**1 ОБЗОР И АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

Проблема загрязнения окружающей среды, в особенности воздушной оболочки Земли становится всё более актуальной с течением времени. Основа для решения данной проблемы лежит в развитие и совершенствование систем экологического мониторинга, осуществляемого на современной организационной и технологической базе. Основными направлениями методического обеспечения являются анализы пылевого загрязнения и наличия загрязняющих веществ в воздухе.

В данной главе будут рассмотрены:

* Понятие мониторинга атмосферного воздуха;
* Методы мониторинга атмосферного воздуха;
* Организация системы мониторинга атмосферного воздуха в РБ.

В конце главы будет поставлена задача и цель магистерской диссертации.

**1.1 Атмосферный воздух**

Атмосферный воздух – это природная смесь газов приземного слоя атмосферы за пределами жилых, производственных и иных помещений, сложившаяся в ходе эволюции Земли.

Толщина воздушной оболочки, окружающей земной шар, не меньше 1000 км – почти в четверть земного радиуса. Масса этой оболочки составляет примерно 5\*1015 т.

Непосредственно к земной поверхности примыкает тропосфера. Она простирается до высоты 8-10 км над полюсами и 18 км – над экватором. В этом слое идёт непрерывное перемешивание воздуха, что приводит к понижению температуры по мере приближения к Земле примерно по 6,5 °С на каждый километр. В тропосфере сконцентрировано 75 % всей массы атмосферы, основное количество водяного пара и мельчайших частиц примесей, способствующих образованию облаков.

Выше тропосферы примерно на 50 км простирается стратосфера. Для неё характерны слабые воздушные потоки, малое количество облаков и постоянство температуры (-56°С) до высоты примерно 25 км. Выше температура начинает повышаться в среднем на 0,6 °С на каждые 100 метров и на уровне 45-54 км достигает 0 °С.

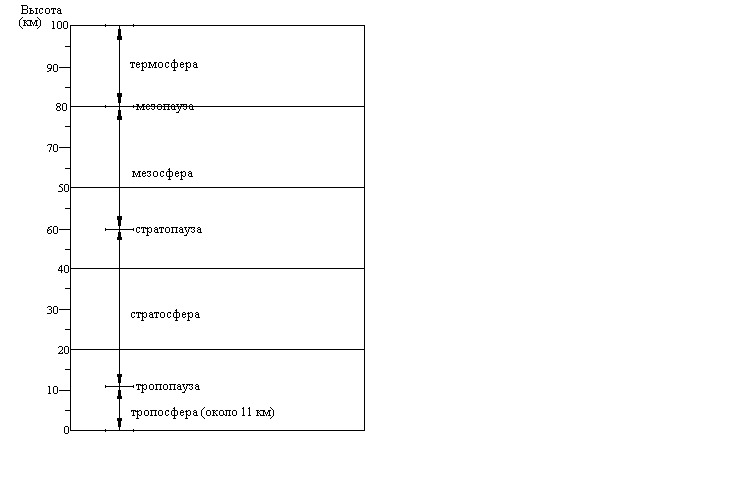


Рисунок 1 – Состав атмосферы

Состав воздуха (в процентах по объёму):

* Азот (N) – 78%;
* Кислород (O2) – 21%;
* Аргон (Ar) – 0,9%;
* Углекислый газ (CO2) – 0,03%;
* Неон (Ne);
* Гелий (He);
* Криптон (Kr);
* Водород (H2);
* Ксенон (Xe).

В атмосфере всегда присутствует водяной пар, количество которого непостоянно и колеблется от 0 до 4 % по объёму. Кроме того, в воздухе обычно содержатся различные примеси.

Человек ежегодно потребляет 12-15 кг воздуха, вдыхая каждую минуту от 5 до 100 литров, что значительно превосходит среднесуточную потребность в пище. Без пищи человек может прожить 5 недель, без воды – 5 дней, без воздуха – 5 минут. Воздух необходим всему живому на Земле.

Атмосфера оберегает человечество от многочисленных опасностей из космоса. Метеориты под влиянием земного притяжения с огромной скоростью (от 11 до 64 км/с) врезаются в атмосферу планеты, раскаляются там в результате силы трения о воздух и на высоте около 60-70 км по большей части сгорают.

Атмосфера определяет световой и регулирует тепловой режимы Земли, способствует перераспределению тепла на земном шаре. Газовая оболочка предохраняет Землю от чрезмерного остывания и нагревания. Благодаря ей на Земле не бывает резких перепадов от морозов к жаре и обратно. Если бы Земля не была окружена воздушной оболочкой, то в течение одних суток амплитуда колебаний температуры достигла бы 200 °С: днём стояла бы сильная жара (выше 100 °С), а ночью – мороз (-100 °С). Была бы большая разница между зимними и летними температурами. Именно благодаря атмосфере средняя температура на Земле составляет приблизительно 15 °С.

Газовая оболочка спасает всё живущее на Земле от космических излучений – ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей – если бы они достигли земной поверхности, то всё живущее на Земле мгновенно бы исчезло. Верхние слои атмосферы частично поглощают, частично рассеивают космические излучения.

Велико значение атмосферы и в распределении света. Воздух атмосферы разбивает солнечные лучи на миллион мелких лучей, рассеивает их и создаёт то равномерное освещение, к которому мы привыкли. Наличие воздушной оболочки придаёт нашему небу голубой цвет, так как молекулы основных элементов воздуха и различные примеси, содержащиеся в нём, рассеивает главным образом лучи с короткой длиной волны, то есть фиолетовые, синие и голубые. По мере удаления от Земли, а следовательно, уменьшения плотности и загрязнения воздуха, цвет неба становится темнее, воздушная оболочка приобретает густо-синюю, а в стратосфере – черно-фиолетовую окраску.

Атмосфера является проводником звуков. Без неё на Земле царила бы тишина, невозможна была бы человеческая речь.

Атмосферный воздух загрязняется путём внесения в него или образования в нём загрязняющих веществ, превышающих нормативы качества или уровень естественного содержания.

Загрязняющее вещество – примесь в атмосферном воздухе, оказывающая при определённых концентрациях неблагоприятное воздействие на здоровье человека, растения и животных, другие компоненты окружающей природной среды или наносящие ущерб материальным объектам.

Качество атмосферного воздуха – совокупность физических, химических и биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим и экологическим нормативам качества атмосферного воздуха.

Гигиенический норматив качества атмосферного воздуха – критерий качества атмосферного воздуха, отражающий предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека.

Экологический норматив качества атмосферного воздуха – критерий качества атмосферного воздуха, отражающий предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, при котором отсутствует вредное воздействие на окружающую природную среду.

Предельно допустимая (критическая) нагрузка – показатель воздействия одного или нескольких вредных (загрязняющих) веществ на окружающую природную среду, превышение которого может принести к вредному воздействию на неё.

Вредное (загрязняющее) вещество – химическое или биологическое вещество (либо их смесь), содержащееся в атмосферном воздухе, которое в определённых концентрациях оказывает вредное воздействие на здоровье человека и окружающую природную среду.

Особенности загрязнения атмосферы городов связаны с высокой концентрацией промышленных предприятий на городской территории, при которой многократно увеличиваются не только объёмы выбросов на единицу территории, но и структура этих выбросов.

Вещества, загрязняющие атмосферу, могут быть твёрдыми, жидкими или газообразными. Они могут оказывать вредное воздействие на окружающую среду непосредственно, после химических превращений в атмосфере, либо в сочетании с другими веществами.

Газообразные и жидкие загрязняющие вещества могут различаться по химическому составу:

Соединения серы неорганические (серная кислота H2SO4, гидросульфид) и органические (меркаптаны, диметилсульфид и др.);

Соединения азота неорганические (азотная кислота HNO3, аммиак NH3, нитриты) и органические (амины, разбавители, растворитель и др.);

Соединения галогенов неорганические (фтор F, фтороводород HF, хлор Cl, бром Br и др.) и органические(хлорированные углеводороды, например ДДТ, трихлорэтилен, хлороформ);

Соединения углерода неорганические (оксид углерода CO, диоксид углерода CO2 , углеводороды) иорганические (спирты, фенол, крезол, простые и сложные эфиры, альдегиды, бензол и его производные).

Загрязняющие вещества можно сгруппировать по принципу их действия: аллергены, тяжелые металлы, радиоактивные вещества, канцерогены и мутагены.

При классификации твёрдых загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, применяются различные критерии. Одна из наиболее часто употребляемых классификаций – по содержанию вредных примесей:

* первая группа – пыль, содержащая токсичные компоненты, например, тяжёлые металлы и другие биологически активные токсичные вещества – мышьяк (As), бериллий (Be), фтор (F), германий (Ge), марганец (Mn), ртуть (Hg), цианиды, радиоактивные вещества;
* вторая группа – пыль без биологически активных токсичных компонентов – пыль с фракциями асбеста, каменноугольная пыль, пыль от агломерирования руды, переработки хлопка, джута, шерсти и др.

В атмосферной пыли можно обнаружить практически все химические элементы, хотя большинство из них присутствует в небольших количествах.

При оценке загрязнения атмосферы важен период времени, в течение которого загрязняющие вещества сохраняются в ней.

