

ОТДЕЛ ОБРАЗОВАНИЯ, СПОРТА И ТУРИЗМА АДМИНИСТРАЦИИ  
ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. ГРОДНО  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГИМНАЗИЯ № 2 Г. ГРОДНО»

Секция «Компьютерные науки и программирование»

«РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕ-  
ЩЕСТВ В ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ARDUINO И МОНИТОРИНГ  
ВОЗДУХА В РАЗЛИЧНЫХ ТОЧКАХ Г. ГРОДНО»

Автор работы:  
Мещеряков Владимир Евгеньевич,  
учащийся 11 «А» класса

Руководитель работы:  
Козловская Ирина Зигмундовна,  
учитель информатики высшей категории

г. Гродно, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1	
Состав атмосферного воздуха.....	4
Глава 2.	
Общая характеристика источников загрязнения.....	6
Глава 3.	
Разработка устройства определения концентрации веществ в воздушной смеси.....	7
Эксперименты и исследования	
Мониторинг концентрации вредных веществ в воздухе в разных районах города Гродно .....	8
Глава 4.	
Основные направления охраны воздушного бассейна.....	12
Заключение.....	13
Список использованных источников.....	14
Приложение 1.	
Прошивка платы Arduino .....	15

## **Введение**

### **Актуальность темы исследования.**

Экологическое состояние планеты стало глобальной проблемой мирового масштаба в 21-ом веке, которую пытаются решить ученые многих стран мира.

В настоящее время на Земле практически не осталось экологических систем, не подверженных в той или иной мере влиянию человека. Влияние человека на экосистемы в процессе техногенеза весьма интенсивно, поскольку своей деятельностью он создает направленные помехи в механизмах естественной обратной связи.

Наиболее масштабным и значительным является химическое загрязнение среды несвойственными ей веществами химической природы. Среди них газообразные и аэрозольные загрязнители промышленно-бытового происхождения. Прогрессирует и накопление углекислого газа в атмосфере. Дальнейшее развитие этого процесса будет усиливать нежелательную тенденцию в сторону повышения среднегодовой температуры на планете. Вызывает тревогу у экологов и продолжающееся загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, достигшее уже 1/5 его общей поверхности. Нефтяное загрязнение таких размеров может вызвать существенные нарушения газо- и водообмена между гидросферой и атмосферой. Не вызывает сомнений и значение химического загрязнения почвы пестицидами и ее повышенная кислотность, ведущая к распаду экосистемы. В целом все рассмотренные факторы, которым можно приписать загрязняющий эффект, оказывают заметное влияние на процессы, происходящие в биосфере.

К числу жизненно важных элементов окружающей природной среды принадлежит атмосферный воздух. Он ничего не стоит, однако нет ничего драгоценнее для человека, ибо воздух – это жизнь.

Загрязнение атмосферы происходит в силу естественных причин, но оно за исключением катастрофических случаев, не нарушает сложившегося в природе равновесия, не влечет качественных изменений воздуха. Основным и наиболее опасным источником загрязнения атмосферы являются промышленные, транспортные и бытовые выбросы.

Современное состояние атмосферного воздуха характеризуется изменением его природного состава, в частности, увеличением количества диоксида углерода. Вредные вещества от источников выбросов промышленных предприятий сосредотачиваются в тропосферном слое и создают опасные облака примесей. С течением времени количество загрязняющих веществ накапливается и распределяется неравномерно, в некоторых местах их концентрация уже теперь является недопустимо высокой. <sup>[1]</sup>

Таким образом, научно-техническая революция, затрагивающая все стороны жизни общества, высокие темпы развития производства, рост городов, расширяющееся использование атмосферы и возрастающие масштабы воздействия человека на окружающую среду требуют повышенного внимания на охрану атмосферного воздуха.

**Объектом исследования** является разработка устройства определения концентрации веществ в воздухе и практическое применение данного устрой-

ства, путем определения концентрации этих веществ в воздухе в различных районах города Гродно, РБ.

