

Фролов А.М.,

студент магистратуры

2 курс, факультет «Информационных технологий»

ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет»

Россия, г. Москва

Елисеева Д.Ю.,

старший преподаватель

старший преподаватель кафедры информационных систем,

сетей и безопасности

ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет»

Россия, г. Москва

Симонов В.Л.,

кандидат технических наук, доцент

доцент кафедры информационных систем, сетей и безопасности

ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет»

Россия, г. Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

***Аннотация:** В статье описывается проблема загрязнения окружающей среды, подведение к проблеме загрязнения атмосферного воздуха, описываются существующие наработки в научных публикациях и магистерских диссертациях, описываются существующие решения данной проблемы, а также описывается разрабатываемая система мониторинга качества воздуха в помещениях, в рамках исследуемой области.*

***Ключевые слова:** система, мониторинг, устройство, датчик, технологии, разработка.*

Annotation: *The article describes the problem of environmental pollution, summarizing the problem of air pollution, describes the existing developments in scientific publications and master's theses, describes the existing solutions to this problem, and also describes the developed system of air quality monitoring in the premises within the study area.*

Key words: *system, monitoring, device, sensor, technology, development.*

В настоящее время, когда все сферы жизни, в частности технологии, отрасли промышленности развиваются стремительным темпом, существует проблема загрязнения окружающей среды, которая приобретает исключительное значение. Значительную роль на экосистему планеты влияет воздействие антропогенных факторов, вследствие чего страдают все живые организмы на планете Земля. [10, с. 1 - 3].

Благодаря росту потребления ресурсов, увеличения производственных мощностей, неблагоприятного воздействия результатов производства и их отходов данная проблема набирает всё больший и больший оборот.

Влияние антропогенного воздействия настолько велико, что естественные регуляторные механизмы не способны в полной мере бороться и нейтрализовать вредные воздействия.

Существуют множество источников, в которых указывают основные источники загрязнения, например в работе «ИТ-технологии диагностирования экологических параметров окружающей среды». [10, с. 1 - 3].

К основным источникам загрязнения относятся:

- промышленные отходы;
- выбросы вредных веществ в атмосферу;
- вывод из строя химически-опасных предметов;
- добыча и транспортировка полезных ископаемых;
- световое и шумовое загрязнение.

Промышленные отходы являются отработанными материалами, потерявшие свои качества при производстве, но и приобрели в процессе синтеза

новые свойства, не способные к дальнейшему использованию в производстве и требующие утилизации. Данный загрязнитель требует внимания в связи с тем, что зачастую в их составе могут содержаться химически токсичные и опасные вещества, а также радиационное излучение.

Разделяют четыре класса Аварийно химических опасных веществ по степени воздействия на организм человека.

К первому классу относят ртуть, этиленимин и другие.

Ко второму классу относят хлор, фтор, арсин и другие.

К третьему классу относят топливо, моторные масла и другие.

К четвёртому классу относят аммиак, ацетон и другие.

При несоблюдении необходимых мер утилизации промышленных отходов, при контакте химических опасных веществ с окружающей средой происходит загрязнение в огромных масштабах. В связи с тем, что вредные вещества распространяются по воде, атмосферному воздуху, почве, в итоге данное распространение приводит к вмешательству веществ в природные процессы, то вызывает появление природных аномалий, к примеру, кислотные дожди являются последствием производства веществ для литийных аккумуляторов и пренебрежением мер по утилизации токсичных отходов производства.

Выбросами вредных веществ в атмосферу называют лёгкими веществами, являющиеся результатом переработки химических веществ на промышленных предприятиях, и во время работы с техническими сложными механизмами, использующиеся в обиходе человека.

Данный тип загрязнения отличается типом попадания в атмосферу. В результате производства на предприятиях в атмосферный воздух выбрасывается множество вредных веществ, которые переносятся по воздуху, таким образом, разрушается озоновый слой, что превращается в неблагоприятную среду для человека и всех живых существ. К основным веществам, загрязняющие атмосферу относят совокупную смесь таких веществ как взвешенные твёрдые частицы, двуокись серы, окись углерода, углеводороды и многие другие.