Таблица 1 - Время пребывания загрязняющих веществ в атмосфере:

|  |  |
| --- | --- |
| Элемент или соединение | Среднее время пребывания в атмосфере |
| диоксид углерода (CO2) | 5-10 лет |
| водород (H2) | 4-8 лет |
| метан (CH4) | 4-7 лет |
| оксид диазота (N2O) | 2,5 -4 года |
| озон (O3) | 0,3-2 года |
| оксид углерода (CO) | 0,2-0,5 лет |
| диоксид азота (NO2) | 8-11 суток |
| вода (H2O) | 10 суток |
| оксид азота (NO) | 9 суток |
| аммиак (NH3) | 5-6 суток |
| ион аммония (NH4+) | 6 суток |
| нитрат-ион (NO3-) | 5 суток |
| диоксид серы (SO2) | 2-4 суток |

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются промышленность и автотранспорт. При этом в нашей стране на теплоэлектростанции (ТЭС) приходится 27% загрязнений, на предприятия чёрной и цветной металлургии – 24% и 10%, нефтехимии – 16%, строительных материалов – 8,1%. На долю энергетики приходится более 40% общих выбросов пыли, 70 % окислов серы и более 50% окислов азота. Из общего объёма загрязняющих веществ, попадающих в воздух, на долю автотранспорта приходится 13,3%, однако в крупных городах России эта цифра достигает 60-80%.

**1.2 Методы мониторинга атмосферного воздуха**

Мониторинг атмосферного воздуха – это система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и источниками его загрязнения, а также оценка и прогноз основных тенденций изменения качества атмосферного воздуха в целях своевременного выявления негативных воздействий природных и антропогенных факторов.

Проведение мониторинга атмосферного воздуха было начато в 1980 г. Именно в этот год на основании приказа Государственного комитета по гидрометеорологии от 20 октября 1980 г. № 181 было организован Центр по изучению и контролю загрязнения природной среды. В это время началось изучение атмосферного воздуха на государственном уровне.

Система мониторинга решает следующие задачи, связанные с управлением качеством воздуха, в том числе:

* контроль за соблюдением государственных и международных стандартов качества атмосферного воздуха;
* получение объективных исходных данных для разработки природоохранных мероприятий, градостроительного планирования и планирования транспортных систем;
* информирование общественности о качестве атмосферного воздуха и развертывание систем предупреждения о резком повышении уровня загрязнения;
* проведение оценки воздействия на здоровье загрязнения воздуха;
* оценка эффективности природоохранных мероприятий.

В нашем государстве система наблюдений за атмосферным воздухом ведется на основании следующих принципов:

* согласованности нормативных правовых актов, устанавливающих порядок проведения видов мониторинга окружающей среды;
* совместимости технического и программного обеспечения;
* достоверности и сопоставимости данных мониторинга окружающей среды;
* согласованности размещения пунктов наблюдений за состоянием окружающей среды для получения комплексной экологической информации о состоянии экологических систем;

Первые попытки изучения атмосферы были приняты М.В. Ломоносовым. Первая служба погоды появилась в России в 1872 г. Множеством экспериментов подтверждена связь между загрязнение атмосферы и метеорологическими параметрами.

Метеорология - наука о земной атмосфере, ее строении, свойствах и происходящих в ней процессах. Свойства атмосферы и происходящие в ней процессы рассматриваются в связи со свойствами и влиянием подстилающей поверхности (суши и моря). Главная задача метеорологии - прогнозирование погоды на различные сроки.

Метеорологические станция - основной компоненте регулярных наблюдений за состоянием атмосферы. Предназначена для:

* измерения температуры, давления и влажности воздуха;
* скорости и направления ветра;
* контроль облачности, уровня осадков, видимости, солнечной радиации.

Различают метеостанции наземные и дрейфующие, устанавливаемые на судах, на буях в открытом море.

Наземная подсистема получения данных насчитывает 65 центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 21 гидрометеорологический центр, 21 гидрометеорологическую обсерваторию, 16 гидрометбюро, 18 авиаметеорологических центров, 343 авиаметстанции, 22 центра мониторинга загрязнения окружающей среды, 1606 гидрометеорологических станций в Антарктиде, 17 ионосферно-магнитных и 30 озонометрических станций. На 1450 станций и постах проводятся радиометрические измерения. Загрязнение атмосферного воздуха определяется на 687 станциях в 299 городах.

Ракетное зондирование применяется для зондирования верхних слоев атмосферы: слой от 15-20 до 80-120 км (стратосфера и мезосфера), в котором располагается большая часть озоносферы и нижней ионосферы и более высокие слои термосферы и экзосферы.

Для изучения средней атмосферы используются метеорологические ракеты, поднимающиеся до высот 80-100 км. Они могут быть жидкостно - и твердотопливными. Основными параметрами, измеряемыми с помощью метеорологических ракет, являются: давление, температура, плотность и газовый состав воздуха. В зависимости от программы исследований могут измеряться и другие характеристики.

Для изучения верхней атмосферы применяются мощные геофизические ракеты, поднимающиеся до высот более 100-150 км. Производятся измерения интенсивности солнечного и космического излучения, оптических свойств воздуха, его термодинамических и электрических свойств, параметров магнитного поля Земли. Наряду с ракетными зондированием, относящимся к прямым методам измерений, для изучения верхней атмосферы применяются и косвенные методы с использованием радиолокации, метеолидаров, СВЧ, оптической техники.

Система ракетного зондирования состоит из самой ракеты, оснащенной измерительными приборами и наземного измерительного комплекса, под которым понимается совокупность наземных радиотехнических средств, предназначенных для приема телеметрической информации о параметрах атмосферы и для измерения координат ракеты во время полета.

Доставка приборного контейнера на землю происходит с помощью парашюта.

Эхолокатор - зондирование атмосферы с помощью звуковых волн. Позволяет выявлять зоны крупномасштабных изменений плотности атмосферы.

Радиолокатор, РЛС - зондирование атмосферы радиоволнами с длинами от метрового до миллиметрового диапазона. Позволяет выявлять различные объекты естественного и искусственного происхождения, движущиеся в атмосфере, определять их расстояние и скорость (используя эффект Доплера).

Радиолокация осуществляется тремя способами:

* облучение объекта и прием отраженного от него излучения;
* облучение объекта и прием переизлученных (ретранслируемых) им волн;
* прием радиоволн, излученных самим объектом.

Лидар - прибор для проведения лазерного зондирования атмосферы в оптическом диапазоне спектра. В обобщенном смысле лазер в лидаре используется как импульсный источник направленного светового излучения. В отличие от радиодиапазона, в световом диапазоне частот из-за малости длин волн особенно видимого и ультрафиолетового излучения отражателями локационного сигнала являются все молекулярные и аэрозольные составляющие атмосферы, т.е. по сути дела сама атмосфера формирует лидарный эхо-сигнал со всей трассы зондирования. Это позволяет осуществлять лазерное зондирование по любым направлениям в атмосфере.

Принцип лазерного зондирования атмосферы заключается в том, что лазерный луч при своем распространении рассеивается молекулами и неоднородностями воздуха, молекулами содержащихся в нем примесей, частицами аэрозолей, частично поглощается и изменяет свои физические параметры (частоту, форму импульса и т.д.). Появляется свечение (флюоресценция), что позволяет качественно и количественно судить о различных параметрах воздушной среды (давлении, температуре, влажности, концентрации газов).

Лазерное зондирование атмосферы осуществляется преимущественно в ультрафиолетовом, видимом и микроволновом диапазоне. Использование лидаров с большой частотой следования импульсов малой длительности позволяет изучать динамику быстро протекающих процессов в малых объемах и в значительных толщах атмосферы.

При рассеянии света газовыми молекулами происходит сдвиг частоты рассеянного излучения. Комбинационный сдвиг частот имеет каждая молекула газа, который характерен только для нее. Среда, состоящая из газовых молекул, имеет только ей присущий комбинационный спектр. Его регистрация позволяет определить наличие примесей исследуемый среде путем анализа сдвига полос поглощения.

Из-за малого сечения комбинационного рассеяния этот метод применяется на небольших расстояниях - несколько десятков метров (например, для контроля вредных выбросов из домовых труб).

Основан на способности молекул флюоресцировать под воздействием излучения. Например, молекулы CO флюоресцируют при облучении излучением с λ=4,6 мкм, а молекулы NO2 - при облучении аргоновым лазером с λ=488 нм.

Сечение флюоресценции значительно выше сечения комбинационного рассеяния, поэтому данный метод более чувствителен.

Метод основан на регистрации проходящего через среду излучения "на просвет", когда опорный лазерный генератор и приемник находятся по разные стороны от исследуемого объекта.

С применением отражателей генератор и приемник находятся рядом.

Метод имеет самую высокую чувствительность из всех, но может применяться только для измерения интегральной концентрации только вдоль траектории луча.

Сочетает в себе метод поглощения и обратного рассеяния.

Биоиндикация - метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов - биоиндикаторов. Сильнейшее антропогенное воздействие на фитоценозы оказывают загрязняющие вещества в окружающем воздухе, такие, как диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и др. Среди них наиболее типичным является диоксид серы, образующийся при сгорании серо содержащего топлива (работа предприятий теплоэнергетики, котельных, отопительных печей населения, а также транспорта, особенно дизельного).

