

муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа №58 г. Пензы
имени Г.В. Мясникова
(МБОУ СОШ №58 г.Пензы им. Г.В.Мясникова)

Проект

«Математическое моделирование как способ определения влияния химических веществ на окружающую среду и здоровье человека»

Выполнила: Желудева Александра,
ученица 11 «А» класса, МБОУ СОШ №58
г. Пензы им. Г.В. Мясникова

Руководители: Чекунова Г.Н., учитель
математики МБОУ СОШ № 58 г. Пензы
им. Г.В. Мясникова

Павленко С.К., учитель химии МБОУ
СОШ № 58 г. Пензы им. Г.В. Мясникова;

Пенза, 2023 г

Оглавление	
Введение	2
Глава 1. Как математика связана с экологией?	4
1.1 Математическое моделирование	4
1.2 Математическое моделирование и экологи.....	4
1.3 Основные методы математического моделирования экологических процессов	5
1.4 Понятие «матрица». Использование матрицы в экологии.....	6
1.4.1 Матрица в математике	6
1.4.2 Матрица Леопольда.....	6
Глава 2. Оценка воздействия деятельности человека на окружающую среду методом создания математической модели - матрицы Леопольда - с помощью экспериментальных химических исследований	8
2.1. Как использовать матрицу Леопольда для определения силы влияния человека на окружающую среду	8
2.2. Методика определения нормы химических веществ	8
2.3 Проведение химических экспериментов	9
2.3.1 Исследование загрязнения воздуха методом лишеноиндикации	9
2.3.2 Морфометрический анализ побегов хвойных деревьев (на примере сосны обыкновенной).....	10
2.3.3 Оценка влияния автотранспорта на состояние атмосферного воздуха города Пенза (вдоль автомобильной дороги проходящей по улице Проспект Победы и Коммунистическая).....	11
2.4. Создание математической модели, отражающей степень влияния химических веществ на окружающую среду и здоровье человека	13
Заключение.	15
Список литературы	16
Приложение 1 Шкала оценки степени воздействия	17
Приложение 2 Шкала качества воздуха по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев	18
Приложение 3 Фотоотчёт «Эксперимент лишеноиндикации»	19
Приложение 4 Классами повреждения и усыхания хвои сосны обыкновенной	20
Приложение 5 Шкала экспресс-оценки загрязнения воздуха с использованием сосны обыкновенной	21

Введение

Актуальность проекта: охрана окружающей среды — одна из самых глобальных проблем современности. В результате деятельности человека на Земле значительно сократились площади лесов, перестали существовать или находятся на грани исчезновения многие виды животных, усилился процесс антропогенного загрязнения атмосферы и гидросферы, сократились многие виды природных ресурсов, меняется климат. Сегодня понимание экологической обстановки необходимо для того, чтобы предотвращать еще большее её ухудшение и попытаться снизить пагубное влияние на неё.

Объект проекта: математическое моделирование в определении влияния химических веществ на окружающую среду и здоровье человека

Предмет проекта: оценка воздействия химических веществ на состояние окружающей среды и здоровье человека

Цель проекта: создать математическую модель, определяющую степень воздействия химических веществ на состояние окружающей среды и здоровье человека

Задачи:

- ✓ изучить историю математического моделирования в экологии;
- ✓ рассмотреть математические методы моделирования, используемые в экологии;
- ✓ рассмотреть практическую значимость математического моделирования в экологии;
- ✓ определить основные факторы, влияющие на окружающую среду;
- ✓ провести количественный анализ влияния факторов, воздействующих на окружающую среду;
- ✓ провести изучение качества атмосферного воздуха в месте проживания;
- ✓ составить памятку рационального экологического поведения человека.

Гипотеза: используя методы математического моделирования, можно определить степень влияния химических веществ на окружающую среду и здоровье человека.

Методы:

- ✓ поиск и изучение научных источников;
- ✓ анализ полученных в ходе исследования данных;
- ✓ анализ научной литературы и пособий по исследуемой теме и подведение итогов;
- ✓ наблюдение, математическая обработка данных, построение диаграмм
- ✓ обработка полученных данных на компьютере;
- ✓ лихеноиндикация;

- ✓ морфологический анализ побегов хвойных растений;
- ✓ математическое моделирование.