**Предмет исследования** – мониторинг содержания различных веществ в воздухе, в разных районах города Гродно, РБ.

**Цель исследования:** Сравнение концентраций содержания различных веществ в воздухе в разных частях города Гродно, РБ.

**Задачи:**

1. Поиск и изучение информации о системах определения концентрации веществ в воздушной смеси;
2. Анализ информации и разработка схемы подключения датчиков к плате Arduino;
3. Сборка и настройка устройства с возможностью автономной работы;
4. Мониторинг концентрации веществ в разных точках г. Гродно;
5. Анализ полученных данных;

При написании работы были использованы **методы исследования:**

1. Изучение возможности создания устройство определения концентрации веществ в воздушной смеси на Arduino;
2. Конструирование прибора;
3. Мониторинг концентрации веществ в разных точках г. Гродно;
4. Анализ полученных данных.

## **Глава 1.**

### **Состав атмосферного воздуха.**

Атмосферный воздух представляет собой смесь определенных газов и водяного пара. Из газов в состав атмосферного воздуха входят азот, кислород, аргон, углекислый газ, водород, гелий, метан и некоторые другие. Азот и кислород являются основными компонентами сухого атмосферного воздуха. Их относительная концентрация составляет 99,03% (азот – 78,08%, кислород – 20,95%). Аргон составляет 0,93%, углекислый газ – 0,08%. На остальные газы приходится всего 0,01%.

Общая масса атмосферного воздуха равна  $5,2 \cdot 10^{15}$  т. Масса азота составляет  $3,9 \cdot 10^{15}$  т, кислорода –  $1,2 \cdot 10^{15}$  т, аргона –  $1,6 \cdot 10^{13}$  т, углекислого газа  $2,6 \cdot 10^{12}$  т, водяного пара –  $1,2 \cdot 10^{14}$  т. В нижних слоях атмосферы (до высот в несколько десятков километров) состав сухого атмосферного воздуха и относительная концентрация основных его компонентов характеризуется удивительным постоянством, несмотря на активное участие газов атмосферы в геологических и биологических процессах, происходящих на земле. Это постоянство, видимо, определяется наличием в системе атмосфера-гидросфера-литосфера-биосфера компенсационно-регулирующих процессов, поддерживающих в ней динамическое равновесие. Например, при понижении концентрации кислорода в атмосфере усиливается активность фотосинтеза растений, что приводит к возрастанию продуцирования ими кислорода, и наоборот.

Концентрация водяного пара в отличие от концентрации газовых компонентов атмосферного воздуха, наоборот, может сильно изменяться. Это связано

с тем, что количество водяного пара в основном определяется процессами испарения воды с водных поверхностей мирового океана и суши, а также её осаджения на них в виде осадков. И то, и другое зависит от климатических условий, различных географических районов земли. Другой особенностью водяного пара является то, что он может находиться в атмосфере в различных фазовых состояниях, тогда как все другие составляющие атмосферного воздуха находятся в нем только в виде газов. <sup>[2]</sup>

Из всех газов, составляющих атмосферный воздух, наиболее активным является кислород. Он содержится в атмосфере в двух видах: двухатомном –  $O_2$  и трехатомном –  $O_3$ . Последний носит название озона и играет исключительно важную роль в защите живых организмов от жесткой солнечной радиации. Озон, как правило, образуется в результате диссоциации молекул кислорода под воздействием солнечной радиации в верхних слоях атмосферы на высоте 10–50 км. На его концентрацию также оказывают влияния грозовые разряды в атмосфере. Озон, в свою очередь, существенно влияет на потоки атмосферной радиации, а также распределение температуры в атмосфере.

Кислород участвует во всех процессах, связанных с окислением органического и неорганического вещества. Особое значение он имеет для жизнедеятельности живых организмов. Живые организмы чувствительны к изменению содержания кислорода во вдыхаемом ими воздухе. Пребывание живого организма в среде с пониженной концентрацией кислорода может привести к опасным его изменениям и даже смерти.