Устойчивость растений к диоксиду серы различна. Даже незначительное наличие диоксида серы в воздухе хорошо диагностируется лишайниками - сначала исчезают кустистые, потом листоватые и, наконец, накипные формы. Из высших растений повышенную чувствительность к S02 имеют хвойные (кедр, ель, сосна). Устойчивы к загрязнению бересклет, бирючина, клен ясенелистный.

Для ряда растений установлены границы их жизнедеятельности и предельно допустимые концентрации диоксида серы в воздухе. Величины ПДК (мг/куб. м): для тимофеевки луговой, сирени обыкновенной - 0,2; барбариса - 0,5; овсяницы луговой, смородины золотистой - 1,0; клена ясенелистного - 2,0.

Чувствительны к содержанию в воздухе других загрязнителей (например, хлороводорода, фтороводорода) такие растения, как пшеница, кукуруза, пихта, ель, земляника садовая, береза бородавчатая.

Стойкими к содержанию фтороводорода в воздухе являются хлопчатник, одуванчик, картофель, роза, табак, томаты, виноград, а к хлороводороду - крестоцветные, зонтичные, тыквенные, гераниевые, гвоздичные, вересковые, сложноцветные.

Отбор проб воздуха при анализе газо - и парообразных примесей осуществляется за счет протягивания воздуха через специальные твердые или жидкие поглотители, в которых газовая примесь конденсируется либо адсорбируется.

В последние годы в качестве сорбентов для концентрирования микропримесей используют растворимые неорганические хемосорбенты, пленочные полимерные сорбенты, позволяющие улавливать из загрязненного воздуха самые различные химические вещества. Важным достоинством полимерных сорбентов является их гидрофобность (влага воздуха не концентрируется в ловушки и не мешает анализу) и способность сохранять в течении длительного времени без изменения первоначальной состав пробы.

Контроль концентраций газо - и парообразных примесей атмосферного воздуха производится с помощью газоанализаторов, позволяющих осуществлять мгновенный и непрерывный контроль содержания в нем вредных примесей.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха осуществляются на стационарных и передвижных пунктах наблюдений за состоянием атмосферного воздуха.

Стационарный пункт наблюдений представляет собой специально оборудованный павильон, в котором размещена аппаратура, необходимая для регистрации концентраций загрязняющих веществ и метеорологических параметров по установленной программе. Конкретные места установки стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха выбираются на основе предварительного исследования загрязнения атмосферного воздуха в данном районе выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха, а также с учетом потенциала загрязнения атмосферного воздуха.

Требования к стационарным пунктам наблюдения:

* стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха размещаются на территориях с различными уровнями антропогенной нагрузки;
* стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха на фоновых территориях располагают на расстоянии не менее 40 километров от крупных источников загрязнения;
* стационарные пункты наблюдений за трансграничным переносом загрязняющих воздух веществ располагают на расстоянии не менее 20 километров от крупных источников загрязнения;
* стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха в населенных пунктах располагаются в жилых районах с различным типом застройки, местах сосредоточения промышленных предприятий, зонах отдыха, на территориях, примыкающих к дорогам.

Передвижной пост предназначен для отбора проб под дымовым факелом с целью выявления зоны влияния данного источника. Передвижные наблюдения осуществляются за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия, по специально разрабатываемым программам и маршрутам. Места отбора проб при передвижных наблюдениях выбирают на разных расстояниях от источника загрязнения с учетом закономерностей распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Отбор проб воздуха производится по направлению ветра, последовательно, на расстояниях 0,2...0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 20 км от стационарного источника выброса, а также с наветренной стороны источника. Под факелом проводятся наблюдения за типичными для данного предприятия ингредиентами с учетом объема выбросов и их токсичности. В зоне максимального загрязнения отбирается не менее 60 проб воздуха, а в других зонах - не менее 25. Отбор проб воздуха при проведении подфакельных наблюдений производится на высоте 1,5 м от поверхности земли в течение 20...30 мин, не менее чем в трех точках одновременно.

Программа наблюдений подразделяется на непрерывную программу наблюдений и дискретную программу наблюдений. Дискретная программа наблюдений подразделяется на полную дискретную программу наблюдений и сокращенную дискретную программу наблюдений. Непрерывная программа наблюдений и полная дискретная программа наблюдений направлены на получение первичных данных наблюдений о разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, сокращенная дискретная программа наблюдений – о разовых концентрациях.

Места отбора проб должны обеспечивать репрезентативность проб по качеству атмосферного воздуха на участках с площадью не менее 200 квадратных метров вблизи дорожного движения и с площадью в несколько квадратных километров на остальных территориях. Отбор проб атмосферного воздуха для определения содержания твердых частиц суммарно проводится на высоте 1,5 м от поверхности земли, других загрязняющих веществ – на высоте 3,5 м от поверхности земли.

Пункты отбора проб атмосферного воздуха на территориях, примыкающих к дорогам, должны находиться на расстоянии не менее 25 м от пересечения основных дорог и не ближе 4 м от центральной части ближайшей полосы движения транспортных средств.

Количество стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха определяют с учетом численности жителей населенного пункта: до 50 тыс. жителей – 1 пункт, 50–100 тыс. жителей – 2 пункта, 100–200 тыс. жителей – 2–3 пункта, 200–500 тыс. жителей – 3–5 пунктов, 0,5–1 млн. жителей – 5–10 пунктов, более 1 млн. жителей – 10–20 пунктов. При определении оптимального количества стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха следует также учитывать площадь и конфигурацию населенного пункта, многообразие функциональных зон, вид источников загрязнения атмосферного воздуха, сложность рельефа. Пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха размещаются на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с не пылящим покрытием (асфальте, твердом грунте, газоне).

Вещества, находящиеся в атмосферном воздухе, попадают в организм человека главным образом через органы дыхания. Вдыхаемый загрязненный воздух через трахею и бронхи попадает в альвеолы легких, откуда примеси поступают в кровь и лимфу.

В нашей стране проводятся работы по гигиенической регламентации (нормированию) допустимого уровня содержания примесей в атмосферном воздухе. Обоснованию гигиенических нормативов предшествуют многоплановые комплексные исследования на лабораторных животных, а в случае оценки ольфакторных реакций организма на действия загрязняющих веществ и на добровольцах. При таких исследованиях используются самые современные методы, разработанные в биологии и медицине.

В настоящее время определены предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе более чем 500 веществ.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - это максимальная концентрация примеси в атмосферном воздухе, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает и не окажет на него вредного влияния (включая отдаленные последствия) и на окружающую среду в целом.

Гигиенические нормативы должны обеспечивать физиологический оптимум для жизни человека, и, в связи с этим, к качеству атмосферного воздуха у нас в стране предъявляются высокие требования. В связи с тем, что кратковременные воздействия не обнаруживаемых по запаху вредных веществ могут вызвать функциональные изменения в коре головного мозга и в зрительном анализаторе, были введены значения максимальных разовых предельно допустимых концентраций (ПДКмр.) С учетом вероятности длительного воздействия вредных веществ на организм человека были введены значения среднесуточных предельно допустимых концентраций (ПДКсс).

Таким образом, для каждого вещества установлено два норматива: Максимально разовая предельно допустимая концентрация (ПДКмр) (осредненная за 20-30 мин) с целью предупреждения рефлекторных реакций у человека и среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДКсс) с целью предупреждения общетоксического, мутагенного, канцерогенного и другого действия при неограниченно длительном дыхании.

Значения ПДКмр и ПДКсс для наиболее часто встречающихся в атмосферном воздухе примесей приведены в таблице 2.1 В правой крайней графе таблицы приведены классы опасности веществ: 1 - чрезвычайноопасные, 2 - высокоопасные, 3 - умеренноопасные и 4 - малоопасные. Эти классы разработаны для условий непрерывного вдыхания веществ без изменения их концентрации во времени. В реальных условиях возможны значительные увеличения концентраций примесей, которые могут привести в короткий интервал времени к резкому ухудшению состояния человека.

Таблица 2 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе населенных мест

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | ПДК, мг/м3 | | Класс опасности |
| Максимальная разовая | Средняя суточная |
| Азот диоксида | 0,085 | 0,04 | 2 |
| Диоксид серы | 0,5 | 0,05 | 3 |
| Оксид углерода | 5 | 3 | 4 |
| Пыль (взвешанные частицы) | 0,5 | 0,15 | 3 |
| Аммиак | 0,2 | 0,04 | 4 |
| Кислота серная | 0,3 | 0,1 | 2 |
| Фенол | 0,01 | 0,003 | 2 |
| Ртуть металлическая | - | 0,0003 | 1 |

В местах, где расположены курорты, на территориях санаториев, домов отдыха и в зонах отдыха городов с населением более 200 тыс. человек. Концентрации примесей, загрязняющих атмосферный воздух, не должны превышать 0,8 ПДК.

Может создаться ситуация, когда в воздухе одновременно находятся вещества, обладающие суммированным (аддитивным) действием. В таком случае сумма их концентраций (С), нормированная на ПДК, не должна превышать единицы согласно следующему выражению:

eqn1.gif

(1.1)

К вредным веществам, обладающим суммацией действия, относятся, как правило, близкие по химическому строению и характеру влияния на организм человека, например:

* диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
* диоксид серы и сероводород;
* диоксид серы и диоксид азота;
* диоксид серы и фенол;
* диоксид серы и фтористый водород;
* диоксид и триоксид серы, аммиак, оксиды азота;
* диоксид серы, оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства.