Выбросы вредных веществ происходят и в результате работы двигателей внутреннего сгорания, которые в свою очередь являются результатами использования топлива и его переработки в процессе работы двигателя. В результате через выхлопную трубу, в атмосферный воздух выделяется углекислый газ, который пагубно влияет на всю окружающую среду в целом.

Данный вид загрязнения в настоящий момент является одним из самых важных и серьезных видов загрязнения, так как в связи с его стремительным распространением в атмосферном воздухе, он наносит серьёзный вред окружающей среде, особенно в крупных городах и их окрестностях.

В процессе деятельности и обиходе человека также выделяются загрязнители окружающей среды. При розжиге огня, неправильной утилизации продуктов выработки человека, вредных отходов происходит выделение химических опасных веществ, которые наносят серьёзный вред окружающей среде. В обиходе человека используются множество химически вредных веществ, некоторыми из них является пластик, ртуть, литий, нефтепродукты и другие.

Ещё одним видом загрязнения является добыча и перевозка полезных ископаемых. Во время добычи полезных ископаемых путём увеличения давления в месторождении при помощи компрессоров выкачивают залежи природного газа и нефти из скважин. В результате данного вида деятельности данная территория становится безжизненной для всех живых организмов на очень долгое время. Также при прорыве во время выкачивания полезного ископаемого его содержание пагубно влияет на всех живых существ в радиусе происшествия. В связи с тем, что при перевозке полезных ископаемых может произойти происшествие, последствием которого является наступление экологической катастрофы в радиусе утечки. В данном секторе страдает всё живое и в итоге данный сектор становится необитаем для живых существ на долгое время, в связи с тем, что в нефти содержится множество углеводородов сложного строения.

Источником светового и шумового загрязнения является результат деятельности человека на окружающую среду. Загрязнение происходит благодаря круглосуточному использованию световых приборов и чрезмерно громкому шуму. Оба вида загрязнения влияют на живые организмы, циклы жизни растений, самочувствию и здоровью человека.

Не смотря на то, что все описанные выше виды загрязнения пагубно влияют на окружающую среду, загрязняя почву, воздух, воду, живые организмы один из самых серьезных видов является загрязнения воздуха.

Воздух является смесью газов, а именно азота и кислорода, который образует земную атмосферу. Он является главным условием существования всего живого на нашей планете.

В связи с ростом технического прогресса, увеличения производственных мощностей во всех сферах деятельности человека происходит пагубное влияние на атмосферный воздух.

Загрязнение воздуха является одной из серьёзных проблем. Воздух участвует в биологических процессах, и при его загрязнении страдает всё живое на планете, а также это оказывает влияние на изменение температурных параметров. Основными загрязнителями атмосферы являются газы, источниками которых являются промышленные предприятия, множество радиоактивных отходов, выбросы различных углеводородов при техногенных авариях, относящиеся к химическим загрязнителям, выбросы теплого воздуха, световое и шумовое загрязнение, звуковые колебания, твердые частицы, пыль, относящиеся к механическим загрязнителям, и загрязнения воздуха бактериями, вирусами, что относится к биологическим загрязнителям. [11, с. 1 - 2].

Значительную роль в качестве загрязнителей окружающей среды вкладывают различные азы, которые являются ресурсами, используемые в обиходе человека, либо являются результатом жизнедеятельности, к примеру:

Оксиды углеродов являются бесцветными, ядовитыми газами, у которых отсутствует запах и вкус. Они являются огнеопасными, растворяются в воде, очень активно взаимодействуют с гемоглобином крови. Симптомами отравления

являются сильные головные боли, стук в висках, происходит изменение цвета кожи, также при концентрации в воздухе оксида углерода 0,4% возможен летальный исход. Его источниками являются металлургические, энергетические заводы и предприятия, пожары, автотранспортные средства.