Другие газы атмосферы также принимают участие в различных земных процессах. Азот входит в состав белков и через посредственно азот – фиксирующих бактерий и водорослей усваивается живыми организмами. Кроме того, он участвует в фотохимических и биохимических реакциях, определяющих дифференциацию минеральных веществ и синтез органических. Под действием грозовых разрядов в атмосфере азот ионизируется и вступает в реакцию с атмосферной влагой, образуя азотную кислоту. Последняя, выпадая вместе с дождем на поверхность земли, вступает в реакцию с минералами почвы и образует питательные для растений соединения (калийные, фосфатные, кальциевые и др.), создавая тем самым жизненную основу для их развития. Можно сказать, что без азота жизнь в том виде, каком мы её знаем, была бы невозможна.

Исключительно важное значение имеет углекислый газ. Он участвует в процессах фотосинтеза, продуктивность которого в большой степени зависит от концентрации углекислого газа в формировании земной коры и климата. Пропуская коротковолновую радиацию и задерживая длинноволновую, углекислый газ регулирует теплообмен между землей и космосом, обеспечивая сохранение повышенной температуры у поверхности земли. Как и кислород, углекислый газ активно влияет на дыхательные функции живых организмов. Повышение концентрации углекислого газа во вдыхаемом воздухе снижает рефлекторные реакции организма, ослабляет кровяной обмен. <sup>[3]</sup>

## Глава 2.

### Общая характеристика источников загрязнения

Состав и свойства атмосферы на разных высотах неодинаковы, поэтому ее подразделяют на тропо-, страто-, мезо-, термо- и экзосферы. Последние три слоя иногда рассматривают как ионосферу.

Источники загрязнения атмосферы подразделяются на естественные (природные) и искусственные (антропогенные). Естественные (извержения вулканов, пыльные бури, лесные и степные пожары) мало влияют на общий уровень загрязнения. Наиболее опасными источниками загрязнения атмосферы являются антропогенные. Мировое хозяйство ежегодно выбрасывает в атмосферу более 15 млрд. т  $\text{CO}_2$ , 200 млн т СО, более 500 млн т углеводородов, 120 млн т золы, более 160 млн т оксидов серы и 110 млн т оксидов азота и др. Общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет, по некоторым данным, более 19 млрд т.

Из всей массы загрязняющих веществ, которые поступают в атмосферу от антропогенных источников, 90% составляют газообразные вещества (оксиды серы, азота, углерода, тяжелых и радиоактивных металлов и др.), 10% – твердые и жидкие вещества. [4]

#### Основные антропогенные источники загрязнения атмосферы

Отрасль промышленности	Аэрозоли	Газообразные выбросы
Теплоэнергетика	Зола, сажа (Pb, Mo, Ve, Li, V, Ni, Cu Zn, Sn, Hg, $\text{N}_2\text{O}_5$ ), радионуклиды	$\text{NO}_2$ , $\text{CO}_2$ , СО, NO, $\text{SO}_3$ , бенз(а) пирен, альдегид, органические кислоты
Транспорт	Сажа (Pb)	СО, $\text{NO}_2$ , $\text{C}_x\text{H}_y$ бенз(а) пирен
Химическая промышленность	Пыль, сажа (Zn, Sn, Sb, Mo, Co, Ni, Cu, Bi, W, Hg, Cd)	$\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CS}_2$ , СО, $\text{NH}_3$ , кислоты, растворители, летучие сульфиды
Металлургия	Пыль, оксиды железа (Mn, Zn, Pb, Mo)	$\text{SO}_2$ , СО, $\text{NH}_3$ , $\text{NO}_x$ , фтористые соединения, цианистые соединения, органические вещества, бенз(а) пирен
Промышленность строительных материалов	Пыль (Zn, Bi, Mo, Ca, Ba)	СО, органические соединения

Автомобильный транспорт выделяет 60% газообразных загрязнителей воздуха. В состав выхлопных газов карбюраторных и дизельных двигателей входит до 200 химических соединений, из которых наиболее токсичны Pb,  $\text{CO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{C}_x\text{H}_y$ , бенз(а) пирен. В выхлопных газах содержится большое количество углеводородов, их доля резко возрастает, если двигатель работает на малых оборотах или в момент увеличения скорости при старте. [5]

Крайне опасной частью выхлопных газов являются соединения свинца, образующиеся при сгорании в двигателе автомобиля тетраэтилсвинца Pb (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, добавляемого к бензину для повышения октанового числа. При этом при сжигании 1 л бензина в воздух поступает 200 – 700 мг свинца.