Вместе с тем многие вещества при одновременном присутствии в атмосферном воздухе не обладают суммацией действия, т.е. предельно допустимые значения концентраций сохраняются для каждого вещества в отдельности, например:

* оксид углерода и диоксид серы;
* оксид углерода, диоксид азота и диоксид серы;
* сероводород и сероуглерод.

В том случае, когда отсутствуют значения ПДК, для оценки гигиенической опасности вещества можно пользоваться показателем ориентировочно - безопасного максимального разового уровня загрязнения воздуха (ОБУВ).

Разработаны также значения предельно допустимых концентраций веществ в воздухе рабочей зоны (ПДКрз).

Значение ПДКрз должно быть таким, чтобы не вызывать у рабочих при ежедневном вдыхании в течение 8 часов заболеваний или не приводить к ухудшению состояния здоровья в отдаленные сроки. Рабочей зоной считается пространство до 2 м высотой, где размещается место постоянного или временного пребывания работающих. Так ПДКрз диоксида серы составляет 10, диоксида азота - 5, а ртути - 0,01 мг/м3, что значительно выше, чем ПДКмр и ПДКсс соответствующих веществ (см. табл.1.4).

Система государственного мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха в Республике Беларусь

Огранизационная структура мониторинга загрязненнний атмосферного воздуха

Государственный мониторинг атмосферного воздуха - это:

* составная часть государственного мониторинга окружающей среды;
* вид мониторинга атмосферного воздуха;
* система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения, осуществляемых федеральными органами исполнительной власти в области охраны окружающей среды, другими органами исполнительной власти в пределах своей компетенции в порядке, установленном Правительством РБ.

Государственный контроль за охраной атмосферного воздуха должен обеспечить соблюдение:

* условий, установленных разрешениями на выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и на вредные физические воздействия на него;
* стандартов, нормативов, правил и иных требований охраны атмосферного воздуха, в том числе проведения производственного контроля за охраной атмосферного воздуха;
* режима санитарно-защитных зон объектов, имеющих стационарные источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух;
* выполнения государственных целевых программ охраны атмосферного воздуха, программ субъектов Республики Беларусь охраны атмосферного воздуха и выполнения мероприятий по его охране;
* иных требований законодательства Республики Беларусь в области охраны атмосферного воздуха.

С момента начала существования самостоятельной страны и до нынешнего времени было выделено 3 этапа развития мониторинга атмосферного воздуха:

* 1991-2001 гг – Период формирования национальной системы мониторинга окружающей среды и развития в ней непосредственного мониторинга атмосферного воздуха. С 1991 г. Центр по изучению и контролю загрязнения природной среды функционирует как Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга природной среды. В 1992 году издаётся Закон об охране окружающей среду, на основании которого формируются механизмы национального мониторинга атмосферного воздуха.
* 2001 – 2008 гг. - указом Президента Республики Беларусь 24 сентября 2001 г. № 516 "О совершенствовании системы республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчинённых Правительству Республики Беларусь" государственное регулирование в области гидрометеорологии возложено на Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды. Приказом Минприроды 27 декабря 2001 г. № 347 переименован в Государственное учреждение "Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды". В рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь ГУ РЦРКМ осуществляет наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв, атмосферных осадков и снежного покрова в целях определения антропогенной нагрузки на указанные объекты окружающей среды за счет выбросов загрязняющих веществ и их трансграничного переноса. В этот период выходит в свет один из основных документов, на котором базируется национальная система мониторинга Беларуси - постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2004 г. № 482 «Об утверждении положений о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь мониторинга поверхностных вод, подземных вод, атмосферного воздуха, локального мониторинга окружающей среды и использования данных этих мониторингов».
* 2008 и по настоящие дни - закон Республики Беларусь от 16 декабря 2008 г. № 2-З «Об охране атмосферного воздуха». Данный правовой акт регулирует деятельность структур, изучающих атмосферный воздух и увеличивает контроль за данным природным объектом, что ставит работу, связанную с охраной атмосферного воздуха, в приоритетное направление развития государства.

Количество и местонахождение пунктов наблюдений мониторинга атмосферного воздуха, перечень параметров и периодичность наблюдений, а также перечень организаций, осуществляющих проведение мониторинга атмосферного воздуха, устанавливаются Минприроды по согласованию с Министерством здравоохранения, местными исполнительными и распорядительными органами и должны обеспечивать получение информации, достаточной для объективной оценки состояния атмосферного воздуха и его загрязнения. Пункты наблюдений мониторинга атмосферного воздуха включаются в государственный реестр пунктов наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. Экологическая информация, полученная в результате проведения мониторинга атмосферного воздуха, должна включать сведения о состоянии атмосферного воздуха и его загрязнении, в том числе оценку и прогноз изменения состояния атмосферного воздуха и его загрязнения. Сбор, хранение, обработку, анализ данных мониторинга атмосферного воздуха, предоставление экологической информации, получаемой в результате проведения мониторинга атмосферного воздуха, обеспечивает Минприроды. В этих целях Министерство определяет информационно-аналитический центр мониторинга атмосферного воздуха.

Состав и содержание экологической информации, получаемой в результате проведения мониторинга атмосферного воздуха, сроки и порядок ее предоставления в главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь определяются Минприроды. Данные мониторинга атмосферного воздуха, подлежащие длительному хранению, в установленном законодательством порядке включаются в государственный фонд данных о состоянии окружающей среды и воздействиях на нее.

Данные, полученные в результате проведения мониторинга атмосферного воздуха, должна учитываться при подготовке проектов государственных программ рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, прогнозов социально-экономического развития, территориальных комплексных схем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также использоваться для информирования граждан о состоянии атмосферного воздуха и мерах по его охране, других целей.

В случае угрозы возникновения или возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, экологическая информация, полученная в результате проведения мониторинга атмосферного воздуха, в порядке, установленном Советом Министров Республики Беларусь, передается в Министерство по чрезвычайным ситуациям, доводится до республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, местных исполнительных и распорядительных органов и населения для принятия экстренных мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций, минимизации или ликвидации их последствий.

На каждый пункт наблюдений мониторинга атмосферного воздуха, за исключением передвижных пунктов, организации Минприроды составляют и ведут паспорт, наблюдения проводятся согласно годовым программам наблюдений мониторинга атмосферного воздуха.

Перечень пунктов наблюдений мониторинга атмосферного воздуха, параметры и периодичность наблюдений определяются Минприроды по согласованию с Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

В г. Минске организована сеть наблюдений за атмосферным воздухом (Рисунок 3).

Мониторинг атмосферного воздуха на территории города проводится на 12 стационарных станциях. В трех районах (пр. Независимости, 110, ул. Тимирязева, 23 и ул. Радиальная, 50) работают в штатном режиме автоматические станции, на которых концентрации приоритетных загрязняющих веществ измеряют круглосуточно в непрерывном режиме.

Выполнение испытаний отобранных проб атмосферного воздуха, атмосферных осадков и снежного покрова осуществляется аналитическими лабораториями организаций Минприроды, аккредитованными органами Госстандарта и поставленными на учет Минприроды в соответствии с постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 23 января 2008 г. № 7 «О некоторых вопросах учета аналитических лабораторий, осуществляющих измерения в области охраны окружающей среды».