Глава 1. Как математика связана с экологией?

1.1 Математическое моделирование

Математическое моделирование – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов.

Модели и моделирование играют чрезвычайно важную роль в деятельности человека. В сущности, всю совокупность знаний человека можно представить, как модель материального мира, в котором отражен сам субъект моделирования. Методы моделирования в настоящее время внедрились не только в технические области, но и практически во все сферы человеческой деятельности. Математическое моделирование выступает, пожалуй, основным способом изучения технических, экологических, экономических и многих других систем, которые сейчас, в современную эпоху, плохо поддаются исследованию уже известным теоретическими и экспериментальными методами.

1.2 Математическое моделирование и экология

В связи с загрязнением окружающей среды и усилившимся воздействием человека на природу особое значение приобрела экология. Возникнув как чисто биологическая дисциплина, экология развилась в комплексную науку, обозначающую совокупность знаний и теоретических представлений о взаимоотношениях растений и животных, как между собой, так и с абиотическим (неживым) окружением. Экологию интересует взаимодействие организмов и среды, определяющее развитие, размножение и выживание особей, структуру и динамику популяций, развитие сообществ животных, растений и микроорганизмов, а также воздействие на все эти организмы хозяйственной деятельности человека.

Не зря математику называют царицей наук, ведь она применяется во многих дисциплинах, даже там, где, казалось, сложно представить её применение. Поэтому математика и экология тесно связаны между собой. Математика в экологии изучает модели экологических объектов и процессов, а также методы их исследования. Математическая модель учитывает, прежде всего, те ограничения и принципы отбора, которые выделяют реально возможные изменения из числа допустимых.

Упрощённые версии реального мира, выраженные с помощью математической символики, называют математическими моделями. Математическое моделирование экологических процессов представляет собой мощный инструмент для количественной и качественной оценок изменений характеристик окружающей среды под воздействием различных факторов. Если математическая модель достаточно точно имитирует

действительность, сохраняя существенную структуру реального явления, то появляются неограниченные возможности для экспериментирования: в эту модель можно вводить новые факторы или возмущения, чтобы выяснить их влияние на систему.

1.3 Основные методы математического моделирования экологических процессов

Все математические методы сильно облегчают исследование в различных сферах экологии, что позволяет охватить как можно большую часть исследования окружающего мира. Выделим и рассмотрим основные математические методы, используемые в экологии:

1. метод корреляции

В соответствии с законом экологической корреляции в экосистеме, как и в любом другом целостном образовании, все входящие в нее компоненты функционально соответствуют друг другу. Выпадение одной части системы неминуемо ведет к исключению всех тесно связанных с нею других частей системы и функциональному изменению целого в рамках закона внутреннего динамического равновесия.

2. распределение Стьюдента

Это однопараметрическое семейство абсолютно непрерывных распределений. Распределение Стьюдента имеет важное значение для статистического анализа. С помощью данного распределения можно оценить истинность определенного эксперимента. Для этого необходимо рассмотреть возможные причины ошибок, способствующих повлиять на измеряемую величину.

3. матрица Леопольда

При помощи матрицы Леопольда можно понять, на сколько пагубно человек влияет на окружающую среду. Данная матрица представляет собой таблицу воздействий, включающую в себя по вертикали список возможных действий (выброс в атмосферу загрязняющих веществ, строительство промышленных зданий и сооружений и т.д.), а по горизонтали – множество потенциальных индикаторов воздействия.

Метод математического моделирования для нашего проекта - матрица Леопольда. Проведя сравнительный анализ, мы обнаружили, что это наиболее гибкий метод, всеобъемлющий в различных средах (физико-химические, биологические, экономико-социальные). Матрица Леопольда является наиболее подходящим (наглядным) методом оценки влияния на окружающую среду, поэтому и была использована для оценки влияния человека на окружающую среду.