Оксиды азота являются газами, имеющими бурый цвет и резкий запах. Они сильно растворимы в воде, являются ядовитыми, раздражая слизистую оболочку, и вызывают отёк лёгких. При кратковременном вдыхании воздуха, содержащим 0,025% оксидов азота вызывает летальный исход. Источниками образования являются двигатель внутреннего сгорания, по большей части дизельные, сварочные и взрывные работы, тепловые электростанции, предприятия, занимающиеся химической промышленностью и прочее.

Диоксид серы является бесцветным газом, имеющий сильный раздражающий запах, кислый вкус. Он хорошо растворяется в воде, является ядовитым газом, раздражает слизистую оболочку, способен вызывать воспаление бронхов, отёк гортани и лёгких. Опасная для жизни концентрация в воздухе является 0,05%. Источниками диоксида серы являются процесс сжигания угля, металлургической промышленности, предприятия цветной металлургии, агломерационные фабрики и прочее.

Сероводород является бесцветным газом, имеющий сладковатый вкус и запах тухлых яиц. Является слабо растворимым в воде, огнеопасным, образует взрывоопасные смеси, ядовитым, раздражает слизистую оболочку. Опасная для жизни концентрация в воздухе является 0,1%. Источниками сероводорода являются минеральные источники, горные породы, при гниении органических веществ, промышленные предприятия и предприятия пищевой промышленности.

Аммиак является бесцветным газом с резким, раздражающим запахом. Является хорошо растворимым в воде, огнеопасным и взрывоопасным, ядовитым, раздражает слизистую оболочку, кожу, вызывает отёк гортани. Источниками аммиака являются во время проведения взрывных работ, тушения угля и выделяется из шорных пород.

Хлор является газом жёлто-зелёного цвета, обладающим резким запахом. Является токсичным, сильным окислителем, раздражает слизистую оболочку. Источниками являются промышленные предприятия, используется в быту.

Ртуть является паром вредных веществ, тяжёлых металлов. Он обладает летучими, проникающими свойствами, накапливается в спинном мозге, органах дыхания, поражает нервную систему. Источниками ртути являются промышленные предприятия, активно используется в быту.

Свинцом являются паром вредных веществ. Он обладает летучими, проникающими свойствами, накапливается в спинном мозге, печени, селезёнке, оказывает комплексное, вредное влияние на человека. Источниками свинца являются в процессе паяльных работ, двигателях внутреннего сгорания на основе этилированном бензине.

Помимо вредных газов и паров вклад в загрязнения атмосферного воздуха вносят и различные частицы. Взвешенные частицы представляют собой сложную смесь мелких, твёрдых частиц и аэрозолей, содержащиеся во взвешенном состоянии в воздухе, являющиеся широко распространённым загрязнителем атмосферного воздуха источниками, которых являются антропогенные источники загрязнения.

Для определения уровня содержания пыли в воздухе была придумана следующая классификация взвешенных частиц:

К PM₁ относят частицы до 1 мкм, их также называют мелкими частицами. Данные частицы попадают на альвеолы и далее в кровоток. К данным частицам относятся смог, табачный дым, взвешенная пыль и прочее.

К PM_{2.5} относят частицы до 2.5 мкм, их также называют среднемелкими частицами. Данные частицы попадают в лёгкие при вдохе. К данным частицам относятся частицы сгорания, органические соединения, металлы, сажа, производственная пыль, аллергены пылевого клеща и прочее.

К PM₁₀ относят частицы до 10 мкм, их также называют твёрдыми частицами. Данные частицы оседают в носу и гортани. К данным частицам относятся пыль, пыльца, споры плесени, производственная пыль, и прочее.

Основные источники пыли – природные и выбросы предприятий.

Пыль вызывает различные заболевания, например:

- 1) заболевания лёгких;
- 2) аллергические заболевания с появлением раздражения и сыпи;
- 3) заболевания дыхательных путей;
- 4) снижение иммунитета и пр.