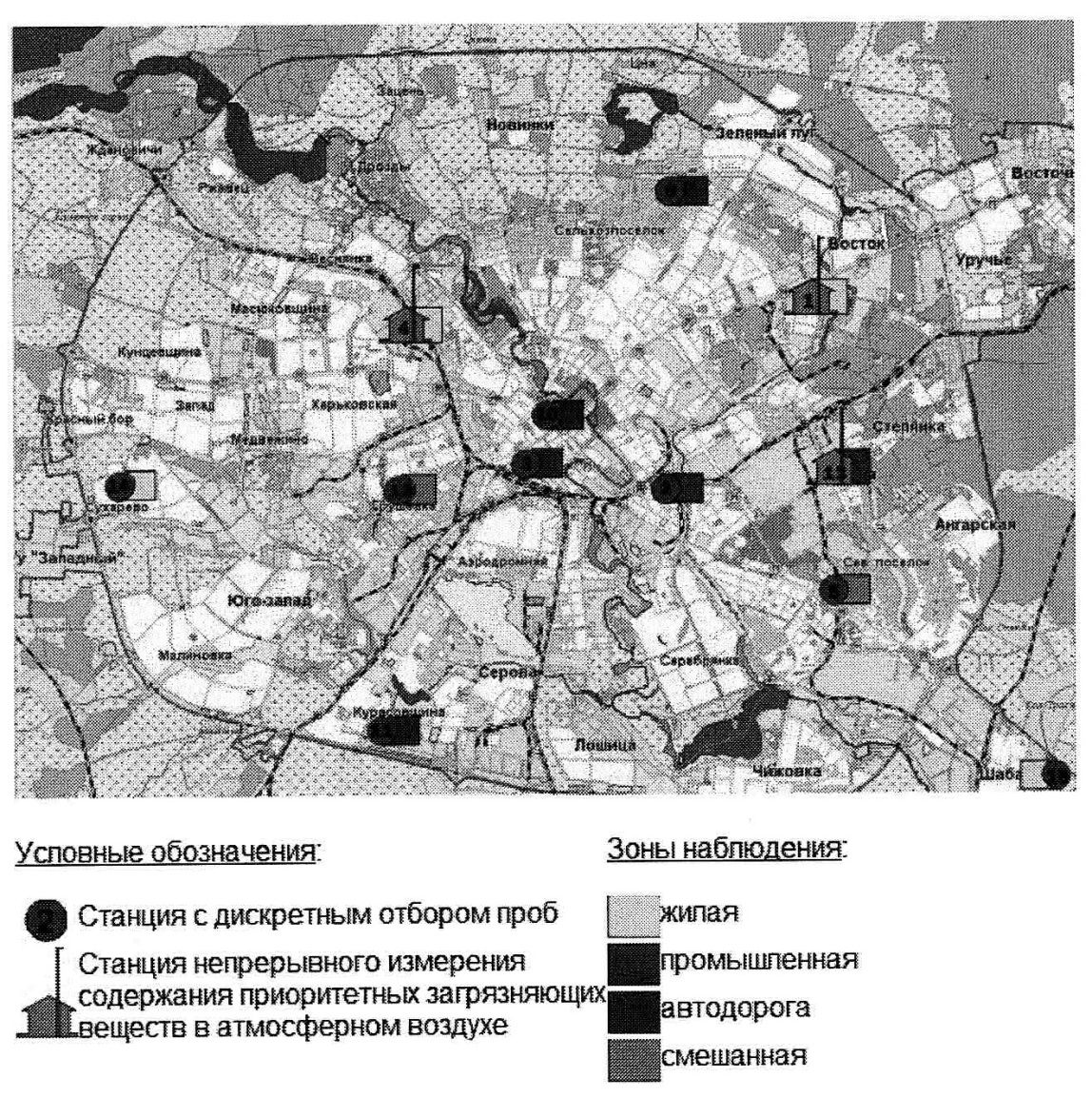


Рисунок 3 - Схема размещения пунктов мониторинга атмосферного воздуха в г. Минске

Программа наблюдений разрабатывается РЦРКМ и утверждается директором Департамента по гидрометеорологии. Утвержденная программа наблюдений не позднее 15 декабря года, предшествующего году, на который разрабатывается программа наблюдений, направляется Департаментом по гидрометеорологии в организации Минприроды для исполнения.

Предложение об изменении местонахождения пункта наблюдений мониторинга атмосферного воздуха, а также предложение об изменении и (или) дополнении программы наблюдений, проводимой в этом пункте, вносится организацией Минприроды на рассмотрение в РЦРКМ, который в месячный срок рассматривает и анализирует предложение об изменении местонахождения пункта наблюдений мониторинга атмосферного воздуха и представляет свои предложения в Департамент по гидрометеорологии.

Основные применения исследований загрязнения атмосферы:

* обоснование государственных решений в области охраны окружающей среды и экологической безопасности;
* оценка риска здоровью населения и нагрузки на окружающую среду;
* выбор и оптимизация атмосфероохранных решений и технологий в отраслях экономики, городском хозяйстве и пр.;
* нормирование выбросов вредных веществ в атмосферу;
* обоснование размеров санитарно-защитных зон;
* проектирование и реконструкция объектов различного назначения;
* расчетный и гибридный мониторинг загрязнения атмосферы, усвоение и интерпретация данных инструментального мониторинга. С целью нормирования выбросов в расчетах концентраций данные инструментального мониторинга учитываются через фоновые концентрации Сф.;
* прогноз и регулирование загрязнения атмосферы;
* оценка последствий потенциальных и сопровождение реальных аварий и пр.;
* оценка влияния возможных изменений климата на загрязнение воздушного бассейна городов и промышленных районов;
* международные проекты;
* военные приложения.

Проблемы системы государсвенного мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха:

* Плотность существующей сети недостаточна:
  + численность населения в городах, где уровень загрязнения не оценивается из-за отсутствия наблюдений или их недостаточного количества, составляет 35% от численности городского населения РБ;
  + современное состояние сети и объемы финансирования позволяют обеспечивать фактическое выполнение объёмов работ по мониторингу загрязнения атмосферы городов на 41% по отношению к нормативному.
* Существующая система мониторинга с ручным отбором проб не отвечает современным требованиям по передаче оперативной информации о загрязнении атмосферы в прогностические центры с целью ее усвоения и обеспечивает измерения только малой доли тех вредных примесей, которые надо прогнозировать.
* Недостаточное обеспечение аналитических лабораторий современными средствами измерений

Проблемы системы государсвенного мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха;

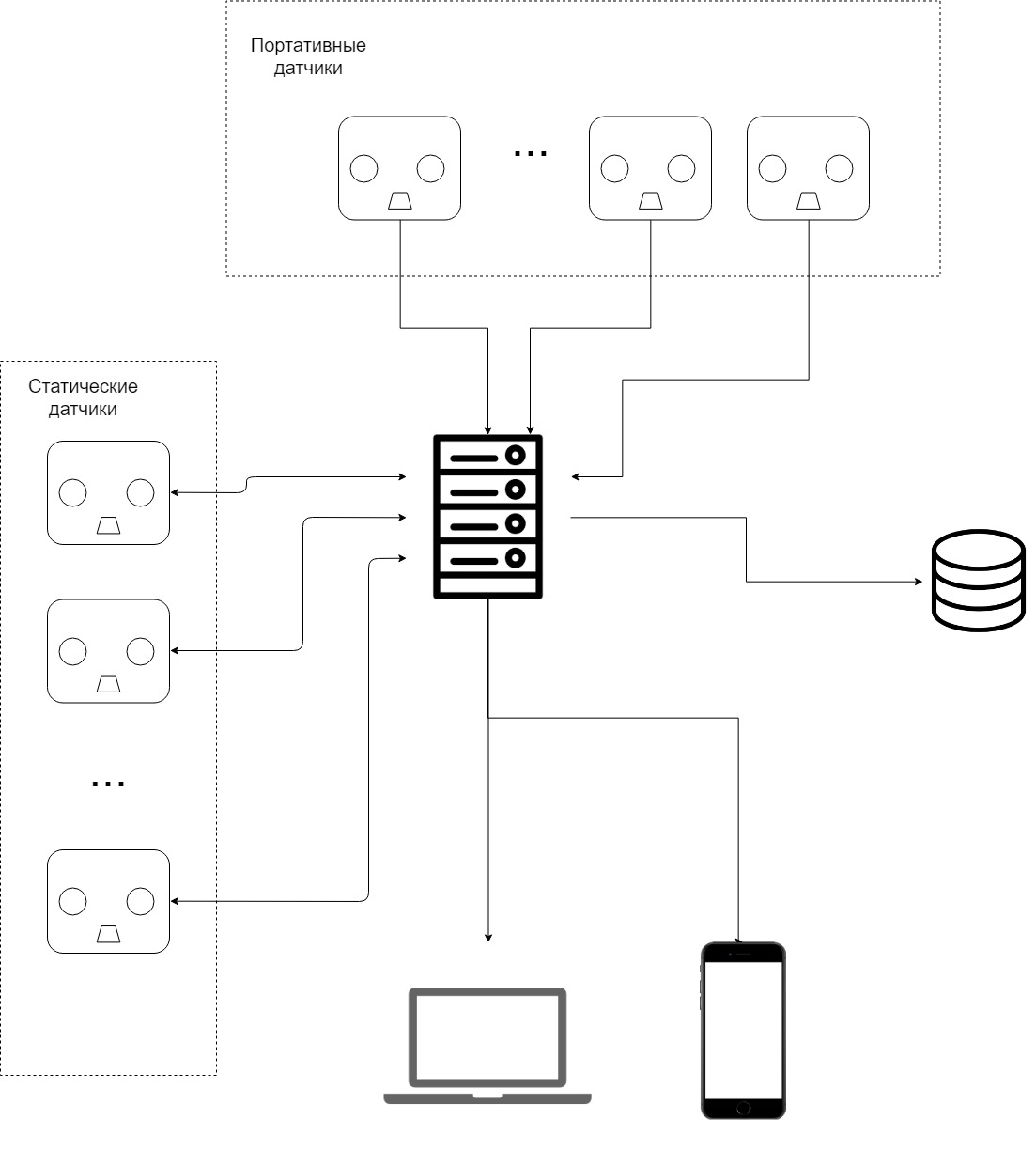
* коренная модернизация приборно-технического оснащения наблюдательной сети и лабораторного оборудования
* повсеместный переход от сокращенной к полной программе отбора и анализа проб воздуха;
* организация подсистемы мониторинга концентраций мелкодисперсной пыли, фракции РМ10 и РМ2,5;
* охват системой наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха городов с численностью населения свыше 100 тыс. человек;
* разработка новых, имеющих местное значение, и пересмотр существующих методик определения концентраций примесей с активным и пассивным пробоотбором. Особенно перспективными представляются методики с использованием многокомпонентных методов анализа, в частности хроматографические;
* совершенствование системы обеспечения качества данных сети мониторинга в целях повышения достоверности результатов измерений концентраций примесей;
* обновление нормативно-методической базы инструментального и расчетного мониторинга, прогнозирования загрязнения атмосферы, включая вопросы обработки и представления данных, координации ведомственных, территориальных и локальных систем наблюдений с учетом рекомендаций ВОЗ и зарубежного опыта;
* дальнейшее совершенствование углубленного анализа результатов наблюдений с целью более полной оценки изменений уровня загрязнения воздуха;
* разработка новых программных средств обработки и анализа данных наблюдений с целью полной автоматизации обобщения и создания информационных документов и ресурсов. Внедрение современных технических средств и технологий в региональных центрах мониторинга;
* обеспечение исходными данными для расчетов загрязнения атмосферы;
* развитие сети станций ГСА, фонового мониторинга как реперных точек для восстановления характеристик загрязнения атмосферы по территории Беларуси.

