МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № __»
Предметная область «Естественно-научные предметы»

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ

по предмету «Биология»
на тему: «Лишайники как индикаторы чистоты воздуха в микрорайоне школы»
Тип проекта: исследовательский
Продукт проекта: памятка-буклет «Проверь воздух по лишайникам»

Выполнил(а): обучающийся(аяся) 10 «__» класса
_____ / И. О. Фамилия

Руководитель: учитель биологии
_____ / И. О. Фамилия

[Город] 2026

Пример работы, выполненной в Универ AI · univerai.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....3
1. Лишайники и лихеноиндикация.....5
1.1 Лишайник как симбиотический организм.....5
1.2 Почему лишайники чувствуют загрязнение воздуха.....6
1.3 Методы лихеноиндикации.....8
2. Исследование лишайников в микрорайоне школы.....11
2.1 Площадки и порядок наблюдений.....11
2.2 Результаты и проверка гипотезы.....12
2.3 Продукт проекта: памятка «Проверь воздух по лишайникам».....15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....17
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....18
Приложение А. Текст памятки.....20
Приложение Б. Бланк наблюдений.....21

ВВЕДЕНИЕ

Дорога к нашей школе проходит мимо оживлённой улицы, где утром и вечером стоят пробки. Рядом сквер и старый парк. Однажды учитель биологии показал нам фото липы из парка, покрытой серо-зелёными «кустиками» эвернии, и предложил найти такое же дерево у дороги. Найти не удалось. Ни одного. Так появился вопрос, из которого вырос этот проект: можно ли без приборов, по одним лишайникам, понять, где в микрорайоне воздух чище, а где грязнее?

Актуальность. Станций, которые измеряют состав воздуха, в городах немного. В конкретном дворе или сквере их почти никогда нет. Лишайники же растут повсюду и годами «записывают» состояние воздуха на коре деревьев. Ещё в XIX веке ботаник В. Нюландер заметил, что из Люксембургского сада в Париже лишайники постепенно исчезают, и связал это с городским дымом [7]. Сегодня лихеноиндикация входит в учебные пособия по экологическому мониторингу, причём есть и пособия, написанные специально для школьных кружков и экологических лагерей [8]. Метод дешёвый. Нужны глаза, прозрачная плёнка и терпение.

Проблема. Жители микрорайона не знают, чем отличается воздух у дороги и в парке. Методики лихеноиндикации существуют, но написаны языком специалистов и не подходят ученику 7–8 класса или родителю на прогулке.

Цель проекта — оценить чистоту воздуха на четырёх участках микрорайона по видовому составу и обилию лишайников и подготовить памятку, по которой такую оценку сможет провести любой школьник.

Задачи:

1) изучить литературу о строении лишайников и о том, почему они реагируют на загрязнение воздуха;

2) сравнить несколько методов лихеноиндикации и выбрать посильный для школьного исследования;

3) выбрать четыре площадки на разном расстоянии от автодороги и описать лишайники на стволах деревьев;

4) обработать результаты, сравнить площадки и проверить гипотезу;

5) составить и проверить на учениках младших классов памятку «Проверь воздух по лишайникам».

Объект исследования — эпифитные лишайники, то есть лишайники на коре деревьев, в микрорайоне школы. **Предмет** — число видов, проективное покрытие и соотношение форм роста лишайников на участках с разной транспортной нагрузкой.

Гипотеза: чем дальше площадка от автодороги, тем больше на деревьях видов лишайников и тем выше их покрытие, а кустистые формы встречаются только на удалённых участках.

Методы: изучение литературы, наблюдение, учёт лишайников палеткой, сравнение, расчёт средних и долей, проверка памятки на учениках.

Продукт проекта — памятка-буклет «Проверь воздух по лишайникам» (лист А4, сложенный втрое) с формами роста, городскими видами, порядком наблюдения и упрощённой шкалой оценки (приложение А).

Этапы работы с сентября 2025 по март 2026 года показаны в таблице 1.