1.4 Понятие «матрица». Использование матрицы в экологии

1.4.1 Матрица в математике

Матрицей называют прямоугольную таблицу, заполненную числами. Важнейшие характеристики матрицы – число строк и число столбцов. Если у матрицы одинаковое число строк и столбцов, ее называют квадратной. Обозначают матрицы большими латинскими буквами.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Пример. Матрица A размера $m \times n$,

где a_{ij} ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$) — это элементы матрицы A. Первый индекс i — это номер строки, второй индекс j — это номер столбца, на пересечении которых расположен элемент a_{ij} .

Сокращённое обозначение матрицы $A = (a_{ij})_{m \times n}$

Сами числа называют элементами матрицы и характеризуют их положением в матрице, задавая номер строки и номер столбца и записывая их в виде двойного индекса, причем вначале записывают номер строки, а затем столбца. Например, a_{14} есть элемент матрицы, стоящий в первой строке и четвертом столбце, a_{32} стоит в третьей строке и втором столбце.

1.4.2 Матрица Леопольда

Матрица Леопольда в первый раз была введена экологом Луна Леопольдом и его коллегами в отделе картографии США (Leopold at al., 1971). Матрица представляет собой таблицу, в которой в столбцах указываются различные виды деятельности по проекту, а в строках – компоненты окружающей среды. Пересечение строк и столбцов в матрице, при котором наблюдаются ожидаемые последствия, показаны диагональной линией. После заполнения таблицы необходимо найти суммарную интенсивность воздействия для каждого варианта. Для этого надо перемножить цифры для каждого пересечения (величина * важность) и найти сумму полученных данных.

	A	B	C	D	E
A		2		9	
		/1		/2	
B			8	7	3
			/3	/2	/1

Рисунок 1 — Фрагмент матрицы Леопольда

В первоначальном ее варианте по горизонтали были перечислены 100 действий, способных повлиять на окружающую среду, а по вертикали — 88 характеристик окружающей среды.

Матрица Леопольда также обладает определёнными преимуществами, которые позволяют сделать наше исследование наиболее эффективным:

- схематично представляет действия проекта и его возможное влияние на факторы окружающей среды, делая их максимально понятными;
- включает как порядок величины воздействия, так и важность, придаваемую ему;
- можно сравнить различные матрицы, разработанные для разных альтернатив в рассматриваемом проекте;
- эта методология обладает низкой стоимостью применения;
- матрица применима ко всем типам проектов, связанных с воздействием на окружающую среду.

Глава 2. Оценка воздействия деятельности человека на окружающую среду методом создания математической модели - матрицы Леопольда - с помощью экспериментальных химических исследований

2.1. Как использовать матрицу Леопольда для определения силы влияния человека на окружающую среду

Для работы с матрицей Леопольда необходимо провести следующие действия:

1. В ячейках матрицы отметить:

- степень воздействия (незначительное, слабое, умеренное, сильное)

(Приложение 1);

2. Рассчитать общую силу воздействия для каждого вида деятельности по формуле:

$$I = \frac{N * \sum_{i=1}^n \omega_i}{n}$$

где I — общая сила воздействия;

ω — интенсивность воздействия;

N — общее количество ячеек в матрице;

n — количество значимых ячеек в матрице ($\omega \neq 0$).

2.2. Методика определения нормы химических веществ

Материальный состав окружающей среды – это содержание химических соединений и живых организмов в окружающей среде, т. е. материальный состав биосферы (литосферы, гидросферы и атмосферы с находящимися на них живыми существами). Материальный состав окружающей среды в принципе устанавливается аналитическими методами. Понятие качество материального состава окружающей среды включает также и оценку этой среды, т. е. принимается во внимание непосредственное состояние экосистемы — воды, воздуха и почвы, а также продуктов питания и жилья человека. Под биологическим использованием понимают количество вещества, поступившее в организм за какое-то время и участвующее в обмене веществ.

Именно воздействие химических соединений мы будем оценивать по шкале Леопольда от -3(сильно отрицательное воздействие) до +3(сильно положительное воздействие)

По месту локализации химические загрязнения можно разделить на три вида (загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы).

В нашем проекте мы исследуем химические вещества, загрязняющие воздух. Источниками такого загрязнения является: транспорт, промышленные предприятия, бытовые котельные. При их работе в воздух выделяются такие вещества как: оксиды углерода и азота, сероводород и сероуглерод, фторные и хлорные соединения.