**1.3 Вывод и постановка задачи**

В связи с изложенным выше, в текущей системе мониторинга атмосферного воздуха в РБ существует ряд проблем. Задачей является устранить эти проблемы путем разработки собственной системы мониторинга воздуха в соответствии с требованиями Минприроды и Министерства здравоохранения РБ. Целью является повысить качество мониторинга в Республике Беларусь, сделать его более современным, доступным с применением новейших технологий в области мониторинга и анализа данных.

**2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА (ТЕМА)**

**2.1 Теоретическая разработка**

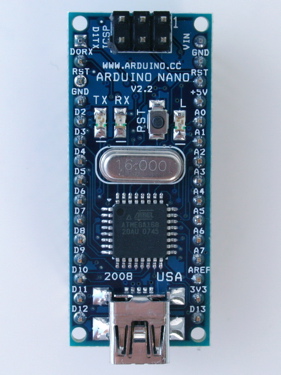


**2.2޵Практическая разработка**

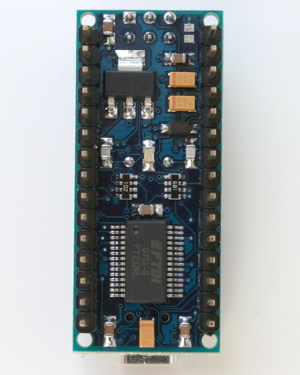
Устройство будет реализовано޵на޵платформе޵Arduino.

Для޵определения޵загрязняющих޵факторов޵воздуха޵подключить޵необходимые޵датчики޵для޵отображения.޵В޵данном޵случае޵будем޵использовать޵датчики޵MQ135޵(концентрация޵углекислого޵газа),޵MQ9޵(концентрация޵газа޵пропан-бутан,޵концентрация޵метана޵в޵воздухе,޵концентрация޵угарного޵газа).޵Для޵преобразования޵данных޵в޵систему޵исчисления޵ПДК޵(мг/м3)޵необходимо޵знать޵атмосферное޵давление޵и޵температуру޵окружающего޵воздуха.޵Для޵этого޵используется޵датчик޵BM180.޵Также޵необходимо޵установить޵датчик޵DHT11޵для޵отображения޵влажности޵воздуха. Устройство имеет޵возможность передавать данные по сети с помощью четырехдиапазонного GSM/GPRS модуля SIM900.޵Для޵отслеживания޵местоположения޵данных޵и޵отображения޵их޵на޵карте޵будет޵использован޵GPS޵приемник޵GY-NEO6MV2. Устройство будет автономным и питание будет поступать от перезаряжаемой батареи емкостью 5000мАч.

Полнофункциональное޵миниатюрное޵устройство޵на޵базе޵микропроцессора޵ATmega328޵(Arduino޵Nano޵3.0)޵или޵ATmega168޵(Arduino޵Nano޵2.x),޵адаптированное޵для޵использования޵с޵макетными޵платами.



Рисунок޵2.1޵–޵Лицевая޵сторона޵микроконтроллера޵Arduino޵Nano



Рисунок޵2.2޵–޵Тыловая޵сторона޵микроконтроллера޵Arduino޵Nano

Таблица޵2.1޵–޵Характеристики޵устройства޵Arduino޵Nano

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование޵характеристики | Значение |
| 1 | 2 |
| Микропроцессор | Atmel޵ATmega168޵или޵ATmega328 |
| Рабочее޵напряжение޵(логическая޵уровень) | 5޵В |
| Входное޵напряжение޵(рекомендуемое) | 7-12޵В |
| Входное޵напряжение޵(предельное) | 6-20޵В |
| Цифровые޵Входы/Выходы | 14޵(6޵из޵которых޵могут޵использоваться޵как޵выходы޵ШИМ) |
| Аналоговые޵входы | 8 |
| Продолжение޵таблицы޵2.1 | |
| 1 | 2 |
| Постоянный޵ток޵через޵вход/выход | 40޵мА |
| Флеш-память | 16޵Кб޵(ATmega168)޵или޵32޵Кб޵(ATmega328)޵при޵этом޵2޵Кб޵используются޵для޵загрузчика |
| ОЗУ | 1޵Кб޵(ATmega168)޵или޵2޵Кб޵(ATmega328) |
| EEPROM | 512޵байт޵(ATmega168)޵или޵1޵Кб޵(ATmega328) |
| Тактовая޵частота | 16޵МГц |
| Размеры | 1.85޵см޵x޵4.2޵см |

Arduino޵Nano޵может޵получать޵питание޵через޵подключение޵Mini-B޵USB,޵или޵от޵нерегулируемого޵6-20޵В޵(вывод޵30),޵или޵регулируемого޵5޵В޵(вывод޵27),޵внешнего޵источника޵питания.޵Автоматически޵выбирается޵источник޵с޵самым޵высоким޵напряжением.

Микросхема޵FTDI޵FT232RL޵получает޵питание,޵только޵если޵сама޵платформа޵запитана޵от޵USB.޵Таким޵образом޵при޵работе޵от޵внешнего޵источника޵(не޵USB),޵будет޵отсутствовать޵напряжение޵3.3޵В,޵генерируемое޵микросхемой޵FTDI,޵при޵этом޵светодиоды޵RX޵и޵TX޵мигаю޵только޵при޵наличии޵сигнала޵высокого޵уровня޵на޵выводах޵0޵и޵1.

Микропроцессор޵ATmega168޵имеет޵16޵кБ޵флеш-памяти޵для޵хранения޵кода޵программы,޵а޵микропроцессор޵ATmega328,޵в޵свою޵очередь,޵имеет޵32޵кБ޵(в޵обоих޵случаях޵2޵кБ޵используется޵для޵хранения޵загрузчика).޵ATmega168޵имеет޵1޵кБ޵ОЗУ޵и޵512޵байт޵EEPROM޵(которая޵читается޵и޵записывается޵с޵помощью޵библиотеки޵EEPROM),޵а޵ATmega328޵–޵2޵кБ޵ОЗУ޵и޵1޵Кб޵EEPROM.

На޵платформе޵микроконтроллера޵Arduino޵Nano޵установлено޵несколько޵устройств޵для޵осуществления޵связи޵с޵компьютером,޵другими޵устройствами޵Arduino޵или޵микроконтроллерами.޵ATmega168޵и޵ATmega328޵поддерживают޵последовательный޵интерфейс޵UART޵TTL޵(5޵В),޵осуществляемый޵выводами޵0޵(RX)޵и޵1޵(TX).޵Установленная޵на޵плате޵микросхема޵FTDI޵FT232RL޵направляет޵данный޵интерфейс޵через޵USB,޵а޵драйверы޵FTDI޵(включены޵в޵программу޵Arduino)޵предоставляют޵виртуальный޵COM޵порт޵программе޵на޵персональном޵компьютере.޵Мониторинг޵последовательной޵шины޵(Serial޵Monitor)޵программы޵Arduino޵позволяет޵посылать޵и޵получать޵текстовые޵данные޵при޵подключении޵к޵платформе.޵Светодиоды޵RX޵и޵TX޵на޵платформе޵будут޵мигать޵при޵передаче޵данных޵через޵микросхему޵FTDI޵или޵USB޵подключение޵(но޵не޵при޵использовании޵последовательной޵передачи޵через޵выводы޵0޵и޵1).޵

Библиотекой޵SoftwareSerial޵возможно޵создать޵последовательную޵передачу޵данных޵через޵любой޵из޵цифровых޵выводов޵Nano.

ATmega168޵и޵ATmega328޵поддерживают޵интерфейсы޵I2C޵(TWI)޵и޵SPI.޵В޵Arduino޵включена޵библиотека޵Wire޵для޵удобства޵использования޵шины޵I2C.

Принцип޵работы޵датчиков޵газа޵серии޵MQ޵основан޵на޵изменении޵сопротивления޵тонкопленочного޵слоя޵диоксида޵олова޵SnO2޵при޵контакте޵с޵молекулами޵определяемого޵газа.޵Чувствительный޵элемент޵датчика޵состоит޵из޵керамической޵трубки޵с޵покрытием޵Al2O3޵и޵нанесенного޵на޵неё޵чувствительного޵слоя޵диоксида޵олова.޵Внутри޵трубки޵проходит޵нагревательный޵элемент,޵который޵нагревает޵чувствительный޵слой޵до޵температуры,޵при޵которой޵он޵начинает޵реагировать޵на޵определяемый޵газ.޵Чувствительность޵к޵разным޵газам޵достигается޵изменением޵состава޵примесей޵в޵чувствительном޵слое.