Таблица 1 – План-график работы над проектом

Этап	Срок	Результат
Подготовительный: тема, цель, план	сентябрь 2025	паспорт проекта
Теоретический	сентябрь – октябрь 2025	глава 1
Практический: наблюдения	октябрь 2025	бланки, фотографии
Аналитический	ноябрь 2025	таблицы, вывод по гипотезе
Создание и проверка продукта	декабрь 2025 – февраль 2026	памятка, отзывы
Защита проекта	март 2026	доклад и презентация

1. Лишайники и лихеноиндикация

1.1 Лишайник как симбиотический организм

Лишайник только выглядит как одно растение. Это не так. Перед нами союз двух очень разных организмов: гриба (микобионта) и фотосинтезирующего партнёра (фотобионта), которым бывает зелёная водоросль или цианобактерия. Гриб образует тело лишайника, слоевище, удерживает воду и защищает партнёра от высыхания и яркого света. Водоросль или цианобактерия в ответ снабжает гриба углеводами, которые получает при фотосинтезе [1].

Союз оказался удачным. Он позволил лишайникам заселить места, где ни гриб, ни водоросль поодиночке не выжили бы: голые скалы, тундру, стволы деревьев, старые заборы и даже шифер на крышах. Лишайники переносят сильное высыхание, в сухую погоду почти «замирают» и снова начинают расти после дождя. Платой за выносливость стала очень медленная жизнь. Многие виды прирастают лишь на несколько миллиметров в год, так что крупная розетка пармелии на старой липе может оказаться ровесницей ученика, который её разглядывает.

По внешнему виду слоевища лишайники делят на три формы роста, и для нашей работы это деление важнее всего (рисунок 1). **Накипные** лишайники плотно срастаются с корой и выглядят как корочка или налёт; снять их, не повредив кору, невозможно. **Листоватые** похожи на пластинки или розетки, они прикреплены к коре нижней стороной и сравнительно легко отделяются. **Кустистые** напоминают кустики или бороды, свисают с ветвей или стоят на стволе и соединены с ним только небольшим участком [1; 8].

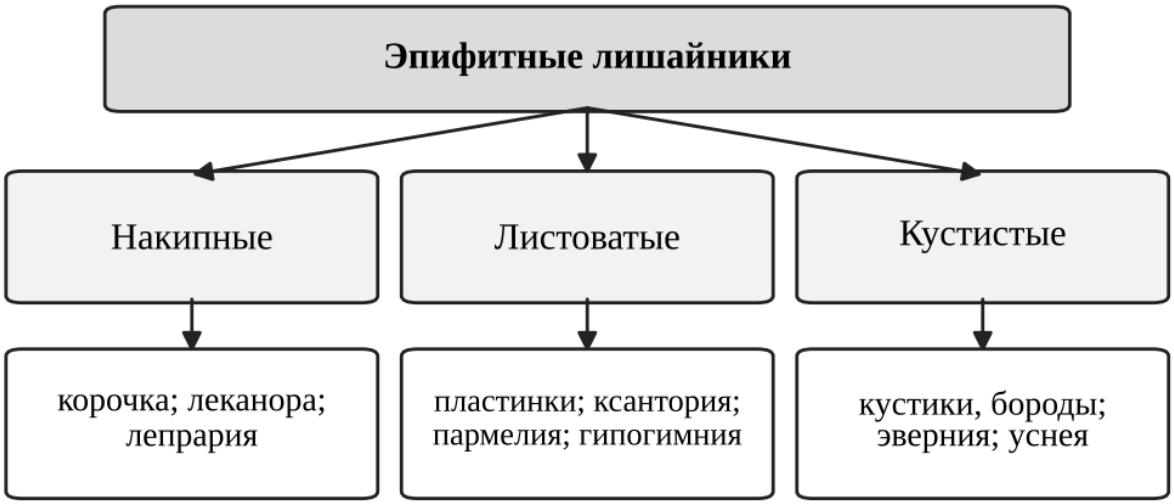


Рисунок 1 – Формы роста эпифитных лишайников

Источник: составлено автором по [1; 8].

