагивают многие районы города, поэтому для полноты описания лишенической ситуации в городе и определения зон загрязненного воздуха требуются регулярные исследования, которые помогут не только установить степень загрязненности или чистоты атмосферы, но и выявить ее изменения во времени.

Цель работы – проведение лишеноиндикационных измерений в выбранных районах города с разной антропогенной нагрузкой и определение степени загрязненности воздуха в этих точках.

Для этого решаются следующие **задачи**:

- 1) Выбор районов исследования с описанием местной экологической обстановки;
- 2) Оценка лишенической ситуации в них с замерами проективного покрытия лишайников;
- 3) Расчет числовых показателей чистоты атмосферы по существующим или модифицированным методам;
- 4) Сравнение полученных показателей с лишеноиндикационными шкалами;
- 5) Определение степени чистоты атмосферы в выбранных районах.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для нашей работы были выбраны пять районов с различной степенью антропогенной нагрузки от сильной до слабой:

Район №1: пл. Пушкина. Предполагается сильное загрязнение воздуха от автотранспорта. Замеры проводились на деревьях, растущих в сквере за постом полиции и вдоль проезжей части на стороне Дворца искусств. Район расположен в центральной

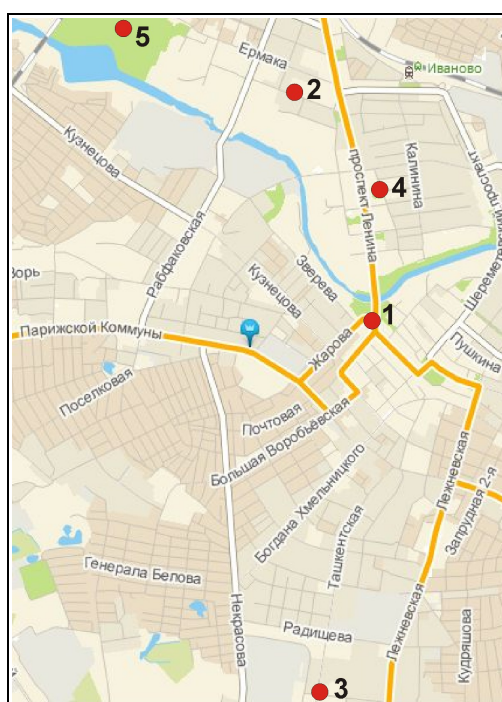
части города Иваново и характеризуется интенсивным движением автотранспорта (транспортный узел): пр. Ленина, ул. Жарова, ул. Зверева, ул. Почтовая.

Район №2: ул. Дзержинского, рядом с постом наблюдения №2. Предполагается среднее загрязнение воздуха от автотранспорта и близлежащих предприятий (работающие котельные бывшей фабрики им. Крупской и др.). Район расположен в северо-западной части города Иваново. Непосредственно рядом с районом замера проходит проезжая часть ул. Дзержинского с повышенной интенсивностью движения автотранспорта.

Район №3: ул. Ташкентская, рядом с постом наблюдения №1. Предполагается среднее загрязнение воздуха от автотранспорта и близлежащих предприятий (ИЗТС и завод «Автокран»). Район расположен в южной части города Иваново. Непосредственно рядом с районом замера проходит проезжая часть ул. Ташкентской с повышенной интенсивностью движения автотранспорта.

Район №4: Детский парк в пер. Пограничном. Предполагается умеренное загрязнение воздуха от автотранспорта. Район находится в центральной части города Иваново. Вдоль забора парка проходят проезжие части пер. Пограничного и ул. Комсомольской с низкой интенсивностью движения транспорта. Пр. Ленина и ул. Громобоя отделены от выбранного района зданиями гостиницы, торгового центра и административными зданиями.

Район №5: парк им. Степанова. Предполагается низкое загрязнение воздуха. Район находится в северо-западной части города Иваново, в глубине парка и отделен от ул. Смольной с повышенной интенсивностью движения автотранспорта и железной дороги Иваново-Москва лесопарковой растительностью (деревья, кустарники).