**޵**Датчик޵газа޵MQ135.޵Датчик,޵обнаруживающий޵в޵воздухе޵бензол,޵спирт,޵дым.޵Аналого-цифровой޵модуль޵позволяет޵как޵получать޵данные޵о޵содержании޵газов޵к޵которым޵восприимчив޵газоанализатор,޵так޵и޵работать޵напрямую޵с޵устройствами,޵выдавая޵цифровой޵сигнал޵о޵превышении/уменьшении޵порогового޵значения.޵Имеет޵регулятор޵чувствительности,޵что޵позволяет޵подстраивать޵датчик޵под޵нужды޵конкретного޵проекта.޵Модуль޵имеет޵два޵светодиода:޵первый޵(красный)޵­޵индикация޵питания,޵второй޵(зеленый)޵­޵индикация޵превышения/уменьшения޵порогового޵значения.



Рисунок޵2.3޵–޵Датчик޵газа޵для޵Arduino޵MQ135

Основным޵рабочим޵элементом޵датчика޵является޵нагревательный޵элемент,޵за޵счет޵которого޵происходит޵химическая޵реакция,޵в޵результате޵которой޵получается޵информация޵о޵концентрации޵газа.޵Также޵необходимо޵понимать,޵что޵за޵счет޵нагревательного޵элемента,޵датчик޵потребляет޵большой޵ток,޵поэтому޵рекомендуется޵использовать޵внешнее޵питание.

Перед޵началом޵использования޵рекомендуется޵прогреть޵датчик,޵то޵есть޵оставить޵его޵включенным޵на޵сутки.޵Это޵способствует޵достижению޵стабильных޵показаний޵в޵процессе޵его޵дальнейшей޵работы.

Так޵же޵не޵стоит޵забывать,޵что޵показания޵датчика޵подвержены޵влиянию޵температуры޵и޵влажности޵окружающего޵воздуха.޵Поэтому޵в޵случае޵использования޵датчика޵в޵изменяющейся޵среде,޵будет޵необходима޵компенсация޵этих޵параметров.

Диапазон޵измерений:޵

* 0,001޵-޵0,1޵%.

Технические޵характеристики:

* напряжение޵питания:޵5޵В;
* потребляемый޵ток:޵150޵мА;
* время޵прогрева޵при޵включении:޵1޵мин.

Физические޵размеры:

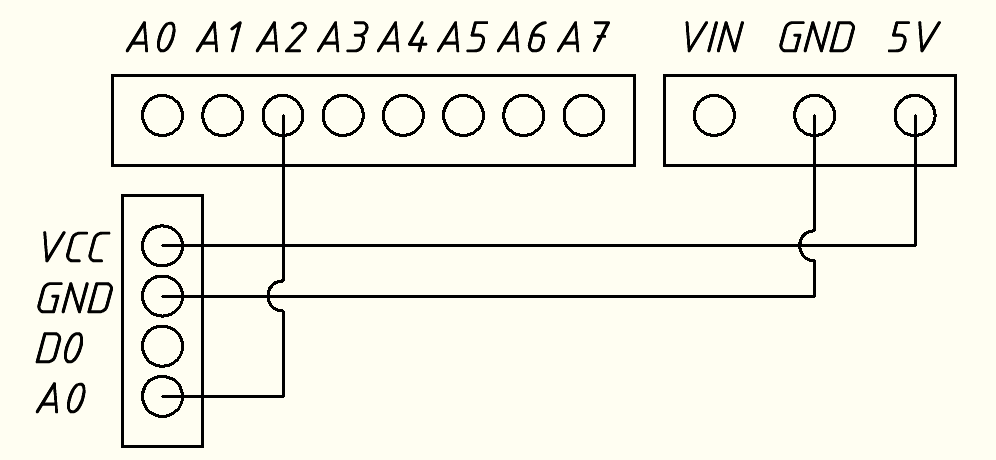
* модуль޵(Д޵х޵Ш޵х޵В):޵35޵х޵20޵х޵21޵мм.

Преимущества:

* высокая޵чувствительность;
* короткое޵время޵отклика;
* удобный޵в޵использовании޵модуль޵за޵счет޵наличия޵цифрового޵и޵аналогового޵выводов.

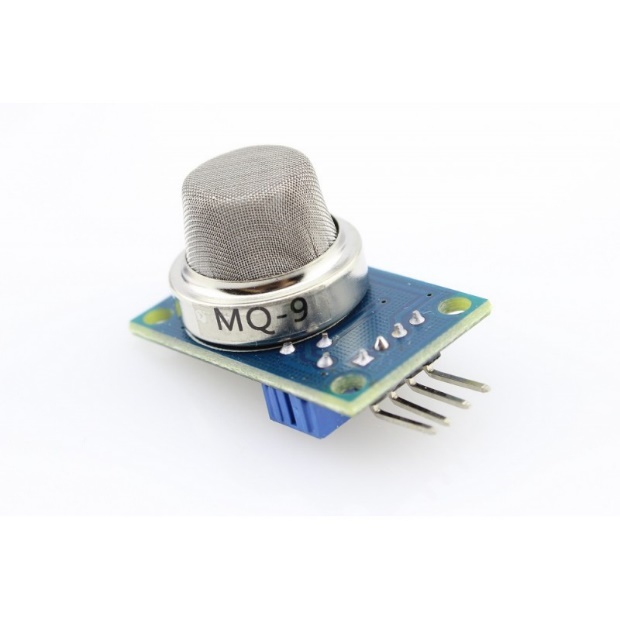
Недостатки:

* перед޵использованием޵требует޵долгого޵прогрева޵(не޵менее޵24޵часов);
* для޵снятия޵показаний޵требуется޵прогрев޵(не޵менее޵1޵минуты);
* высокое޵энергопотребление޵(желательно޵дополнительное޵питание).



Рисунок޵2.4޵–޵схема޵подключения޵датчика޵MQ135

**޵**Датчик޵газа**޵**MQ9.޵Датчик޵газа,޵построенный޵на޵базе޵газоанализатора޵MQ-9޵позволяет޵обнаруживать޵наличие޵в޵окружающем޵воздухе޵углеводородных޵газов޵(пропан,޵метан,޵бутан)޵и޵угарного޵газа޵(CO).



Рисунок޵2.5޵–޵Датчик޵газа޵MQ9

Датчик޵можно޵использовать޵для޵обнаружения޵утечек޵промышленного޵газа,޵возгорания,޵неисправностей޵газового޵оборудования.޵Выходным޵результатом޵является޵аналоговый޵сигнал,޵пропорциональный޵содержанию޵газов,޵к޵которым޵восприимчив޵газоанализатор.޵Чувствительность޵может޵быть޵настроена޵с޵помощью޵переменного޵резистора޵на޵плате޵датчика.

В޵газоанализатор޵встроен޵нагревательный޵элемент,޵который޵необходим޵для޵химической޵реакции.޵Для޵получения޵стабильных޵показаний޵новый޵сенсор޵необходимо޵один޵раз޵прогреть޵(оставить޵включённым)޵в޵течение޵48޵часов.޵После޵этого޵стабилизация޵после޵включения޵будет޵занимать޵около޵минуты.

Для޵правильной޵работы޵сенсора޵нагревательный޵элемент޵необходимо޵попеременно޵питать޵от޵1,5޵В޵(90޵секунд),޵затем޵от޵5޵В޵(60޵секунд).޵Либо޵изменять޵напряжение޵по޵синусоиде޵с޵соответствующей޵амплитудой޵и޵площадью޵подграфика.޵В޵период޵питания޵от޵низкого޵напряжения޵достигается޵максимум޵чувствительности޵угарного޵газа,޵а޵в޵период޵высокого޵напряжения޵происходит޵фиксирование޵углеводородных޵газов,޵и޵испарение޵конденсата.޵Если޵необходимо޵фиксировать޵лишь޵угарный޵газ,޵достаточно޵питать޵плату޵сенсора޵постоянно޵от޵1,5޵В.

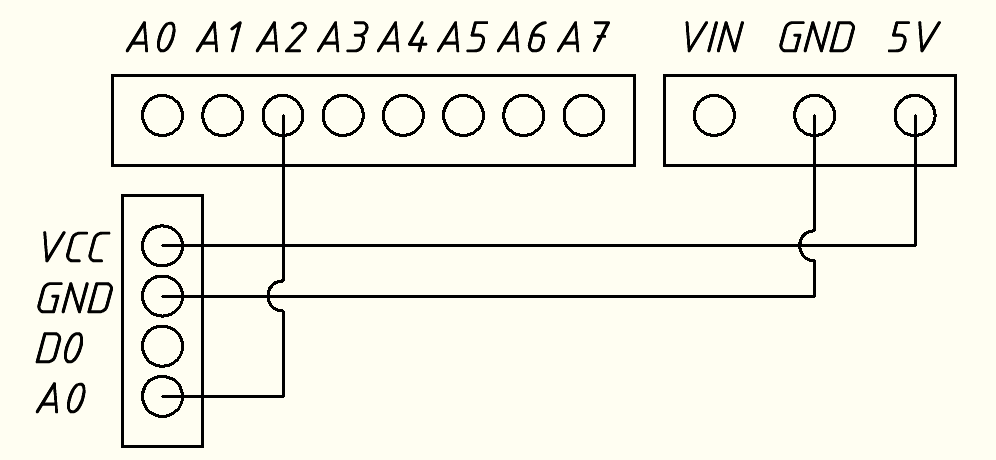
При޵подключении޵сенсора޵к޵микроконтроллеру,޵различное޵напряжение޵нагревателя޵можно޵симулировать޵с޵помощью޵ШИМ-сигнала.޵Однако,޵подключение޵питания޵сенсора޵напрямую޵к޵пину޵невозможно޵из-за޵того,޵что޵он޵потребляет޵большой޵ток޵(150޵мА).޵Поэтому޵управление޵питанием޵необходимо޵осуществлять޵через޵транзистор.޵Рекомендуется޵использовать޵полевой޵транзистор޵MOSFET.