Человек, так же как и окружающая среда страдает от химического загрязнения атмосферы. Химические вещества способны вызывать изменения в структуре органов и систем органов. При сгорании топлива в воздух выделяются канцерогены, которые приводят к возникновению онкологических заболеваний. Происходит разрушение клеток, которое приводит к образованию опухолей. Отмечается рост аллергических кожных состояний, обострения сердечно - сосудистых патологий.

2.3 Проведение химических экспериментов

В процессе работы над проектом было решено провести оценку загрязнения атмосферного воздуха в городе Пенза (район Ленинский, территория МБОУ СОШ №58 им. Г.В. Мясникова).

В нашем проекте для определения влияния концентрации химических веществ на окружающую среду и здоровье человека мы применили метод биологической индикации и анализ выбросов автомобильного транспорта в микрорайоне школы.

2.3.1 Исследование загрязнения воздуха методом лишеноиндикации

В качестве субстрата для исследования методом лишеноиндикации были взяты разные виды деревьев, произрастающие на территории, прилегающей к школе и к автомобильной дороге, проходящей по Проспекту Победы.

Виды деревьев: береза, тополь, ясень, каштан, дуб.

Изучив информацию по атласу – определителю лишайников на этих деревьях чаще встречаются ксантория и пармелия (листоватые лишайники).

Изготовленной из плотного полиэтилена палеткой (размер палетки 10x10 см, длина шага – 1 см) на высоте одного метра, сосчитано количество квадратов с лишайниками (таблица 1).

Для расчёта степени покрытия в процентах (R) вычисляют по формуле:

$$R = (100 a + 50 b) / C, \text{ где}$$

C - общее число квадратов палетки (например, при использовании нашей палетки 10 x 10 см с ячейками 1 x 1 см, C = 100).

Порядковый номер дерева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Степень покрытия лишайниками, %	22	44	36	28	34	26	15	7	27	17

Количество видов лишайников	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1
Количество лишайников доминирующего вида	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Степень загрязнения воздуха	3-я зона	3-я зона	3-я зона	3-я зона	3-я зона	3-я зона	2-ая зона	1-ая зона	3-я зона	2-ая зона

Таблица 1 Журнал оценки качества воздуха по проективному покрытию ствола пробной площадки Ленинского района города Пензы (улицы Ворошилово, Проспект Победы и Коммунистическая)



Вывод: используя шкалу качества воздуха по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев (*приложение 2*) можно сделать вывод об умеренной и местами повышенной степени загрязнения атмосферного воздуха. Кроме того, необходимо отметить, что жизнеспособность обнаруженных лишайников так же различна. В некоторых местах (образцы № 7, 8, 10) слоевище лишайника чахлае, что так же говорит о повышенном содержании в воздухе загрязняющих веществ.

Фотография 1 Образец 10 (Приложение 3)

2.3.2 Морфометрический анализ побегов хвойных деревьев (на примере сосны обыкновенной)

Так же для оценки качества атмосферного воздуха в городе Пенза был использован морфометрический анализ побегов хвойных деревьев (на примере сосны обыкновенной). На исследуемом участке отобраны деревья сосны обыкновенной и проведено изучение их морфометрических характеристик (таблица 2).

Таблица 2 – Морфометрический анализ побегов сосны обыкновенной

Образец	1	2	3	4	5	6
Длина побега, см	41	37	34	52	59	43

Длина хвои, мм	33	28	30	34	38	36
Количество хвои на единицу длины побега, шт.	7	6	9	9	10	11
Процент хвои с хлорозами	0	0	6	4	7	6
Процент хвои с некрозами	0	1	1	3	5	9

На основании проведенного осмотра, а так же в соответствии с классами повреждения и усыхания хвои (*приложение 4*) и шкалой экспресс-оценки загрязнения воздуха с использованием сосны обыкновенной (*приложение 5*) можно сделать вывод о средней или умеренной загрязненности атмосферного воздуха города Пенза (район Ленинский). На исследуемом участке наблюдаются незначительное количество хвойных деревьев, имеющих второй и третий класс повреждения хвои. Единичные случаи появления хвои с третьим классом усыхания. Чаще встречается хвоя первого и второго класса усыхания (30% по результатам наблюдения).