Содержание вредных веществ в составе отработавших газов зависит от типа двигателя, режима его работы, общетехнического состояния автомобиля, марки бензина.

### Глава 3.

#### Разработка устройства определения концентрации веществ в воздушной смеси.

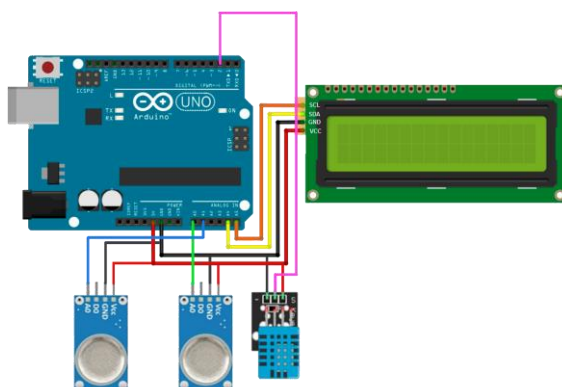
Данное устройство предоставляет собой экономичное, автономное решение для контроля качества воздуха. Качество воздуха оценивается по следующим параметрам: твердые частицы в воздухе, диоксид углерода, содержание метана, содержание пропана, смесь лёгких углеводородов, температуру и влажность воздуха. Особенность данного устройства в том, что к нему дополнительно можно подключить ряд других датчиков (газовый датчик MiCS-2714 (NO<sub>2</sub>), газовый датчик MiSC-2614 (Озон)), что значительно увеличивает функционал устройства.

##### Управление и питание

- Микроконтроллер Arduino Uno
- Источник питания напряжением 7,5В
- 16x2 LCD табло
- Кнопка переключения показателей на табло

##### Датчики

- Газовый датчик MQ-2
- Газовый датчик MQ-9
- Датчик температуры и влажности Keyes DHT11



*Рисунок 1 Схема подключения датчиков*

##### Датчики токсичного газа MQ

Для измерения токсичных газов, включая пропан, бутан, сжиженный попутный газ и оксид углерода, мы использовали газовые датчики MQ-2 и MQ-9.

Датчик газа, построенный на базе газоанализатора MQ-2 позволяет обнаруживать наличие в окружающем воздухе углеводородных газов (пропан, метан, н-бутан), дыма (взвешенные частицы, являющиеся результатом горения). Датчик газа, построенный на базе газоанализатора MQ-9 позволяет обнаруживать наличие в окружающем воздухе углеводородных газов (пропан, метан, н-бутан) и угарного газа (CO). Датчики можно использовать для обнаружения утечек промышленного газа и задымления. Выходным результатом является аналоговый сигнал, пропорциональный содержанию газов, к которым восприимчив газоанализатор. Чувствительность может быть настроена с помощью триммера на плате датчика.

В газоанализаторы встроен нагревательный элемент, который необходим для химической реакции. Поэтому во время работы сенсоры будут горячими, это нормально. Для получения стабильных показаний новый сенсор необходимо один раз прогреть (оставить включённым) в течение 24 часов. После этого стабилизация после включения будет занимать около минуты.

Показания сенсора подвержены влиянию температуры и влажности окружающего воздуха. Поэтому в случае использования датчика газа в изменяющейся среде, при необходимости получения точных показаний, понадобится реализовать компенсацию этих параметров.

Датчик температуры и влажности нужно обязательно использовать, поскольку контроль температуры и влажности играет важную роль в определении концентрации газов. Высокая влажность и температура значительно влияют на точность измерений. Поэтому очень важно контролировать эти изменяющиеся параметры. Температуру и влажность можно одновременно контролировать с помощью одного датчика.

Выходные сигналы от датчиков поступают на цифровые порты Arduino.

Разрабатываем и загружаем в Arduino скетч (прошивка платы Arduino). См. приложение 1.

Данная программа предназначена для функциональной работы нашего устройства (преобразования сигналов датчика с информацией непосредственно выводимую на экран цифрового табло. Управление табло осуществляется с помощью запрограммированной кнопки, которая переключает показания датчиков.