На коре городских деревьев чаще всего встречается несколько видов, которые легко узнать даже без определителя. Ярко-жёлтая или оранжевая ксантория настенная растёт на тополях, липах, вязах и на старых деревянных постройках. Серые розетки с ресничками по краю принадлежат фисции, тёмно-серые мелкие розетки — феофисции. Пармелия бороздчатая образует серо-голубые розетки с сетью тонких бороздок. Гипогимния вздутая похожа на вздутые серые пальцы с чёрной нижней стороной. Эверния сливовая — мягкий серо-зелёный кустик с белой нижней стороной лопастей, а уснея — тонкая «борода» с упругим центральным тяжом.

Есть и ещё одна тонкость. На гладкой коре молодой берёзы или осины их меньше, на трещиноватой коре старых лип, тополей и клёнов больше. Значение имеет и кислотность коры, освещённость, сторона ствола. Поэтому сравнивать участки по лишайникам можно только тогда, когда на них выбраны деревья одной породы и близкого возраста, иначе различия покажут не воздух, а особенности самих деревьев [2; 4].

1.2 Почему лишайники чувствуют загрязнение воздуха

У лишайника нет корней, кутикулы, устьиц и проводящей системы. Воду и растворённые вещества он впитывает всей поверхностью слоевища,

прямо из дождя, тумана, росы и пыли. Вместе с водой внутрь попадают и загрязняющие вещества, а избавиться от них лишайник почти не может: у него нет опадающих листьев, в которых растение могло бы «сбросить» накопленное. Поэтому вещества из воздуха накапливаются в слоевище годами [1]. Лишайник работает как губка, которую никто не отжимает.

Хуже всего лишайники переносят диоксид серы. Растворяясь в воде, он образует кислые соединения, которые разрушают хлорофилл фотобионта. Когда водоросль перестаёт нормально фотосинтезировать, гриб остаётся без питания, и лишайник гибнет. Вредны для них также оксиды азота, фтористые соединения, тяжёлые металлы и пыль, оседающая на коре вдоль дорог [1; 2].

Устойчивость у видов разная. Самыми выносливыми считаются накипные лишайники, они последними исчезают при росте загрязнения. Листоватые занимают промежуточное положение, а кустистые, у которых поверхность слоевища наибольшая, страдают первыми [2; 8]. Внутри каждой группы тоже есть различия. Например, гипогимнию вздутую относят к среднеустойчивым видам, а близкую к ней гипогимнию трубчатую — к неустойчивым [5]. Ксантория настенная ведёт себя иначе. Она хорошо переносит городские условия и любит кору, обогащённую азотом, поэтому часто встречается вдоль дорог и у ферм.

Отсюда главное свойство лишайников как индикаторов. Они показывают не разовый выброс, а среднее состояние воздуха за несколько лет. Если в парке растут кустистые эвернии и уснеи, воздух там долгое время оставался сравнительно чистым. Если на старых липах у дороги нет ничего, кроме серого налёта накипных лишайников, это сигнал о хроническом загрязнении.

Бывает, что лишайников нет вовсе. Центр крупного промышленного города, где на деревьях не остаётся лишайников, специалисты называют «лишайниковой пустыней». По шкале, которой пользуются отечественные лихенологи, такая картина соответствует среднегодовой концентрации диоксида серы более 0,3 мг/м³ [3; 10]. Есть и обратные примеры: когда в

европейских городах во второй половине XX века сократились выбросы серы, лишайники начали постепенно возвращаться на городские деревья [1].

1.3 Методы лихеноиндикации

Одна из первых и самых известных шкал, по которой загрязнение оценивают по лишайникам, — шкала Д. Хоксворта и Ф. Роуза, опубликованную в 1970 году в журнале Nature [6]. Авторы выделили для Англии и Уэльса десять зон: от зоны, где на деревьях растёт лишь налёт водоросли, до зоны с богатыми сообществами кустистых лишайников. Каждой зоне соответствовал примерный уровень диоксида серы в зимнем воздухе. Измерять ничего не требовалось. Достаточно было отметить, какие виды растут на деревьях.

В нашей стране широко применяется индекс полеотолерантности, предложенный эстонским лихенологом Х. Х. Трассом [3]. Каждому виду присвоен класс устойчивости от 1 (самые чувствительные) до 10 (самые устойчивые). Индекс рассчитывают по формуле:

$$IP = \sum_{i=1}^{n} \frac{a_i \cdot c_i}{C_n} \qquad (1)$$

где n — число видов на площадке; a_i — класс полеотолерантности вида; c_i — проективное покрытие вида в баллах; C_n — сумма покрытий всех видов в баллах [3; 4].