2.3.3 Оценка влияния автотранспорта на состояние атмосферного воздуха города Пенза (вдоль автомобильной дороги проходящей по улице Проспект Победы и Коммунистическая)

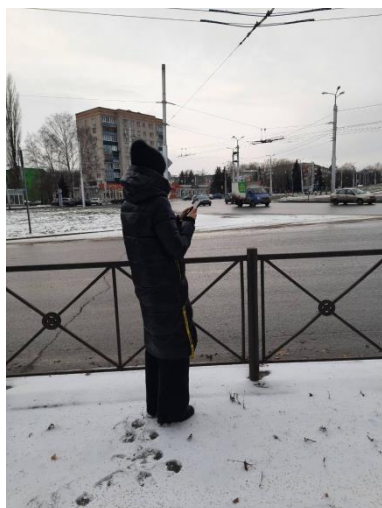
Автомобильная дорога – неотъемлемая часть инфраструктуры любого города , поэтому нами была проведена оценка влияния автотранспорта на состояние воздуха в исследуемом районе. Мы просчитали, с помощью математического моделирования, какая будет нагрузка на состояние атмосферного воздуха в данном районе на период до одного года (если число автомобилей останется неизменным).

Таблица 3 – Выброс автотранспортом вредных веществ в течение суток (гр.)

Тип автомашины	Сажа	Угарный газ	Сернистый газ SO ₂	Оксиды азота NO ₂
Легковая	0,05	222,5	0,03	43,8
Грузовая	19,3	502,2	4,5	70,4
Автобус	3,4	227,3	0,67	17,7

Таблица – 4 Расчёт количества выбрасываемых транспортом вредных веществ в атмосферу (гр.)

Тип автомашин ы	Количество поступающих в атмосферу вредных химических веществ						
	Количество о машин за 10 мин	Сажа			Угарный газ		
		1 сутки	1 месяц	1 год	1 сутки	1 месяц	1 год
Легковая	31	223.2	6919.2	83030.4	993240	30790440	369485280
Грузовая	7	19454.4	60308 6.4	7237036. 8	506217. 6	15692745. 6	188312947. 2
Автобус	3	1468.8	45532. 8	546393.6	98193.6	3044001.6	36528019.2
Тип автомашин ы	Количество поступающих в атмосферу вредных химических веществ						
	Количество о За 10 мин	Сернистый газ SO ₂			Оксиды азота NO ₂ .		
		1 сутки	1 месяц	1 год	1 сутки	1 месяц	1 год
Легковая	31	133.9 2	4151.52	49818. 24	195523. 2	6061219.2	72734630.4
Грузовая	7	4536	140616	168739 2	70963.2	2199859.2	26398310.4
Автобус	3	289.4 4	8972.64	107671 .68	7646.4	237038.4	2844460.8



Вывод: из расчётов видно, что количество вредных веществ поступающих в воздух в течение года достаточно велико. Причем, среди них преобладают угарный газ и сажа. Таким образом, можно сделать вывод о значительном воздействии вредных химических веществ на состояние окружающей среды и здоровье человека. Состояние атмосферного воздуха в районе измерений можно охарактеризовать как ниже удовлетворительного. Загрязнение воздуха происходит в основном за счёт сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания. Поэтому актуальным является вопрос об эффективном и качественном сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания на основе оптимального соотношения топливо/воздух.

2.4. Создание математической модели, отражающей степень влияния химических веществ на окружающую среду и здоровье человека

Изучив полученные в ходе исследований данные, мы оценили их согласно *Приложению 1* и составили Матрицу Леопольда:

Компонент окружающей среды	Влияние содержания и концентрации химических веществ			
	Сажа	Угарный газ	Сернистый газ SO ₂	Оксид азота
Атмосферный воздух	-3	-3	-3	-2
Объекты флоры (лиственные деревья)	-2	-3	-2	-1
Объекты флоры (хвойные деревья)	--2	-3	-3	-1
Человек (здоровье и безопасность) *	-3	-3	-3	0

*Влияние содержания и концентрации химических веществ на здоровье человека мы определяли с помощью статистических данных о состоянии здоровья учеником МБОУ СОШ №58 г. Пензы им. Г.В. Мясникова. Благодаря сотрудничеству с фельдшером-медсестрой нашей школы Кудряшовой С.А. мы узнали, что у учеников всё чаще начали развиваться хронические заболевания (астмы, аллергии, болезни сердца и нервной системы), значительно помолодели многие болезни.