Питание всего устройство составляет 5В при использовании Arduino стационарно, непосредственно подключенной к компьютеру, либо 7,5В при работе устройства автономно с помощью батарейного отсека.

Код прошивки находится на [github.com](https://github.com) [приложение 1].

## **Эксперименты**

### **Мониторинг концентрации вредных веществ в воздухе в разных районах города Гродно.**

В виду отсутствия возможности точной калибровки датчиков с помощью эталонных концентраций все наши измерения носят относительный характер.

Значения показаний датчиков определяются ppm (англ. Parts per million или лат. pro pro mille, «частей на миллион»). Миллионная доля, пропромилле,



(ppm) — аббревиатура обозначает миллионную долю каких-либо относительных величин ( $1 \cdot 10^{-6}$  от базового показателя).

1 ppm = 0,001 ‰ = 0,0001 % = 0,000001 =  $10^{-6}$

1 % = 10000 ppm.

1 ‰ = 1000 ppm.

Для объёмных показателей 1 ppm (1 ppmw)— это кубический сантиметр на кубический метр ( $\text{см}^3/\text{м}^3$ ).

Было проведено измерение воздуха в различных точках города Гродно.

Таблица расположения контрольных точек.

№ контр. точки	Расположение	№ контр. точки	Расположение
№1	ОАО «АЗОТ»	№17	БЛК
№2	РУП Гродноэнерго	№18	ОАО «КСМ»
№3	Гродно «ГАИ»	№19	Микрорайон «Переселка»
№4	Микрорайон «Румлево»	№20	Ул. Горького
№5	Микрорайон «Вишневец»	№21	Парк Жилибера
№6	ОАО «ХИМВОЛОКНО»	№22	Ул. Павловского
№7	Ул. Славинского	№23	Автовокзал
№8	Ул. Фомичева	№24	Ул. Социалистическая
№9	ОАО «Белкард»	№25	Пл. Советская
№10	ОАО "Гродненская Табачная Фабрика "Неман"	№26	Драматический театр
№11	Ул. Суворого	№27	Правонабережная
№12	Магазин «Октябрьский»	№28	Каложская церковь
№13	Микрорайон «Фолюш»	№29	Каложский парк
№14	Больница скорой помощи	№30	Ул. Виленская
№15	УО «Торговый коллеж»	№31	Микрорайон «Девятровка»
№16	Пышки		