ХОД ИССЛЕДОВАНИЯ

В каждом районе исследования выбирались случайным образом десять деревьев, желательно одной породы для объективности статистической выборки, например липы (с шершавой корой, предпочитаемой лишайниками). Однако одинаковой картины достичь не удалось. Например, в районе №2 липы практически отсутствуют, поэтому замеры велись на тополях и ясенях.

Замеры проводились в зимне-весеннее время (март 2016 года) по общепринятой методике Солдатенковой и Трасса /12, 13/. На одновозрастных деревьях (диаметр ствола 30-50 см) на высоте 1,5 м от поверхности земли (зона дыхания) проводился замер проективного покрытия лишайников. Для этого использовалась рамка 20 см x 20 см с расчерченной сеткой и стороной квадрата 2 см x 2 см. Рамка прикладывалась к стволу дерева с четырех сторон по розе ветров. Внутри рамки определялось видовое разнообразие лишайников и процент покрытия. Процент рассчитывался по числу квадратов рамки, заполненных одним видом лишайника. Виды лишайников, обнаруженные на деревьях, на которых не производились замеры, не учитывались.

Определение лишайников проводилось по общепринятым методикам и определителям /5, 10, 12/.

Одновременно при замерах отмечались показатели жизнедеятельности обнаруженных лишайников: угнетенность таллома, поражение водорослями, некроз, присутствие молодых талломов, а также наличие на коре деревьев в каждом выбранном районе нитрофильной водоросли плеврококка. Наличие плеврококка указывает на повышенное содержание соединений азота в воздухе /4, 13/.

Затем процент проективного покрытия для каждого обнаруженного вида i усреднялся по дереву для четырех сторон света:

$$f_d = (\%_c + \%_b + \%_ю + \%_з) / 4$$

и далее по всем деревьям в целом:

$$f_i = (\sum f_d) / 10$$

Значения f_d и f_i округлялись до целых. При получении величины менее 1, эти параметры принимались равными единице.

Расчет общепринятого индекса чистоты атмосферы Деслувера-Лебланка (ИЧА) /4/ и индекса полеотолерантности Трасса /13/ по нашему мнению учитывают только число видов и величину проективного покрытия, что может привести к необъективной оценке экологической ситуации. Так как лишайники являются индикаторами долговременного воздействия загрязняющих веществ, то наличие молодых талломов показывает улучшение ситуации в недавнем прошлом, а угнетенность или некроз указывают на усугубление

ситуации. Поэтому мы считаем правомочным внести в формулу расчета ИЧА повышающие и понижающие коэффициенты, численные значения которых имеют условную величину.

Формула модифицированного ИЧА выглядит следующим образом:

$$\text{ИЧА} = n \cdot k_{\text{вп}} \cdot \sum (f_i \cdot k_i \cdot k_y \cdot k_n \cdot k_b \cdot k_m),$$

где n – число обнаруженных видов в данном районе;

$k_{\text{вп}}$ – коэффициент присутствия в районе обследования налета плеврококка ($k_{\text{вп}}=0,8$ – плеврококк присутствует, $k_{\text{вп}}=1$ – плеврококк отсутствует);

Σ – сумма по i от 1 до n ;

f_i – усредненный процент проективного покрытия вида по району;

k_i – коэффициент относительной токсифобности (полеотолерантности) вида: он показывает относительную чувствительность вида к загрязнителям, в частности к SO_2 ; чем чувствительнее вид, тем выше значение коэффициента. Значения k_i (включающиеся так называемые лишеноиндикационные шкалы) для разных видов лишайников в некоторых исследовательских работах существенно отличаются. В /8/ показано, что лишеноиндикационные шкалы имеют локальную привязку, где погодно-климатические условия могут кардинально различаться, поэтому существующие шкалы, например, для Эстонии, Брянска или Великобритании нельзя использовать в других местах. Нами приняты k_i согласно лишеноиндикационной оценке загрязнения воздуха в Иванове, приведенной в /3, 11/. Значения k_i для обнаруженных видов приведены в Приложении 1;