Логика простая: чем выше значение индекса, тем загрязнённее воздух. Шкала перевода индекса в зоны загрязнения приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Шкала индекса полеотолерантности (по Х. Х. Трассу)

Значение IP	**Среднегодовая концентрация SO_2, мг/м³**	**Зона**
1–2	менее 0,01	нормальная
2–5	0,01–0,03	слабого 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 0,30	«лишайниковая пустыня»

Источник: составлено по [3; 4; 10].

Метод Трасса популярен. В Ишимбайском заказнике Башкортостана З. Р. Сайтова с соавторами описывали лишайники на 15 модельных деревьях одной породы на каждой площадке, на высоте 100 см от корневой шейки, и рассчитывали индекс по этой формуле [4]. Е. Ю. Иванцова, изучавшая окрестности Могилёва, получила на трёх участках значения 1,8, 3,4 и 4,9, то есть от нормальной зоны до зоны слабого загрязнения [10].

Для школьника у метода есть трудность: чтобы присвоить класс полеотолерантности, нужно точно определить вид, а это часто требует лупы, химических реактивов и опыта. Поэтому в учебных пособиях советуют начинать с более простых показателей [2; 8]. Это число видов на площадке, проективное покрытие (какая доля поверхности коры занята лишайниками) и присутствие или отсутствие разных форм роста. Покрытие удобно определять палеткой — прозрачной плёнкой с сеткой 10 × 10 квадратов, которую прикладывают к стволу: число квадратов, занятых лишайником больше чем наполовину, и даёт процент покрытия [2].

Хорошо видно, как работают эти показатели, на примере исследования студентов Уральского государственного лесотехнического университета. Они измеряли покрытие лишайников на участках у дороги и на расстоянии 50, 100 и 150 м от неё, а также на контрольной площадке вдали от источников загрязнения. У самой дороги лишайники занимали всего 0,5 % поверхности коры, на контрольном участке — 23,5 % [9]. Разница почти в пятьдесят раз. И получена она без всяких приборов, с помощью рулетки и компаса.

Сравнение методов привело нас к выбору, показанному в таблице 3. Мы решили опираться на простые показатели, а шкалу Трасса использовать для сопоставления наших выводов с литературой.

Таблица 3 – Сравнение методов лихеноиндикации для школьного проекта

Метод	**Что нужно уметь**	**Подходит ли для проекта**
Шкала Хоксворта и Роуза	определять виды, характерные для Британии	нет, виды и условия другие
Индекс полеотолерантности Трасса	точно определять виды, знать их классы	частично, для сравнения с литературой
Проективное покрытие (палетка)	отличать лишайник от мха и водоросли	да
Число видов и формы роста	различать накипные, листоватые и кустистые формы	да

Источник: составлено автором по [2; 3; 6].

2. Исследование лишайников в микрорайоне школы

2.1 Площадки и порядок наблюдений

Для наблюдений выбрали четыре площадки на разном расстоянии от самой загруженной улицы микрорайона. Площадка А расположена на газоне вдоль проезжей части, в 10 м от неё. Площадка Б — школьный двор, примерно в 60 м от дороги и отгороженный от неё зданием школы. Площадка В — сквер в 180 м от дороги. Площадка Г — старый парк в 650 м от улицы, где машины не ездят. Названия улиц и точные адреса в работе не приводятся.

На всех площадках учитывали лишайники на липе мелколистной. Это самое распространённое дерево микрорайона, и его трещиноватая кора хорошо подходит лишайникам. На каждой площадке выбрали по 10 здоровых деревьев с диаметром ствола 25–40 см, без побелки и свежих повреждений. Так поступают и в научных работах: сравнивают деревья одной породы и близкого размера, чтобы различия зависели от воздуха, а не от коры [4].