Расчёт влияния по формуле:

$$I = \frac{N * \sum_{i=1}^n \omega_i}{n} = -3,778 \text{ балла}$$

Вывод: данная оценка говорит о том, что именно транспортные выбросы являются основной причиной загрязнения воздуха в городе и оказывают отрицательное влияние на здоровье человека и окружающую среду.

Каждый человек должен задуматься о том, какие серьёзные последствия несёт атмосфера, пропитанная вредными химическими веществами. Жизнь, данная нам однажды природой не должна нарушаться искусственными факторами, которые негативно сказываются на здоровье человека. Однако исключить из жизни наличие автотранспорта невозможно или проблематично, но вполне возможно и необходимо сократить количество

вредных примесей содержащихся в выхлопных газах. Одним из путей экологизации автомобильного транспорта является перевод его на альтернативные виды топлива.

Заключение.

Человечеству в ближайшие годы предстоит кардинально реорганизовать свою деятельность. Чтобы полностью не разрушить место своего обитания и обитания всех остальных форм жизни, человеку необходимо очень бережно относиться к окружающей среде.

Вся информация, полученная с использованием данного метода, была передана в школьный экологический патруль с целью привлечения более пристального внимания для уменьшения силы воздействия на тот или иной компонент окружающей среды.

В ходе нашего проекта мы достигли всех целей и задач, пришли к следующим **выводам:**

1. Рассмотрев практическое применение математического моделирования в экологии и виды моделей, мы разработали математическую модель Матрица Леопольда;
2. Математическая модель позволила оценить степень влияние химических веществ, загрязняющих атмосферу, на окружающую среду и здоровье человека;
3. Доказана практическая значимость математического моделирования в экологии;
4. Рассмотрены методы математического моделирования и доказана значимость матрицы Леопольда в метопредметных исследованиях;
5. Практическим путём доказана связь между математикой и экологической химией;
6. Рассмотрены некоторые аспекты химического загрязнения окружающей среды;
7. Произведена систематизация собранного материала в виде рекомендаций для администрации школы и медицинского работника;
8. Схема рассуждений, доказательств, методы решения поставленных в начале исследования задач оказались нестандартными в решении предлагаемых проблем, показана практическая значимость математики для других предметов и реальной жизни;
9. Изучив литературу по проблеме исследования, проведя экспериментальные процедуры по составлению матрицы Леопольда, установив связь математики с экологической химией, подтвердили поставленную в начале исследования гипотезу.

Список литературы

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Luna_Leopold
2. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. — М.: Наука, 1982.
3. Молодой учёный Ежемесячный научный журнал № 17.1 (76.1) -2014
4. Романов М. Ф., Федоров М. П. Математические модели в экологии. — СПб: Иван Федоров, 2003.
5. Свирижев Ю. М., Елизаров Е. Я. Математическое моделирование биологических сообществ. — М.: Наука, 1972.
6. Смит Дж. М. Модели в экологии. — М.: Мир, 1976.
7. Федоров М. П., Романов М. Ф. Математические основы экологии. — СПб: Изд-во СПбГТУ, 1999 г.
8. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. Учебник М.: Дрофа, 2004
9. Даценко И.И. Воздушная среда и здоровье. Львов, 1981. - 243 с.
10. Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие/ М.Н. Мукминов, Э.А. Шуралев. – Казань: Казанский университет, 2011. – 48 с.
11. Цуриков А.Г. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель: учебное пособие для студентов биологических специальностей вузов[и др.]/ А.Г. Цуриков, О.М. Храмченкова; М-во образования РБ, гомельский гос.ун-т. им. Ф.Скорины – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2009. – 123 с.