k_y – коэффициент наличия угнетенности талломов ($k_y=0,8$ – угнетенность присутствует, $k_y=1$ – угнетенность отсутствует);

k_n – коэффициент наличия некроза талломов ($k_n=0,8$ – некроз присутствует, $k_n=1$ – некроз отсутствует);

k_b – коэффициент наличия поражения водорослями ($k_b=0,9$ – поражение присутствует, $k_b=1$ – поражение отсутствует);

k_m – коэффициент наличия молодых талломов ($k_m=1,2$ – молодые талломы присутствуют, $k_m=1$ – молодые талломы отсутствуют).

Значения ИЧА округлялись до целых.

Протоколы обнаружения видов, замеров проективного покрытия и наличия показателей для введения коэффициентов по районам приведены в Приложении 2.

Расчеты ИЧА дали следующие результаты, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Район	Количество видов лишайников	ИЧА	Зоны загрязнения воздуха
№1 – пл. Пушкина	3	52	II – пониженно загрязненный воздух
№2 – ул. Дзержинского	4	30	II – пониженно загрязненный воздух
№3 – ул. Ташкентская	7	139	III – умеренно загрязненный воздух
№4 – Детский парк	6	228	III – умеренно загрязненный воздух
№5 – парк им. Степанова	12	386	V – чистый воздух

Зоны загрязнения воздуха по присутствию отдельных видов лишайников определены согласно лишеноиндикационной шкале Трасса для Подмосковья /13/ (Приложение 3).

Согласно /6/ среднегодовая концентрация SO_2 на посту наблюдения №1 составляла в 2014 году $0,011 \text{ мг/м}^3$, данные по посту №2 отсутствуют. Однако согласно Приложению 3 концентрация SO_2 в районе №3 (ул. Ташкентская), вызывающая обнаруженную лишеническую ситуацию, должна составлять от $0,05$ до $0,1 \text{ мг/м}^3$. Для определенной инструментальными замерами концентрации в $0,011 \text{ мг/м}^3$ лишеническая зона в данном районе должна быть VI – очень чистый воздух. В /6/ отмечается, что из 887 проб на SO_2 ни одна не превышала среднесуточную ПДК, равную $0,05 \text{ мг/м}^3$. Следовательно, на лишеническую обстановку в городе Иваново диоксид серы не имеет решающего влияния, как, возможно, нет существенного влияния и оксидов азота, по которым также не было превышения ПДК ($0,04 \text{ мг/м}^3$) на обоих постах наблюдения.

Из веществ, по которым проводятся измерения на постах наблюдения, превышения среднесуточных ПДК наблюдалось только у фенола, но в литературе нет указаний о влиянии фенола на лишайники. Чтобы выяснить фактор, влияющий на лишеническую ситуацию, сравним предполагаемую зону загрязнения в районах и полученную методами лишеноиндикации.

В районах №1 (пл. Пушкина) и №2 (ул. Дзержинского) обнаружено соответственно 3 и 4 вида лишайников, ИЧА имеют близкие, одного порядка значения (52 и 30), оба района относятся к одной зоне загрязнения воздуха по Трассу (II).

Однако, мы предполагали, что степень загрязнения воздуха в районе №1 существенно выше, чем в районе №2, из-за более интенсивного движения автотранспорта, и ИЧА должен быть ниже. Но ИЧА на пл. Пушкина показал обратную картину – он оказался выше, чем на ул. Дзержинского.