Наблюдения проводили в октябре 2025 года. Погода была сухой. Порядок работы на каждом дереве был одинаковым:

1) к северной стороне ствола на высоте 1,0–1,5 м прикладывали палетку 10 × 10 см и считали квадраты, занятые лишайниками;

2) то же повторяли на южной стороне, а покрытие дерева считали как среднее двух измерений;

3) записывали, какие формы роста и какие виды встречаются на стволе в пределах высоты 0,5–2 м;

4) делали фотографию каждого вида для проверки определения с учителем;

5) заполняли бланк наблюдений (приложение Б).

Лишайники определяли по фотографиям и внешним признакам, сверяясь с иллюстрациями в пособиях [1; 8] и с консультацией учителя. Образцы со стволов не снимали. Накипные лишайники до вида не

определяли и записывали как одну группу «накипные (леканора и др.)»: для их точного определения нужен микроскоп. Схема работы показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Порядок наблюдений на одной площадке

Технику безопасности обсудили заранее. На площадке А работали вдвоём, не выходили на проезжую часть и стояли со стороны газона. В парке не сходили с дорожек в густые заросли и не трогали лишайники и кору без перчаток. Все полевые работы проходили в светлое время суток и с разрешения родителей.

2.2 Результаты и проверка гипотезы

Всего на четырёх площадках отмечено восемь видов и групп лишайников. Это немного, но для городского микрорайона обычно. Их распределение по площадкам показано в таблице 4. Цифры в таблице означают, на скольких деревьях из десяти встречен вид. Все числа в этом параграфе — условные данные для примера: они показывают, как выглядит обработка результатов, и не описывают реальный микрорайон.

Таблица 4 – Встречаемость лишайников на площадках, число деревьев из 10

Вид (группа)	Форма роста	А	Б	В	Г
Накипные (леканора и др.)	накипная	7	6	5	4
Феофисция округлая	листоватая	6	7	5	3
Ксантория настенная	листоватая	4	6	6	4
Фисция восходящая	листоватая	0	5	6	5
Пармелия бороздчатая	листоватая	0	2	5	7
Гипогимния вздутая	листоватая	0	0	3	6
Эверния сливовая	кустистая	0	0	2	5
Уснея	кустистая	0	0	0	1

Примечание – Условные данные для примера: значения не являются результатами реальных измерений и показывают, как оформляются результаты.

Уже по встречаемости видно, что площадки различаются не только числом видов, но и их составом. У дороги растут лишь накипные лишайники, феофисция и ксантория, то есть виды, которые в литературе описаны как устойчивые к городским условиям [2; 4]. Пармелия и фисция появляются во дворе школы, гипогимния и эверния — только в сквере и парке, а единственная уснея найдена на старой липе в глубине парка.

Сводные показатели по площадкам приведены в таблице 5. Проективное покрытие — среднее по десяти деревьям.

Таблица 5 – Сводные показатели по площадкам

Площадка	Расстояние до дороги, м	Число видов	Покрытие, %	Деревьев с кустистыми, из 10
А — газон у дороги	10	3	4	0
Б — школьный двор	60	5	11	0
В — сквер	180	7	17	2
Г — парк	650	8	26	5

Примечание – Условные данные для примера: значения не являются результатами реальных измерений и показывают, как оформляются результаты.