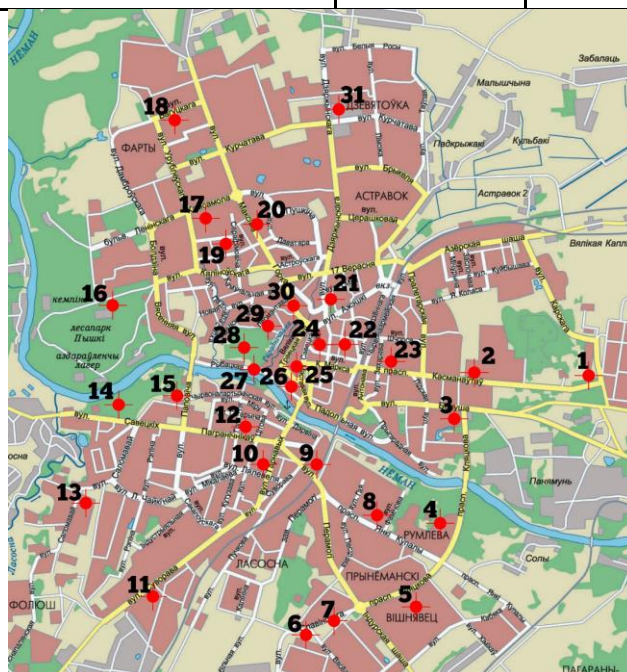


Рисунок 2. Схема расположения контрольных точек мониторинга

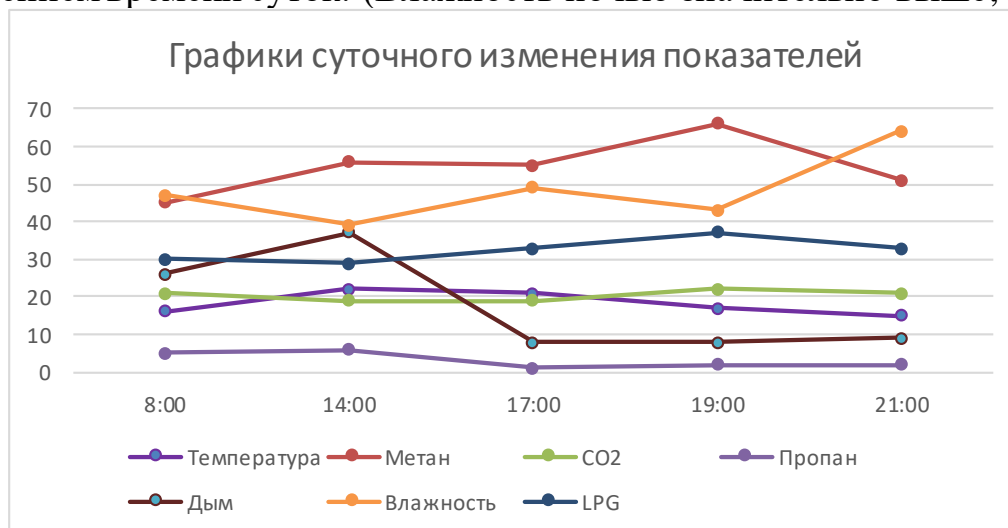
Таблица измерения состояния воздуха в разных точках города.

Контрольная точка	Т°С	Влажность	CO2	Дым	Пропан	Метан	LPG
№1	34	40	60	30	7	150	70
№2	35	34	37	30	8	140	60
№3	38	26	23	19	4	80	30
№4	37	25	26	10	3	87	47
№5	35	28	21	12	2	60	35
№6	33	33	20	5	2	80	30
№7	32	33	27	8	1	80	44
№8	34	30	27	10	2	90	48
№9	33	31	17	6	1	52	28
№10	34	31	23	9	2	70	38
№11	32	33	15	10	1	40	26
№12	35	31	17	8	2	50	25
№13	37	28	14	7	1	36	22
№14	35	47	12	5	1	35	19
№15	35	34	13	5	1	32	17
№16	32	38	8	4	1	21	15
№17	32	39	6	3	1	11	8
№18	31	37	11	7	0	22	17
№19	30	47	10	17	3	25	22
№20	29	42	10	5	1	25	15
№21	31	43	10	4	1	25	17
№22	32	39	7	3	0	17	12
№23	32	39	8	3	0	18	12
№24	24	35	27	22	4	87	43
№25	25	33	21	10	1	57	35
№26	27	29	16	13	2	37	28
№27	29	29	12	4	0	32	21
№28	29	27	8	8	2	20	14
№29	27	31	9	3	0	24	15
№30	28	31	18	5	1	49	28
№31	31	28	19	4	1	57	30

Проведя анализ полученных данных, можно сделать вывод, что наибольшее загрязнение воздуха в городе Гродно оказывает ОАО «Азот». Причем санитарная зона вокруг предприятия не оказывает значительного снижения уровня загрязнений. У остальных промышленных предприятий уровень загрязнения воздуха находятся в пределах среднего значения по городу. Большой уровень загрязнения вносят автомобильные дороги города.

Кроме этого были произведены измерения этих же показателей в точке №19 (Микрорайон «Переселка») относительно времени суток. Изменения этих

показателей представлены на графике суточного изменения показателей. По данному графику можно сделать вывод, что не наблюдаются серьезные изменения показателей концентрации измеряемых в воздухе веществ в течение суток. Существенное колебанием показывает только влажность, и это связано с изменением времени суток. (Влажность ночью значительно выше, чем днем).



Было проведено измерение воздуха в центре города Гродно с 17<sup>00</sup> – 18<sup>00</sup> в рабочий день в так называемый «час пик», когда большая часть людей движется на автотранспорте через центр города. Данные представлены в таблице измерения состояния воздуха в центре города в «час пик».

Таблица измерения состояния воздуха в центре города в «час пик».