Рассмотрим географические характеристики данных районов. Пл. Пушкина открыта со всех сторон и достаточно хорошо проветривается, не имея зон застоя воздуха. А ул. Дзержинского направлена перпендикулярно преобладающим в Иваново юго-

западным ветрам и, частично огороженная домами, имеет вид канала. Поэтому на ул. Дзержинского, как и на других однонаправленных с ней улицах, могут происходить застойные явления вследствие низкой проветриваемости. В жаркую, сухую и безветренную погоду эти условия благоприятствуют образованию фотохимического смога, одним из составляющих которого является озон. Этот газ не измеряется на постах наблюдения, но оказывает сильное влияние как окислитель на жизнедеятельность лишайников /4, 9/. Поэтому объяснить полученные результаты можно тем, что на лишайниковую ситуацию влияет именно тропосферный фотохимический озон. С другой стороны, сравнительно низкий ИЧА на пл. Пушкина все же можно объяснить интенсивным движением автотранспорта (диоксиды серы и азота образуют группу суммации, усиливающую их воздействие на живые организмы).

В районах №3 (ул. Ташкентская) и №4 (Детский парк) обнаружено соответственно 7 и 6 видов лишайников, ИЧА имеют различающиеся значения (139 и 228), оба района относятся к зоне III. Относительно высокий ИЧА на ул. Ташкентской с повышенным потоком транспорта по сравнению с ул. Дзержинского также можно объяснить географической характеристикой – ул. Ташкентская имеет меридиональную с небольшим отклонением к юго-западу направленность, что благоприятствует ее проветриваемости.

В районе №5 (парк им. Степанова) обнаружено 12 видов лишайников – наибольшее в выбранных районах. Значение ИЧА в данном районе также наибольшее (386).

ВЫВОДЫ

1. Выбранные районы с предполагаемым разным уровнем загрязнения воздуха действительно показали разные, близкие к предполагаемым уровни, определенные с помощью одного из видов природной индикации – лишайноиндикации: в загрязненных районах (центр города) малое количество видов обнаруженных лишайников, они часто угнетены и имеют признаки некроза, в чистых районах (лесопарковые и зеленые зоны) разнообразие лишайников увеличивается вместе с проективным покрытием.

2. Связь лишайниковой ситуации с концентрациями диоксида серы как доминирующего фактора, влияющего на жизнедеятельность лишайников, в условиях города Иванова достоверно не выявлена.

3. Предполагается, что основным фактором, влияющим на лишайники, применительно к улицам северо-западного направления с многоэтажной застройкой (на примере ул. Дзержинского), является озон. Подтвердить эту гипотезу можно только прямыми измерениями озона на постах наблюдения или с помощью передвижных лабораторий.

4. Дальнейшее использование лишеноиндикации в городе Иваново позволит выявить проблемные зоны, которые не определяются в настоящее время инструментальными методами, а при регулярных исследованиях – проследить динамику изменений уровня загрязнения атмосферы во времени.

5. Проведенные и последующие замеры и расчеты смогут позволить составить местную лишеноиндикационную шкалу, которую можно использовать для дальнейших исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов В.И. Зеленые оракулы. М., 1989.
2. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. М., 1986.
3. Беляков С.А. Лихенологический мониторинг атмосферы города Иваново. // Безопасность жизнедеятельности и экология текстильных предприятий. Ив., 2001.
4. Биоиндикация в городах и пригородных зонах. Сб. науч. ст. М., 1993.
5. Гарибова Л.В. Водоросли, лишайники, мхи СССР, М., 1978.
6. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ивановской области в 2014 году. Ив., 2015.
7. Загрязнение воздуха и жизнь растений. Пер. с англ. Л., 1988.
8. Красногорская Н.Н., Журавлева С.Е., Миннуллина Г.Р. Лихеноиндикационные шкалы оценки качества атмосферного воздуха // Фундаментальные исследования, №5/2004.
9. Кузнецова В.Ф. Эпифитные лишайники как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха газообразными поллютантами, тяжелыми металлами и радионуклидами. Автореферат дисс. НН., 2004.
10. Лишайники СССР, М., 1970.
11. Родивилова О.В., Коршунов М.Б., Беляков С.А. и др. Лихеноиндикация состояния воздушной среды г. Иваново. // Актуальные проблемы химии и химической технологии. Ив., 1997.
12. Солдатенкова Ю.П. Малый практикум по ботанике, М., 1985.
13. Трасс Х.Х. Лихеноиндикационные индексы и SO₂ // Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. М., 1987.
14. Шапиро И.А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения // Успехи современной биологии, №2/1996.