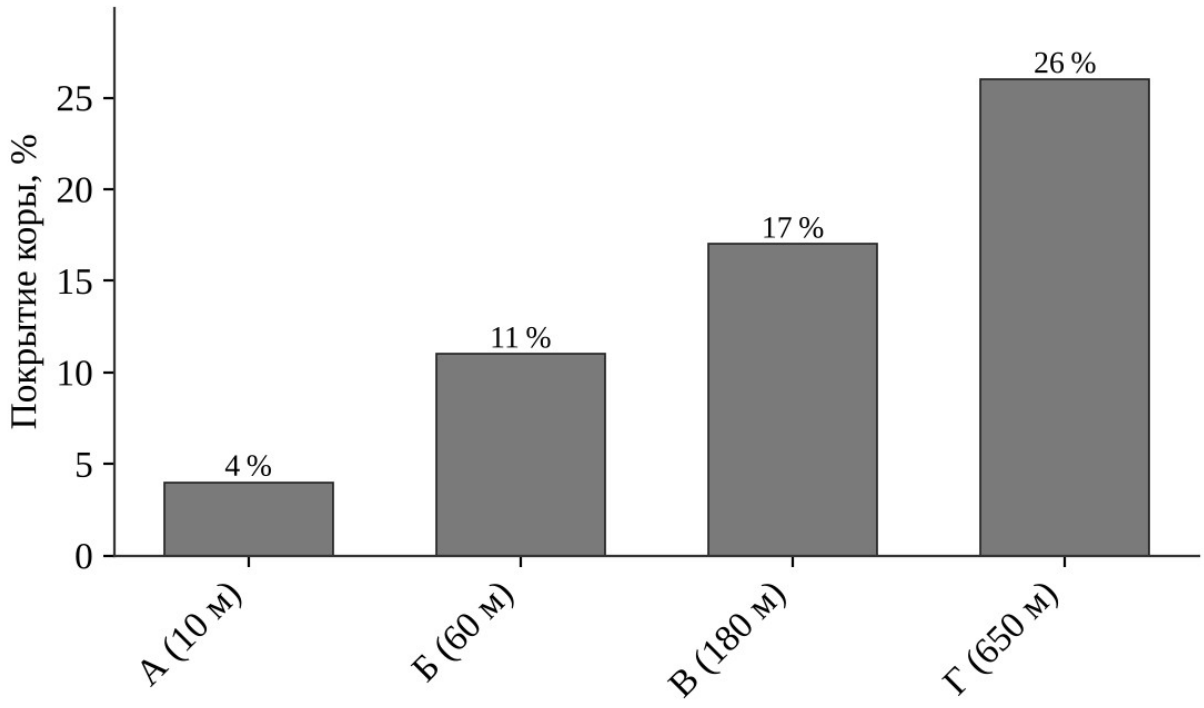


Рисунок 3 – Среднее проективное покрытие лишайников на площадках

Условные данные для примера.

Покрытие растёт от площадки А к площадке Г более чем в шесть раз (рисунок 3). Разница видна невооружённым глазом. Похожую картину, только ещё более резкую, получили исследователи из Екатеринбурга: 0,5 % у дороги против 23,5 % на контрольном участке [9]. Наш результат хорошо с ней согласуется, если учесть, что площадка А всё-таки отделена от проезжей части газоном.

Сюрпризом стала площадка Б. Школьный двор находится всего в 60 м от дороги, но число видов и покрытие там заметно выше, чем у проезжей части. Скорее всего, здание школы задерживает пыль и выхлопные газы, а деревья во дворе старше, чем на газоне. Это напоминает, что лишайники отражают условия конкретного места, а не просто расстояние по карте.

Чтобы связать результаты со шкалой Трасса (таблица 2), мы сопоставили набор видов на площадках с описаниями зон в литературе. Площадка А, где нет ни одного кустистого лишайника, а листоватые представлены только устойчивыми видами, по этому признаку ближе к зоне среднего загрязнения. Площадка Г с эвернией и уснеей похожа на зону

слабого загрязнения. Точный индекс мы не рассчитывали: для этого нужно определить до вида все накипные лишайники и знать их классы полеотолерантности [3], а это пока выходит за пределы школьного исследования.

Проверка гипотезы. Гипотеза подтвердилась, но не полностью. Число видов и покрытие действительно растут по мере удаления от дороги, а кустистые формы встречаются только в сквере и парке. Однако зависимость от расстояния не прямая: школьный двор оказался чище, чем можно было ожидать по одному расстоянию. Значит, для оценки воздуха важны и преграды на пути выбросов, и возраст деревьев.

Ограничения у исследования есть, и немалые. Мы учитывали только одну породу деревьев и проводили наблюдения один раз. Определение видов по фотографиям могло дать ошибки, особенно у мелких листоватых лишайников. Четырёх площадок мало для карты микрорайона, и об этом честно сказано в памятке.

2.3 Продукт проекта: памятка «Проверь воздух по лишайникам»

Хороших методик много, но почти все они рассчитаны на студентов и специалистов. Семикласснику формула Трасса ничего не скажет. Поэтому в памятке оставлено только то, что можно сделать за одну прогулку.

Памятка напечатана на листе А4, сложенном втрое, и имеет шесть полос. Её структура приведена в таблице 6, а полный текст — в приложении А.