Пыль постоянно скапливается в квартирных домах и прочих помещениях. Она переносится по воздуху и оседает на компьютерной технике, шторах, плинтусах, полках, в углах и пр. [8, с. 1].

Согласно статистике за первое полугодие 2018 года, в Москве масса загрязнений воздуха транспортом ежегодно составляет 801 тыс. тонн. Для сравнения в Санкт-Петербурге 244 тыс. тонн, а в Краснодаре 150 тыс. тонн (диаграмма 1). [9, с. 1].

Всемирная организация здравоохранения опубликовала данные, согласно которым ежегодно в мире примерно 3,7 миллионов человек умирает из-за загрязнения атмосферного воздуха. При этом риски от загрязнения воздуха внутри и вне помещений, а также иных факторов (вторичный табачный дым, небезопасная вода) ежегодно уносят жизни 1,7 миллиона детей в возрасте до 5 лет. [7, с. 1].

На сегодняшний день существует множество приборов оценки уровня качество воздуха.

Для определения уровня пылицы в последнее время началась разработка систем прогнозирования содержания уровня пылицы в воздухе. Расчёты происходят на основе статистик содержания уровня пылицы в воздухе за предыдущие годы, с использованием нейронных сетей или математических моделей. Так как эти системы только прогнозируют содержание пылицы воздуха, их постоянно совершенствуют. Самыми популярными из них являются системы компаний Яндекс погода и Пыльца Club.

Лазерный сканер или лазерная экомостанция серией Dylos DC-1100 предназначена для определения содержания взвешенных частиц в воздухе.

Данное устройство позволяют оценивать уровень мелких и твёрдых частиц, которыми является пыль, плесень и прочее. Он обладает небольшим дисплеем, на котором выводятся показания содержания мелких и крупных частиц в атмосферном воздухе.

Foobot - это датчик качества воздуха в помещении, который помогает отслеживать в режиме реального времени качество воздуха в помещении, а также находить источник загрязнения. Данное устройство оценивает воздух по следующим показателям: количество летучих органических соединений, токсичных химических веществ; количество твёрдых частиц до 2.5 мкг, которые не фильтруются организмом и могут вызывать различные заболевания; уровень CO₂, углекислого газа, а также температуру и влажность воздуха. Устройство выводит результат на специальные светодиоды и сохраняет информация на специальную программу. На основе получивших данных программа формирует оценку того, что могло повлиять на тот или иной уровень загрязнения.

Данные устройства хорошо справляются с поставленными задачами, но не подходят для данной разработки по различным причинам, например: качество замеров, функционал, цена, размеры и прочее.

В диссертационных и научных работах раскрывается проблема исследования и предлагается решение для данной проблематики. При использовании существующих разработок в исследовании предметной области можно их улучшить, что приведёт к наиболее подходящему решению.

Предлагается разработать устройство, оценивающее температуру, влажность, качество воздуха, содержание газов и пыли в воздухе. Данная разработка отличается от существующих разработок следующими возможностями: оценка содержания твёрдых частиц (пыли); оценка содержания в воздухе различных газов; оценка температуры в градусах Цельсия; оценка влажности воздуха; возможность остановить и возобновить процесс мониторинга; вывод показаний на мобильное устройство; подача сигналов при содержании вредных веществ выше нормы; непрерывная работа; небольшой размер; ремонтпригодность; сравнительно небольшая цена разработки.