Коэффициент относительной токсифобности k_i для обнаруженных видов лишайников

Латинское название	Русское название	Код	k_i
<i>Physcia stellaris</i>	фисция звездчатая	ФЗ	1
<i>Physcia pulverulenta</i>	фисция припудренная	ФП	1
<i>Xanthoria parietina</i>	ксантория настенная	КН	1,2
<i>Lecidea glomerulosa</i>	лецидея скученная	ЛС	1,2
<i>Psora ostreata</i>	псора устричная	ПУ	1,6
<i>Physcia ciliata</i>	фисция щетинистая	ФЩ	1,8
<i>Candelariella vitellina</i>	канделяриелла желточная	КЖ	2
<i>Lecanora allophana</i>	леканора разнообразная	ЛР	2
<i>Parmelia sulcata</i>	пармелия бороздчатая	ПБ	2,6
<i>Hypogymnia physodes</i>	гипогимния вздутая	ГВ	2,8
<i>Evernia prunastri</i>	эверния сливовая	ЭС	4,2
<i>Evernia mesomorpha</i>	эверния мезоморфная	ЭМ	4,2

Протоколы замеров проективного покрытия и расчет ИЧА

Район №1: пл. Пушкина

Дерево	С		З		Ю		В		вид	f _d
	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%		
1. Тополь	ФП	40	ФП	80	ФП	70	ФП	25	ФП	54
	КН		КН	5			КН	2	КН	2
2. Тополь	ФП	70	ФП	20	ФП	50	ФП	40	ФП	45
	КН	3	КН	1					КН	1
3. Клен ясенелистный	ФП	1	ФП	1					ФП	1
4. Клен ясенелистный	ФП	1	ФП	5	ФП	8	ФП	4	ФП	5
5. Клен ясенелистный	ФП	20	ФП	30	ФП	2	ФП	3	ФП	14
	КН	1							КН	1
6. Липа	ФП	20	ФП	4	ФП	10	ФП	30	ФП	16
	КН	30	КН	3	КН	20	КН	15	КН	17
7. Липа	ФЩ	7	ФП	13	ФП	80	ФП	40	ФЩ	2
	КН	4	КН	13	КН	2	КН	5	ФП	33
8. Липа	ФП	4	ФП	1	ФП	40	ФП	15	ФП	15
	КН	13	КН	1	КН	6	КН	34	КН	14
9. Липа	ФП	25	ФП	7	ФП	30	ФП	15	ФП	19
	КН	17	КН	2	КН	5	КН	11	КН	9
10. Липа	ФП	35	ФП	15	ФП	15	ФП	3	ФП	17
	КН	10	КН	1	КН	2	КН	2	КН	4

вид	f _i	угнетенность k _y	некроз k _n	поражение водорослями k _в	молодые талломы k _м
ФП	22	+	+		+
ФЩ	1	+	+		
КН	5	+	+	+	+

присутствует налет плеврококка (k_{вп}=0,8)

$$\text{ИЧА} = 3 \times 0,8 (22 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,2 + 1 \times 1,8 \times 0,8 \times 0,8 + 5 \times 1,2 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2) = 52$$