Приложение 1 Шкала оценки степени воздействия

Градация	Описание степени воздействия	Балл
Сильное положительное воздействие	Помогает устранить изменения в природной среде приведшие к значительным нарушениям компонентов природной среды и/или экосистем.	3
Слабое положительное воздействие	Помогает устранить изменения в природной среде приведшие к средним нарушениям компонентов природной среды и/или экосистем.	2
Незначительное положительное воздействие	Помогает устранить изменения в природной среде приведшие к незначительным нарушениям компонентов природной среды и/или экосистем.	1
Нет воздействия	Не оказывает воздействия.	0
Незначительное отрицательное воздействие	Изменения в природной среде не превышают существующие пределы природной изменчивости.	-1
Слабое отрицательное воздействие	Изменения в природной среде превышают пределы природной изменчивости. Природная среда полностью само восстанавливается.	-2
Сильное отрицательное воздействие	Изменения в природной среде приводят к значительным нарушениям компонентов природной среды и/или экосистем. Отдельные компоненты природной среды теряют способность к самовосстановлению.	-3

**Приложение 2 Шкала качества воздуха по проективному покрытию
лишайниками стволов деревьев**

Степень покрытия	Число видов	Число лишайников доминантного вида	Степень загрязнения
Более 50%	Более 5	Более 5	6-ая зона Очень чистый воздух
	3-5	Более 5	5-ая зона Чистый воздух
	2-5	Менее 5	4-ая зона Относительно чистый воздух
20-50%	Более 5	Более 5	4-ая зона Относительно чистый воздух
	Более 2	Менее 5	3-я зона Умеренное загрязнение
Менее 20 %	3-5	Менее 5	2-я зона Сильное загрязнение
	0-2	Менее 5	1-ая зона Очень сильное загрязнение

Приложение 3 Фотоотчёт «Эксперимент лихеноиндикации»