В качестве программируемой платы был выбрана плата Arduino Uno. Arduino Uno является стандартной и самой популярной версией платы Arduino. Данная плата основана на микроконтроллере ATmega328. Она отличается от других плат тем, что имеет на борту разъём USB 2.0 Type B, через который происходит подключение к компьютеру, передача кода программы на плату и питание платы; имеет разъём AC/DC размером 5,5 мм × 2,1 мм, который позволяет питать плату при помощи внешнего источника питания от 7 до 12 В; плата имеет возможность подключения к специальным Shield платам, благодаря соответствующим контактам, что позволяет без ограничений создавать проекты с использованием Shield плат, к примеру, GPRS Shield; плата имеет возможность снять микроконтроллер ATmega328, что полезно при его выходе из строя. Он обладает следующими характеристиками: тип микроконтроллера ATmega328, тактовая частота 16 МГц, объём оперативной памяти 2 КБ, объём энергонезависимой памяти составляет 1 КБ, объём памяти программы составляет 32 КБ. Данное решение полностью подходит для данной разработки. На следующем рисунке представлена плата Arduino Uno.



Рисунок 1. плата Arduino Uno

В качестве модуля связи с мобильным устройством был выбран Bluetooth модуль hc-06, который обладает на борту версией протокола Bluetooth 2.0 и является модулем 2 класса. Радиус действия составляет до 30 метров. Данный модуль удовлетворяет всем требованиям со стороны связи. На следующем рисунке представлен Bluetooth модуль hc-06.



Рисунок 2. Bluetooth модуль hc-06

В качестве модуля оценки загрязнения воздуха частицами пыли был выбран оптический датчик пыли GP2Y1010AU0F-SHARP. Данный датчик позволяет оценивать содержание мельчайших частиц пыли в воздухе до 2.5 мкм, что соответствует стандарту РМ 2.5. Из характеристик модуля можно выделить рабочую температуру, которая составляет от -10 до 65 градусов Цельсия, измеряемый диапазон, равный мкг/м³. Данный датчик удовлетворяет всем требованиям в качестве датчика определения содержания частиц в воздухе. На следующем рисунке представлен датчик пыли GP2Y1010AU0F-SHARP.



Рисунок 3. датчик пыли GP2Y1010AU0F-SHARP

В качестве оценки содержания углеводородных газов, дыма как результата горения и водорода в атмосферном воздухе был выбран датчик широкого спектра газов MQ-2 (Тройка-модуль). Датчик обладает следующими характеристиками:

- Напряжение питания нагревателя: 5 В
- Напряжение питания датчика: 3,3 – 5 В
- Потребляемый ток: 150 мА

Данный датчик удовлетворяет всем требованиям в качестве оценки содержания углеводородных газов. На следующем рисунке представлен датчик углеводородных газов MQ-2.



Рисунок 4. датчик углеводородных газов MQ-2

Для оценки содержания углекислого газа в воздухе был выбран датчик MQ-135 (Тройка-модуль). Датчик обладает следующими характеристиками:

- Напряжение питания нагревателя: 5 В
- Напряжение питания датчика: 3,3 – 5 В
- Потребляемый ток: 150 мА

Данный датчик удовлетворяет всем требованиям в оценке содержания углекислого газа в воздухе. На следующем рисунке представлен датчик углекислого газа MQ-135.



Рисунок 5. датчик углекислого газа MQ-135

Для оценки температуры и влажности атмосферного воздуха был выбран цифровой датчик температуры и влажности DHT-11 (Тройка-модуль).

Датчик обладает следующими характеристиками:

- Напряжение питания датчика: 3,3 – 5 В
- Потребляемый ток при запросе данных: 2,5 мА
- Потребляемый ток: 100 мА
- Диапазон температур: 0-50 градусов Цельсия
- Погрешность температуры: ± 2 градуса Цельсия
- Диапазон влажности: 20-90%

- Погрешность влажности: $\pm 5\%$

Данный датчик полностью удовлетворяет всем требованиям в оценки температуры и влажности воздуха. На следующем рисунке представлен датчик температуры и влажности DHT-11.