Район №2: ул. Дзержинского

Дерево	С		З		Ю		В		вид	f _d
	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%		
1. Ясень	ФП	10	ФП	15	ФП	10	ФП	30	ФП	16
					ФЩ	10	ФЩ	2	ФЩ	3
					КН	1	КН	2	КН	1
2. Ясень	ФП	3	ФП	20			ФП	30	ФП	13
	ФЩ	1	ФЩ	1					ФЩ	1
	КН	1							КН	1
3. Тополь	ЛС	10	ЛС	50	ЛС	50	ФЩ	5	ЛС	28
									ФЩ	1
4. Тополь	ФЩ	1			ЛС	30	ФЩ	1	ФЩ	1
									ЛС	8
5. Ясень			ФЩ	1			ФЩ	1	ФЩ	1
6. Тополь	ФЩ	5	ФЩ	1	ЛС	50			ФЩ	2
			ЛС	30					ЛС	20
7. Тополь					ЛС	30	ФЩ	2	ЛС	8
							КН	1	ФЩ	1
									КН	1
8. Ясень	ФЩ	1					ФЩ	2	ФЩ	1
							ФП	5	ФП	1
9. Ясень			ФЩ	1	ФП	10	ФП	30	ФЩ	1
									ФП	10
10. Ясень					ФП	2			ФП	1

вид	f _i	угнетенность k _y	некроз k _n	поражение водорослями k _в	молодые талломы k _м
ФП	4	+	+	+	+
ФЩ	1	+	+	+	+
КН	1	+	+	+	+
ЛС	6	+	+		

присутствует налет плеснекокка (k_{вп}=0,8)

$$\text{ИЧА} = 4 \times 0,8 \times (4 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 1 \times 1,8 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 1 \times 1,2 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 6 \times 1,2 \times 0,8 \times 0,8) = 30$$

Район №3: ул. Ташкентская

Дерево	С		З		Ю		В		вид	f _d
	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%		
1. Тополь	ФП	80	ФП	2	ФП	10	ФП	10	ФП	26
	КН	1					КН	1	КН	1
2. Тополь	ФП	20	ФП	10	ФП	25	ФП	20	ФП	19
	КН	1	ФЩ	2	КН	4	КН	1	ФЩ	1
			КН	4					КН	3
3. Клен ясенелистный	ФЗ	10	ФЗ	2	ФЗ	5	ФЗ	40	ФЗ	14
	КН	1					КН	2	КН	1
4. Липа	ФП	40	ФП	1	ФП	20	ФП	60	ФП	30
	ФЩ	1			КН	4	ФЗ	1	ФЩ	1
	КН	1					КН	4	ФЗ	1
	ПБ	2							КН	2
									ПБ	1
5. Липа	ФП	10	ФП	10	ФП	10	ФП	40	ФП	18
	ФЗ	2	ФЗ	1	ФЗ	1	ФЗ	1	ФЗ	1
	КН	1	КН	1	КЖ	1	КН	6	КН	2
	ПБ	1							ПБ	1
									КЖ	1
6. Липа	ФЗ	1	ФП	1	ФП	2	ФП	10	ФП	3
	ФЩ	1			ФЗ	1	КН	10	ФЩ	1
					КН	10			ФЗ	1
									КН	5
7. Липа	ФП	10	ФП	10	ФП	10	ФП	40	ФП	18
	ФЗ	1	ФЗ	2	КН	2	ФЗ	1	ФЗ	1
	КН	4	КН	10			КН	5	КН	5
			КЖ	1					КЖ	1
8. Липа	ФП	10	ФП	10	ФП	10	ФП	10	ФП	10
	КН	2	ФЩ	1	КН	4	КН	4	ФЩ	1
	ЛС	2	КН	1			ЛС	2	КН	3
									ЛС	1
9. Липа	ФП	60	ФП	10	ФП	80	ФП	60	ФП	53
	КН	2	КН	1	КН	2	КН	4	КН	2
10. Липа	ФП	20	ФП	2	ФП	10	ФП	10	ФП	11
	КН	4	КН	2	КН	4	КЖ	1	КН	3
	КЖ	1							КЖ	1

вид	f _i	угнетенность k _v	некроз k _n	поражение водорослями k _в	молодые талломы k _м
ФП	19	+	+	+	+
ФЗ	2				+
ФЩ	1				
КН	3	+	+	+	+
ПБ	1	+	+		
КЖ	1				+
ЛС	1		+		