Образец 1



Образец 2



Образец 3



Образец 4



Образец 5



Образец 6



Образец 7

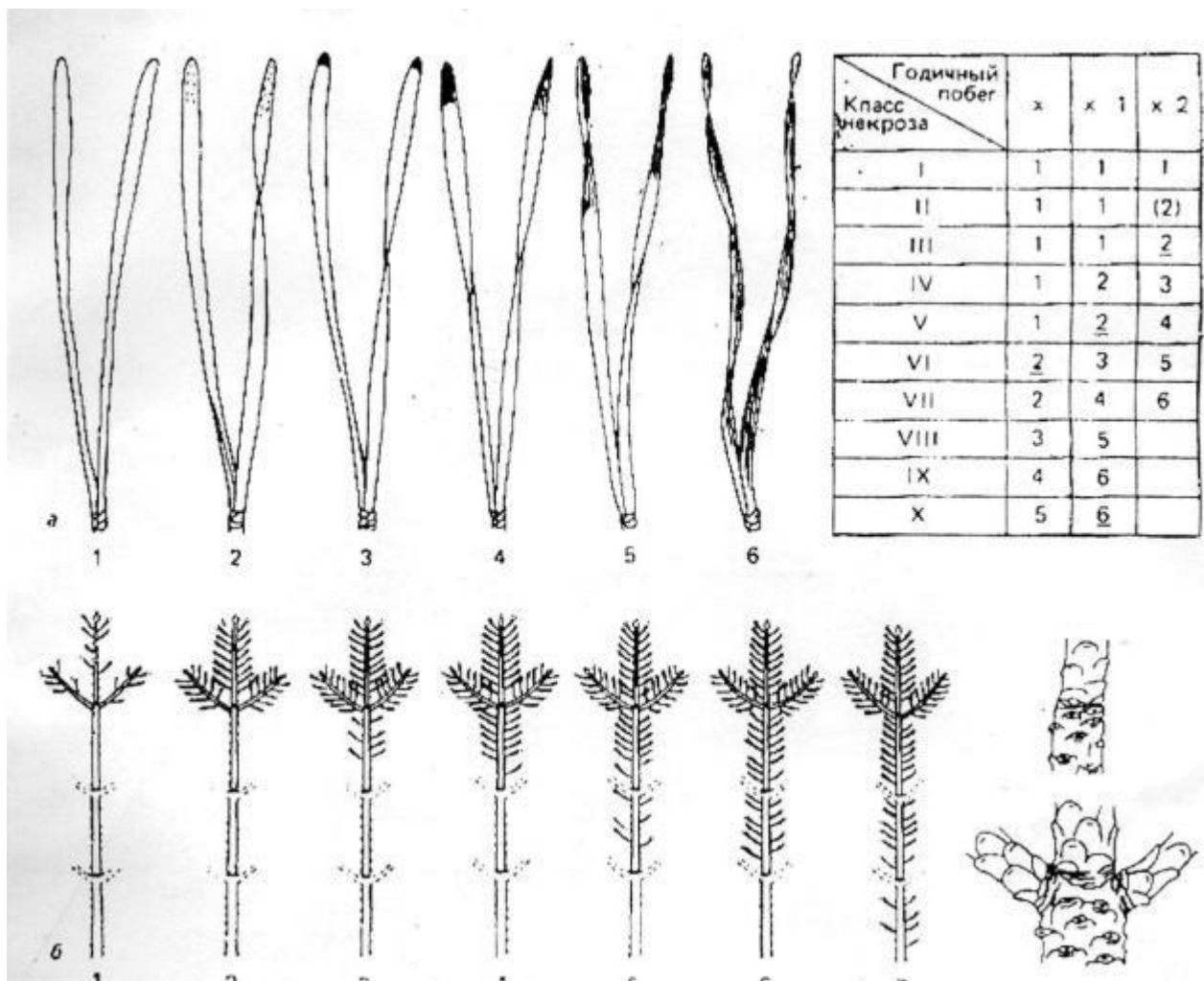


Образец 8



Образец 9

Приложение 4 Классы повреждения и усыхания хвои сосны обыкновенной



**Приложение 5 Шкала экспресс-оценки загрязнения воздуха с использованием
сосны обыкновенной**

Максимальный возраст хвои	Класс повреждения хвои на побегах второго года жизни		
4	I	I – II	III
3	I	II	III – IV
2	II	III	IV
2	НС	IV	IV – V
1	НС	IV	V – VI
1	НС	НС	VI

I – воздух идеально чистый; II – чистый; III – относительно чистый; IV – загрязненный; V – грязный; VI – очень грязный; НС – невозможные сочетания.

Рецензия на работу по теме
«Математическое моделирование как способ определения влияния химических
веществ на окружающую среду и здоровье человека»

Ученицы 11 А класса , МБОУ СОШ №58 г. Пензы им Г.В. Мясникова

Желудева Александра(руководитель Чекунова Г.Н.)

Проектная работа посвящена теме «Математическое моделирование как способ определения влияния химических веществ на окружающую среду и здоровье человека». Цель работы четко сформулирована и обоснована. Её план включает в себя все необходимые этапы для достижения цели.

Исследовательская работа имеет логически правильную структуру. Работа грамотно оформлена. Она содержит необходимое количество доказательного материала, что позволяет более наглядно раскрыть ее основные результаты.

Тема раскрыта. Автор демонстрирует знания, выходящие за рамки школьной программы. В работе раскрыты теоретические основы понятия темы, грамотно проанализирована литература по заданной тематике. Теоретическая и практическая части оформлены в соответствии с требованиями и заслуживает высокой оценки.

Работа также является исследовательской, поэтому способствует развитию познавательного интереса, аналитических способностей, различных способов восприятия и обработки информации.

В практической части автор проводит собственное исследование. Обобщив полученные результаты, она приходит к выводу, что математическая модель позволила оценить степень влияние химических веществ, загрязняющих атмосферу, на окружающую среду и здоровье человека .

На протяжении всего периода работы над темой у ученицы формировались необходимые предметные знания и умения, необходимые компетентности.

Данную работу можно использовать в качестве дидактического материала для внеклассной работы: факультатив, кружковая работа, дополнительные сведения на уроке.

Рецензент: _____

/Чекунова Г.Н. , учитель математики

высшей категории

Дата: 09.01.2023г.