Контрольная точка	Т°С	Влажность	CO2	Дым	Пропан	Метан	LPG
№16	22	34	25	11	2	55	41
№24	18	36	30	76	16	98	37
№25	20	35	26	207	46	77	41
№26	19	35	18	185	36	49	30
№27	20	28	30	55	11	97	43
№28	17	32	20	16	2	78	30

Сравнивая данные показателя с аналогичными показателями «выходного дня», представленными в таблице измерения состояния воздуха в разных точках города, можно заметить, что значения по задымленности центральной части города (ул. Социалистическая, Советская площадь) выросли более чем в 10 раз. Это еще раз говорит о высоком уровне загрязнения города, который вносит автомобильный транспорт, о необходимости принятия решений об изменении транспортной нагрузки на центральную часть города Гродно, о необходимости перевода транспорта на более экологические источники энергии исключая двигатели внутреннего сгорания.

По значениям, измерения которых мы проводили, среднем уровень загрязнения города в сравнении с лесопарковым комплексом «Пышки» находится на приемлемом уровне. Мы не проводили измерения по другим важным показателям, таким как NO, NO<sub>2</sub>. Сернистые соединения, органические вещества,

озон, однако, датчики, определяющие концентрацию этих веществ, также подключаются к нашему устройству, тем самым расширяя его функционал.

## **Глава 4**

### **Основные направления охраны воздушного бассейна**

Проблема борьбы с атмосферным загрязнением сложна, многогранна и требует много сил и средств. Однако современный уровень научно-технического прогресса позволяет снизить образование опасных веществ в самом источнике их выделения и разработать мероприятия по предупреждению загрязнения.

Мероприятия, направленные на предупреждение загрязнения атмосферного воздуха и снижение вредных примесей в нём, можно свести в четыре группы:

1. Группа технологических мероприятий: улучшение существующих и внедрение новых технологических процессов, исключающих выделение опасных веществ в самом источнике их образования. Это создание новых технологий, основанных на частично или полностью замкнутых циклах, предварительная очистка сырья до вовлечения его в производство, автоматизация производственных процессов.

2. Группа санитарно-технических мероприятий, уменьшение или устранение попадания выбросов в атмосферу с помощью газопылеочистного оборудования, герметизация технологического и транспортного оборудования, сооружение сверхвысоких дымовых труб.

3. Группа планировочных мероприятий: оптимальное размещение промышленных предприятий с учётом розы ветров, вынос наиболее токсичных производств за черту города, создание санитарно-защитных зон вокруг промышленных предприятий, рациональная планировка городской застройки, расширение площадей зелёных насаждений.

4. Группа контрольно-запретительных мероприятий: запрещение производства отдельных токсичных продуктов, автоматизация контроля за выбросами. Для обеспечения наибольшей эффективности необходимо сочетание всех групп мероприятий.

Много внимания должно уделяться совершенствованию газопылеочистных установок. Очистка газов может быть механической, сорбционной и основанной на химическом превращении вредных газов в безвредные (термическое разложение, каталитическое окисление).

Экономические рычаги охраны и рационального использования атмосферного воздуха включают:

- планирование и финансирование мероприятий по охране атмосферного воздуха;
- установление лимитов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- установление нормативов платы и размеров платежей за потребление атмосферного воздуха для производственных целей;
- установление нормативов платы за превышение лимитов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

## Заключение

Целью данной работы было создание устройства для определения концентрации вредных веществ в воздухе и проведение мониторинга воздуха в городе Гродно, РБ. Данное устройство представляет собой простое функциональное устройство, доступное для каждого пользователя. Таким образом при внедрении этого устройства, любой может контролировать уровень загрязнения воздуха которым дышит, тем самым оперативно реагировать на любые изменения содержания вредных веществ в нем. Кроме этого данное устройство может реагировать на содержание природного газа в воздушной смеси, тем самым определять утечки бытового газа в помещении. При добавлении дополнительных датчиков определяющие такие вещества как NO, NO<sub>2</sub>, сернистые соединения, органические вещества, озон, мы тем самым увеличиваем функционал устройства, а степень определения вредных веществ в воздухе будет выше.