присутствует налет плеврококка (k_{вп}=0,8)

$$ИЧА=7 \times 0,8 \times (19 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 2 \times 1 \times 1,2 + 1 \times 1,8 + 3 \times 1,2 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 1 \times 2,6 \times 0,8 \times 0,8 + 1 \times 2 \times 1,2 + 1 \times 1,2 \times 0,8) = 139$$

Район №4: Детский парк

Дерево	С		З		Ю		В		вид	f _d
	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%		
1. Липа	ФЩ	6	ФЩ	1			ФЩ	1	ФЩ	2
2. Липа	ФЩ	7	ФЩ	1	ФП	30	ФП	40	ФЩ	3
	КЖ	1	КЖ	1	ФЩ	1	ФЩ	4	ФП	18
					КЖ	3	КЖ	4	КЖ	2
3. Липа			ФЩ	1					ФЩ	1
4. Липа	ФП	60	ФП	70	ФП	50	ФП	80	ФП	65
	ФЩ	6	ФЩ	10	КЖ	2	КН	1	ФЩ	4
	КЖ	1	КЖ	2			КЖ	1	КН	1
								КЖ	2	
5. Липа	ФЩ	10	ФП	50	ФП	10	ФП	50	ФП	28
	ПБ	3	ФЩ	1	ФЩ	2	ФЩ	3	ФЩ	4
	КЖ	1	КЖ	2	КЖ	20	ПБ	5	КЖ	6
						КЖ	2	ПБ	2	
6. Липа			ФП	30	ФП	80	КЖ	1	ФП	28
			КЖ	1	ФЩ	1	ЛС	70	ФЩ	1
					КЖ	15			КЖ	4
								ЛС	18	
7. Липа	ФП	50	ФП	80	ФП	80	ФП	10	ФП	55
	ФЩ	2	ФЩ	10	КЖ	1	ФЩ	10	ФЩ	6
	КЖ	4	КЖ	1			КЖ	1	КЖ	2
	ПБ	2							ПБ	1
8. Липа	ФЩ	1	ФЩ	4			ФП	4	ФП	1
	КЖ	4	КЖ	4			КЖ	4	ФЩ	1
								КЖ	3	
9. Липа	ФЩ	2	ФЩ	2	ФЩ	2	ФЩ	2	ФЩ	2
	КЖ	50	КЖ	80	КЖ	70	КЖ	60	КЖ	65
10. Липа	КЖ	90	КЖ	20	КЖ	20	КЖ	80	КЖ	53
					ПБ	1			ПБ	1

вид	f _i	угнетенность k _v	некроз k _n	поражение водорослями k _в	молодые талломы k _м
ФП	20	+	+		+
ФЩ	2	+	+		+
КН	1	+			+
КЖ	14	+		+	+
ПБ	1	+	+		+
ЛС	2	+			

присутствует налет плесени (k_{вп}=0,8)

$$ИЧА=6 \times 0,8 \times (20 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,2 + 2 \times 1,8 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,2 + 1 \times 1,2 \times 0,8 \times 1,2 + 14 \times 2 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 1 \times 2,6 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,2 + 2 \times 1,2 \times 0,8) = 228$$