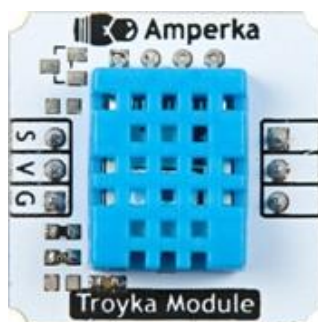


Рисунок 6. датчик температуры и влажности DHT-11

В качестве оповещения о высоком содержании углекислого газа, а также содержании взвешенных частиц и дыма используются светодиоды и для оповещения, о высоком содержании углекислого газа используется зуммер. Также, для подключения датчика пыли GP2Y1010AU0F—SHARP используется резистор на 150 Ом и конденсатор на 220 мкФ. Для подключения светодиодов используются резисторы, а 220 Ом. При создании данной системы использовались провода «Папа-Папа», «Папа-Мама». Для работы системы планируется использовать автономный источник питания. В качестве корпуса разрабатываемой системы планируется использовать элементы Slot box и коробку размерами 140 × 120 × 60 мм.

Для реализации программного кода разрабатываемой системы была выбрана среда разработки Arduino IDE, которая является официальной средой разработки программируемых плат Arduino и её аналогов. Она обладает многими достоинствами и выделяется на их виде, например, поддержкой всех датчиков, так как платы данной компании являются одной из основополагающей для проектирования.

На следующем рисунке представлена схема проектирования системы мониторинга атмосферного воздуха с описанием её компонентов.