Таблица 6 – Структура памятки-буклета

Полоса	Содержание
1 (обложка)	название, фотография липы с ксанторией и эвернией, вопрос «Чем дышит твой двор?»
2	что такое лишайник и почему он «чувствует» воздух — пять предложений
3	три формы роста с рисунками: корочка, листочки, кустики
4	семь видов, которые чаще всего встречаются в городе, с приметами
5	как проводить наблюдение: выбор деревьев, палетка, правила безопасности
6	упрощённая шкала оценки и бланк для записи результатов

Главная часть памятки — упрощённая шкала. Она основана на той же идее, что и шкалы Хоксворта — Роуза и Трасса: чем больше на деревьях чувствительных форм, тем чище воздух [3; 6]. Но вместо классов и баллов в ней то, что видно на стволе без лупы: формы роста и доля занятой коры.

Таблица 7 – Упрощённая шкала оценки воздуха для памятки

Что видно на стволах	Оценка воздуха
лишайников нет, только налёт водоросли	сильно загрязнён
корочки, феофисция, ксантория	заметно загрязнён
много листоватых, есть пармелия	умеренно чистый
есть эвернии или уснеи	сравнительно чистый

Источник: составлено автором на основе [2; 3; 6]; шкала качественная и не заменяет измерений.

Первый вариант памятки проверили на занятии кружка с 24 учениками 7 класса (условные данные для примера). Ребятам выдали памятки и фотографии стволов с площадок А и Г без подписей. Правильно определили, какой участок чище, 21 человек из 24. Труднее всего было отличить листоватую феофисцию от накипных лишайников (9 жалоб), поэтому в памятку добавили подпись «листоватый лишайник можно подцепить краем ногтя, накипной — нет».

Памятка прижилась: она висит на стенде кабинета биологии, а электронную версию учитель использует на уроках по теме «Симбиоз». Затраты — печать 30 экземпляров и пять палеток из прозрачных файлов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект начинался с простого вопроса о том, можно ли по лишайникам отличить чистый воздух от загрязнённого. Изучение литературы показало, что можно: лишайники впитывают вещества из воздуха всей поверхностью, не умеют от них избавляться и потому исчезают с деревьев там, где загрязнение держится годами [1; 2]. Наиболее устойчивы накипные формы, наименее — кустистые.

Из методов лихеноиндикации для школьного исследования выбраны самые доступные: подсчёт числа видов, определение покрытия коры палеткой и учёт форм роста. Индекс полеотолерантности Трасса [3] использован для сопоставления выводов с литературой, но не для точного расчёта.

На четырёх площадках микрорайона на условных данных показано, как обрабатываются результаты такого исследования. У дороги отмечено 3 вида и покрытие 4 %, в парке — 8 видов и 26 %, кустистые лишайники встречены только в сквере и парке. Гипотеза подтвердилась частично: школьный двор оказался чище, чем следовало ожидать по расстоянию до дороги, что, вероятно, связано с защитой здания школы и возрастом деревьев.

Все задачи проекта выполнены. Продукт — памятка «Проверь воздух по лишайникам» — проверен на учениках 7 класса и доработан по их замечаниям. В дальнейшем проект можно продолжить: повторить наблюдения через год на тех же деревьях, добавить другие породы и площадки и составить по результатам карту чистоты воздуха всего микрорайона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бязров, Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л. Г. Бязров. – Москва : Научный мир, 2002. – 336 с.

2. Пчелкин, А. В. Методы лихеноиндикации загрязнений окружающей среды : методическое пособие / А. В. Пчелкин, А. С. Боголюбов. – Москва : Экосистема, 1997. – 25 с.

3. Трасс, Х. Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / Х. Х. Трасс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. – Т. 7. – С. 122–137.

4. Сайтова, З. Р. Лихеноиндикация качества воздуха в Ишимбайском заказнике Республики Башкортостан / З. Р. Сайтова, Р. Г. Фархутдинов, В. А. Михайлова // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2015. – Т. 25, вып. 2. – С. 17–23.

5. Мейсурова, А. Ф. О проблеме оценки индикаторной способности близкородственных видов лишайников по данным спектрального анализа / А. Ф. Мейсурова, А. А. Нотов // Полевой журнал биолога. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 64–73. – DOI 10.52575/2658-3453-2021-3-1-64-73.