Мониторинг загрязнения воздуха в г. Гродно, показал наличие загрязнения, особенно около промышленных предприятий (ОАО «Азот») и автомобильных дорог. У остальных промышленных предприятий уровень загрязнения воздуха находятся в пределах среднего значения по городу (по данным концентрации измеряемых веществ, с учетом лесопаркового комплекса «Пышки»).

Увеличение масштабов загрязнения атмосферы требуют быстрых и эффективных способов защиты её от загрязнения, а также способов предупреждения вредного воздействия загрязнителей воздуха. Атмосфера может содержать определённое количество загрязнителя без проявления вредного воздействия, т.к. происходит естественный процесс её очистки.

Первым шагом в установлении вредного воздействия, связанного с загрязнением воздуха, является разработка критерия качества воздуха, а также стандартов качества.

Стандарты качества определяют уровни качества воздуха и предельно допустимые выбросы (ПДВ), которые необходимо выдерживать для обеспечения безопасности жизни.

Контролирующие органы обязаны осуществлять количественный и качественный контроль.

Другим подходом к улучшению состояния атмосферы является требование применения передовых технологических процессов, замена вредных материалов безвредными, применение мокрых способов обработки сырья вместо сухих.

## Список использованных источников

1. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : [https://otherreferats.allbest.ru/ecology/00161073\\_0.html](https://otherreferats.allbest.ru/ecology/00161073_0.html) – Дата доступа : 15.09.2019
2. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : <http://travelask.ru/questions/80413-iz-kakih-gazov-sostoit-atmosfernyy-vozduh> – Дата доступа : 12.08.2019
3. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : [https://studopedia.net/4\\_35435\\_a-sostav-atmosfernogo-vozduha.html](https://studopedia.net/4_35435_a-sostav-atmosfernogo-vozduha.html) – Дата доступа : 20.09.2019
4. [Электронный ресурс] . – Режим доступа <https://bobyach.ru/referat/97/22326/1.html%20>– Дата доступа : 9.09.2019
5. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : [wikipedia.org](http://wikipedia.org) – Дата доступа : 15.09.2019
6. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. Саймон Монк, Издательство «Питер», 2017 - 272 с.
7. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. Улли Соммер, Издательство «ВНУ» 2016, - 264 с.
8. Азбука электроники. Изучаем Arduino. Издательство «АСТ», Ю. Ревич, 2017, - 224 с.
9. Болбас М.М. Основы промышленной экологии. Москва: Высшая школа, 1993, - 72 с.
10. Владимирова А.М. и др. Охрана окружающей среды. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1991, - 29 с.


## Приложение 1.

### Прошивка платы Arduino.

Код прошивки находится на github,

<https://github.com/VladimirMeshcherekov/Arduino-sensors/blob/master/firmware>



 VladimirMeshcherekov / Arduino-sensors




Watch 0 Star 0 Fork 0

[Code](#) [Issues 0](#) [Pull requests 1](#) [Projects 0](#) [Wiki](#) [Security](#) [Insights](#) [Settings](#)

Branch: master [Arduino-sensors / firmware](#) [Find file](#) [Copy path](#)

VladimirMeshcherekov firmware 942e7bb 4 minutes ago

1 contributor

241 lines (225 sloc) 5.14 KB [Raw](#) [Blame](#) [History](#)   

```
1 include "DHT.h"
2 #include <TroykaMQ.h>
3 #define DHTPIN 2 // what digital pin we're connected to
4 #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
5 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
6 #define PIN_MQ9 A1 // пин для mq9
7 MQ9 mq9(PIN_MQ9);
8 #define INTERVAL_GET_DATA 2000
9 #define MQ2PIN A0 // пин
10 MQ2 mq2(MQ2PIN);
11 unsigned long millis_int1=0; //mq2
12
13 int buttonState = 0;
14 int lastButtonState = 0;
15 int buttonPushCounter = 0;
16 #include <Wire.h>
17 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
18 LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
19 void setup() {
20
21     Serial.begin(9600);
22     lcd.init();
23     lcd.backlight();
24     lcd.print("Hello, world!");
25     pinMode(7, INPUT); // пин для кнопки
26
27
28     label:
29     int a = 0;
```