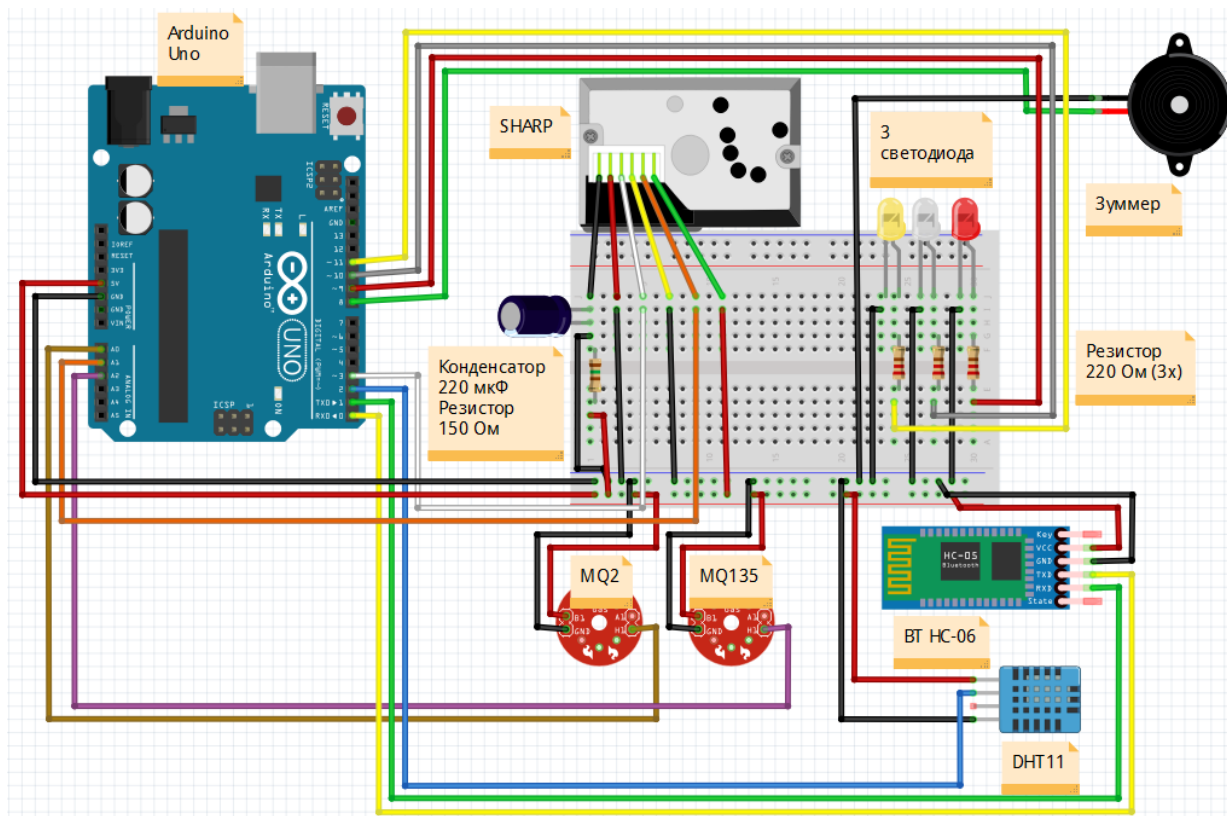


Рисунок 7. Схема проектирования системы

Подводя итоги данного исследования можно сделать выводы что:

Проблема загрязнения окружающей среды не только приняла исключительное значение в последнее время, но и продолжает набирать обороты. В частности загрязнение воздуха является одним из самых серьёзных видов. Необходимо разрабатывать меры по борьбе и загрязнением.

Поиск решения данной проблемы активно ведётся во всём мире, разработали множество решений для оценки показаний. На основе существующих разработок можно непосредственно усовершенствовать их для наибольшей пользы.

Разрабатываемая система позволит оценивать содержание вредных газов и частиц пыли в воздухе, оценивать температуру и влажность воздуха, выводить показания на экран мобильного устройства при помощи специальной программы и подавать сигналы, при превышении благоприятного уровня. Она станет полезной всем людям, страдающими различными заболеваниями, которым важно следить за чистотой воздуха в помещениях.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Вигдорович В.И., Габелко Н.В., Спасский Р.В. Загрязнение воздуха города Тамбова выхлопными газами // Тамбовский государственный университет, 392622, Россия, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33. – 2015. – С. 79-86.
2. Всемирная организация здравоохранения. 7 миллионов смертей ежегодно связаны с загрязнением воздуха. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.who.int/ru/news-room/detail/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution> (дата обращения: 07.03.2019).
3. Датчики аэрозоля. [Электронный ресурс]. URL: <http://meteolab.ru/ru/edu/arduino/sensor/aerosol> (дата обращения: 06.11.2018).
4. Датчики газов серии MQ. Железки Амперки. [Электронный ресурс]. URL: <http://blog.amperka.ru> (дата обращения: 10.03.2019).
5. Ильинская А.В. Система автоматизированного мониторинга качества воздуха рабочей зоны предприятий лёгкой промышленности // диссертационная работа – 2015. С. 3 – 13.
6. Махотлова М.Ш., Ахматова М.Х. Человек, окружающая среда и загрязнение природной среды // Молодой ученый., №21 – 2015 г. – С. 59-62. URL: <https://moluch.ru/archive/101/22862/> (дата обращения: 08.03.2019).
7. По данным ВОЗ, в результате загрязнения окружающей среды 1,7 миллиона детей умирают ежегодно. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/pollution-child-death/ru/> (дата обращения: 08.03.2019).
8. Пыль – загрязнитель воздуха. [Электронный ресурс]. URL: <http://yznaika.com/notes/438-dust> (дата обращения: 10.03.2019).
9. Статистика загрязнения воздуха [Электронный ресурс]. URL: <https://vawilon.ru/statistika-zagrjaznenija-vozduha/> (дата обращения: 08.03.2019).
10. Фролов А.М., Елисеева Д.Ю. IT-технологии диагностирования экологических параметров окружающей среды // сборник материалов III всероссийской научно-практической конференции магистрантов, ФГБОУ ВО

«Российский государственный социальный университет» г. Москва. – 2018. – С.1-7.

11. Фролов А.М., Симонов В.Л., Елисеева Д.Ю. Разработка системы мониторинга воздуха помещений, предназначенных для различных видов деятельности человека // сборник статей V международной научно-практической конференции, международный центр научного сотрудничества «Наука и просвещение». – 2018. – С. 13 -37.

12. Яковишина Т.Ф., Збиренко В.В. Оценка воздействия на окружающую среду: загрязнение атмосферы // Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры». – 2014. – С. 60 – 61.