6. Hawksworth, D. L. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens / D. L. Hawksworth, F. Rose // Nature. – 1970. – Vol. 227, no. 5254. – P. 145–148. – DOI 10.1038/227145a0.

7. Nylander, W. Les lichens du Jardin du Luxembourg / W. Nylander // Bulletin de la Société botanique de France. – 1866. – Vol. 13, no. 7. – P. 364–371. – DOI 10.1080/00378941.1866.10827433.

8. Школьный экологический мониторинг : учебное пособие для учителей и учащихся / под редакцией Т. Я. Ашихминой. – Москва : Агар : Рандеву-АМ, 2000. – 385, [1] с., [4] л. цв. ил. – ISBN 5-89218-083-2.

9. Акимова, А. В. Выявление условных зон загрязнения по мере удаления от источника методом лихеноиндикации / А. В. Акимова, Д. В.

Пономарев, О. В. Сычугова. – Текст : электронный // Электронный архив УГЛТУ. – 2024. – С. 13–16. – URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12953/1/NTM_24_003.pdf (дата обращения: 20.10.2026).

10. Иванцова, Е. Ю. Возможности фитоконтроля загрязнений атмосферы г. Могилева / Е. Ю. Иванцова. – Текст : электронный. – URL: https://libr.msu.by/bitstream/123456789/17166/1/S584.pdf (дата обращения: 20.10.2026).

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ТЕКСТ ПАМЯТКИ

ПРОВЕРЬ ВОЗДУХ ПО ЛИШАЙНИКАМ

Памятка для школьников и их родителей

Что такое лишайник

Лишайник — это гриб и водоросль, которые живут вместе. Гриб даёт дом и воду, водоросль — пищу. Лишайник пьёт дождевую воду всей поверхностью и вместе с ней впитывает всё, что есть в воздухе. Поэтому там, где воздух много лет грязный, лишайники болеют и исчезают. Посмотри на деревья — и узнаешь, чем дышит твой двор.

Три формы лишайников

– **Корочка (накипные)** — серый, белый или жёлтый налёт, не отделяется от коры. Самые выносливые.

– **Листочки (листоватые)** — пластинки и розетки, их можно подцепить краем ногтя. Средняя чувствительность.

– **Кустики (кустистые)** — мягкие кустики и «бороды». Самые чувствительные: живут только там, где воздух чище.

Кого можно встретить в городе

– ксантория — ярко-жёлтые или оранжевые розетки, растёт даже у дорог;

– феофисция — маленькие тёмно-серые розетки;

– фисция — серые розетки с ресничками по краю;

– пармелия — серо-голубые розетки с сеточкой бороздок;

– гипогимния — вздутые серые «пальчики» с чёрной изнанкой;

– эверния — серо-зелёный мягкий кустик с белой изнанкой;

– уснея — тонкая «борода», внутри которой упругая нить.

Как наблюдать

1) Выбери 5–10 деревьев одной породы и примерно одной толщины.

2) Приложи к стволу на высоте груди палетку — прозрачный файл с сеткой 10 × 10 клеток.

3) Посчитай клетки, занятые лишайником больше чем наполовину. Это и есть процент покрытия.

4) Запиши, какие формы лишайников есть на стволе.

5) Не сдирай лишайники: они растут по нескольку миллиметров в год.

Как оценить воздух

– лишайников нет — воздух сильно загрязнён;

– только корочки, ксантория и феофисция — заметно загрязнён;

– много листоватых, есть пармелия и гипогимния — умеренно чистый;

– есть кустики эвернии или уснеи — сравнительно чистый.

Помни: у дороги работай только вдвоём и со стороны газона. Одно дерево ничего не доказывает — сравнивай несколько деревьев и несколько мест.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. БЛАНК НАБЛЮДЕНИЙ

Площадка: _____ Дата: .._____ Погода: _____ Порода деревьев: _____

№ дерева	Диаметр, см	Покрытие (север), %	Покрытие (юг), %	Формы роста	Виды
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Итого по площадке: число видов __*; среднее покрытие* __ %; деревьев с кустистыми лишайниками ____ из 10.