Район №5: парк им. Степанова

Дерево	С		З		Ю		В		вид	f _d
	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%		
1. Клен ясенелистный	ФЩ	1	ФП	10	ФП	10	ФП	15	ФП	9
	КН	3	ФЩ	5	ФЩ	5	ФЩ	2	ФЩ	3
	ПБ	4	КН	8	КН	10	КН	4	КН	6
	ЛС	1	ПБ	7	ПБ	1	ПБ	1	ПБ	3
2. Береза	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1
	ФЩ	1	ФЩ	5	ФЩ	2	ФЩ	1	ФЩ	2
	ПУ	5	ПУ	80	ПУ	50	ПУ	60	ПУ	49
	ФЩ	1	ФЩ	5	ФЩ	2	ФЩ	1	ФЩ	2
3. Береза	ПБ	3	ПБ	1	ФП	5	ПБ	4	ФП	1
	ГВ	2			ПБ	5	ГВ	5	ПБ	3
							ЭС	4	ГВ	2
4. Ольха	ЭС	1	ЭС	1	ЭС	1	ЭС	1	ЭС	1
	ФЗ	5	ФЗ	10	ФЗ	3	ФЗ	20	ФЗ	10
	ПБ	20	КН	15	ФЩ	2	КН	10	КН	7
			ПБ	2	КН	2			ПБ	11
5. Береза	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1
	ФЩ	1	ПБ	1	ФЗ	1	ФЩ	1	ФЩ	1
	ПБ	2					ЛС	1	ФЗ	1
									ПБ	1
6. Липа	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1
	ФЩ	1	ФЩ	2	ФЩ	1	ФП	1	ФЩ	1
	КН	1	ЛР	2	ЛР	2	ЛР	5	ФП	1
	КЖ	5					ЛС	1	КН	1
7. Липа	КЖ	1	КЖ	1	КЖ	1	КЖ	1	КЖ	1
	ФЩ	1	ФЩ	1	ФЩ	2	ФЩ	2	ФЩ	2
	ПБ	1	ЛС	1	ГВ	1	ЛР	1	ПБ	1
	ГВ	1	КЖ	5	ЭМ	2			ГВ	1
	ЛР	2							ЛР	1
	КЖ	10							ЛС	1
ЭМ	1							КЖ	4	
8. Липа	ЭМ	1	ЭМ	1	ЭМ	1	ЭМ	1	ЭМ	1
	ФП	1	ФП	1	ФП	10	ФП	5	ФП	4
	ЛР	1	ФЩ	5	ФЩ	1	ФЩ	1	ФЩ	2
			ЛС	1			ФЗ	1	ФЗ	1
9. Липа	ЛР	1	ЛР	1	ЛР	1	ЛР	1	ЛР	1
	ФЩ	5	ФЩ	1	ФЩ	5	ПБ	7	ФЩ	3
	ЛР	2	ПБ	2	ПБ	15	ГВ	6	ПБ	6
	КЖ	10	ЛР	1	КЖ	15	ЛР	1	ГВ	2
			ЛС	1			КЖ	5	ЛР	1
10. Липа	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1	ЛС	1
	ЛР	3	ФЩ	1	ФП	10	ФП	50	ФП	15
	КЖ	15	КН	2	ФЩ	2	ФЗ	5	ФЩ	1
			ГВ	3	КЖ	10	ЛС	1	ФЗ	1
			КЖ	12					КН	1
									ГВ	1
									КЖ	9
									ЛР	1
									ЛС	1
									ЛС	1

вид	f_i	угнетенность k_v	некроз k_n	поражение водорослями k_b	молодые талломы k_m
ФП	3	+	+	+	+
ФЩ	2	+			+
ФЗ	1				+
КН	2	+	+	+	+
ПБ	1	+			+
ЛС	1				
ЛР	1				
ПУ	5				+
ГВ	1				+
ЭС	1				
ЭМ	1				
КЖ	2				+

присутствует налет плеврококка ($k_{bn}=0,8$)

$$ИЧА=12 \times 0,8 \times (3 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 2 \times 1,8 \times 0,8 \times 1,2 + 1 \times 1 \times 1,2 + 2 \times 1,2 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,2 + 1 \times 2,6 \times 0,8 \times 1,2 + 1 \times 1,2 + 1 \times 2 + 5 \times 1,6 \times 1,2 + 1 \times 2,8 \times 1,2 + 1 \times 4,2 + 1 \times 4,2 + 2 \times 2 \times 1,2) = 386$$

Лихеноиндикационная шкала Трасса

Зона	Название	Лихеническая характеристика	SO ₂ , мг/м ³
0	Сильно загрязненный воздух	Лишайники отсутствуют	>0,17
I	Загрязненный воздух	Фисция сильно угнетенная	0,15-0,17
II	Понижено 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	<0,02