Показания޵датчика޵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.[11]

Технические޵характеристики޵датчика޵газа޵MQ9޵представлена޵в޵таблицу޵2.2

Таблица޵2.2޵–޵Характеристики޵датчика޵газа޵MQ9

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование޵характеристики | Значение |
| Напряжение޵питания | 1,5޵/޵5޵В |
| Потребляемый޵ток | 70޵мА |
| Диапазон޵измерений޵угарного޵газа | 0,01޵–޵1޵промилле |
| Диапазон޵измерений޵углеводородных޵газов | 0,1޵–޵10޵промилле |



Рисунок޵2.6޵–޵Схема޵подключения޵датчика޵MQ9

޵В޵датчике޵атмосферного޵давления޵имеется޵герметичная޵камера,޵одна޵из޵стенок޵которой޵является޵гибкой޵мембраной޵с޵установленными޵на޵ней޵тензодатчиками.޵Мембрана޵прогибается޵пропорционально޵разности޵давлений޵внутри޵камеры޵и޵снаружи,޵что޵влияет޵на޵изменение޵сопротивления޵тензодатчиков޵электрическому޵току.޵Так޵же޵имеется޵термодатчик,޵сопротивление޵которого޵меняется޵пропорционально޵температуре.

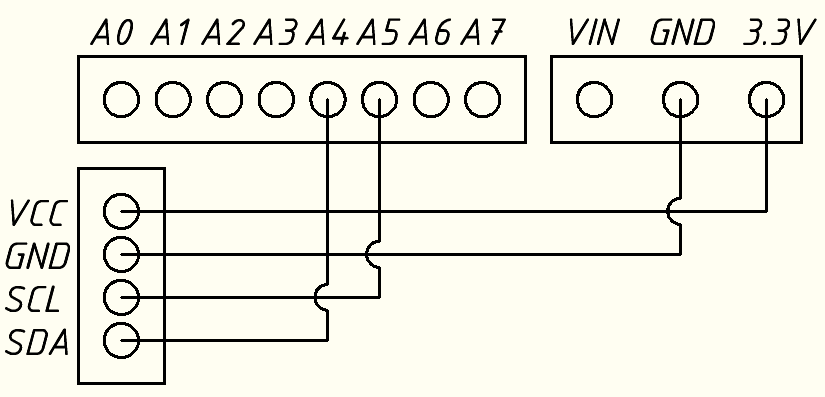
АЦП޵(аналого-цифровой޵преобразователь)޵переводит޵результаты޵изменений޵датчиков޵в޵цифровые޵данные޵«некомпенсированные޵результаты»,

которые޵доступны޵для޵чтения޵из޵регистров޵датчика:޵«Out޵MSB»,޵«Out޵LSB»޵и޵«Out޵xLSB».

Для޵компенсации޵указанных޵результатов޵(компенсации޵смещения,޵температурной޵зависимости,޵погрешностей޵при޵изготовлении,޵неоднородностей޵материалов޵и޵т.д.)޵каждый޵датчик޵калибруется޵на޵заводе,޵и޵в޵EEPROM޵записываются޵индивидуальные޵для޵каждого޵датчика޵11޵калибровочных޵коэффициентов޵(176޵бит),޵которые޵доступны޵для޵чтения޵из޵регистров޵датчика:޵«AC1»,޵«AC2»,޵«AC3»,޵«AC4»,޵«AC5»,޵«AC6»,޵«B1»,޵«B2»,޵«MB»,޵«MC»,޵«MD».޵[12]

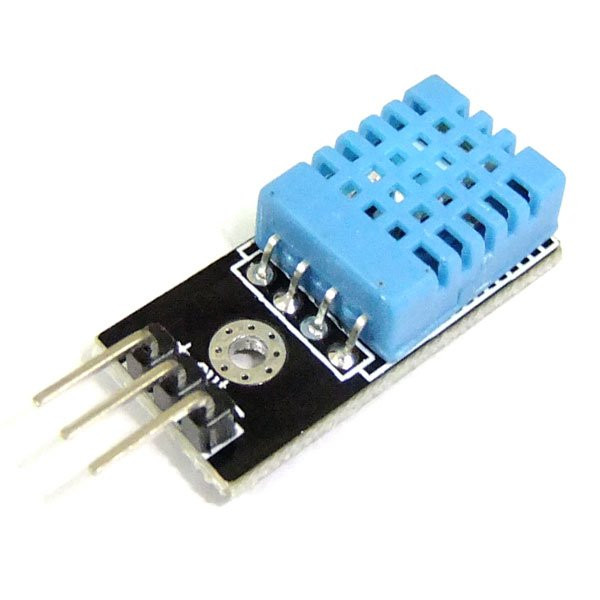


Рисунок޵2.7޵–޵Внешний޵вид޵датчика޵атмосферного޵давления޵BM180



Рисунок޵2.8޵–޵Схема޵подключения޵датчика޵атмосферного޵давления޵BM180

Датчик޵влажности޵и޵температуры,޵состоящий޵из޵термистора޵и޵емкостного޵датчика޵влажности.޵޵Также޵датчик޵содержит޵в޵себе޵аналого-цифровой޵преобразователь޵для޵преобразования޵аналоговых޵значений޵влажности޵и޵температуры.޵Датчик޵DHT11޵не޵обладают޵высоким޵быстродействием޵и޵точностью,޵но޵имеет޵простое޵конструктивное޵решение޵и޵для޵покупки޵имеет޵небольшие޵затраты.޵[13]

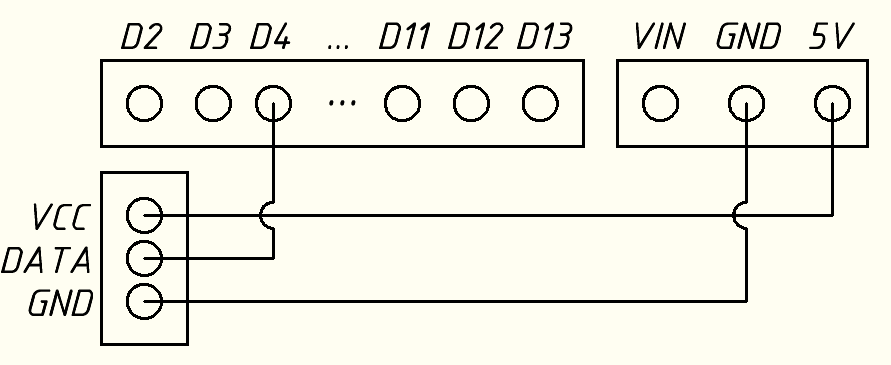


Рисунок޵2.9޵–޵Внешний޵вид޵датчика޵влажности޵и޵температуры޵DHT11

Таблица޵2.3޵–޵Технические޵характеристики޵датчика޵влажности޵и޵температуры޵DHT޵11

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование޵характеристики | Значение |
| Питание޵ | Постоянный޵ток޵3,5޵–޵5,5޵В; |
| Ток޵питания | в޵режиме޵измерения޵0.3mA; |
| в޵режиме޵ожидания޵60μA. |
| Определение޵влажности | 20–80޵%޵с޵точностью޵5޵%; |
| Определение޵температуры | 0–50޵°С޵с޵точностью޵2޵%; |
| Частота޵опроса | Не޵более޵1޵Гц޵(не޵более޵одного޵раза޵в޵1޵сек.); |
| Размеры | 15,5\*12\*5,5޵мм. |

޵



Рисунок޵2.10޵–޵Схема޵подключения޵датчика޵влажности޵и޵температуры޵DHT11

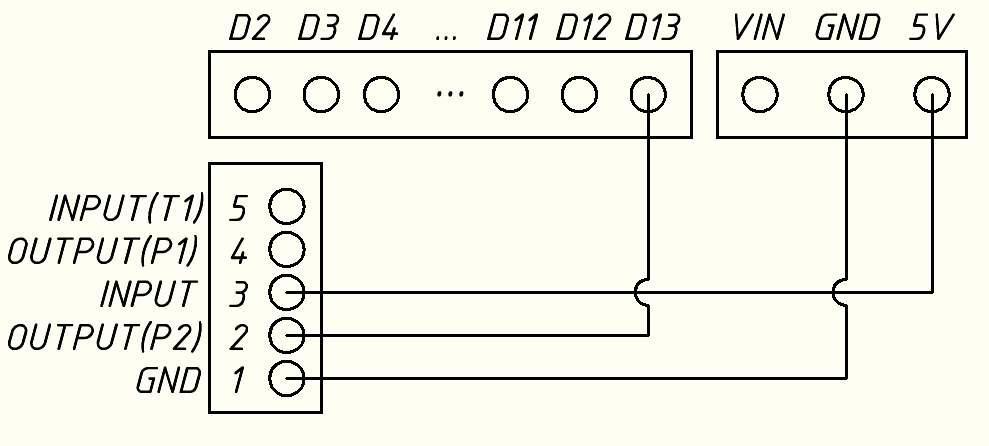
Датчик޵пыли޵компании޵SHINYEI޵предназначен޵для޵создания޵цифрового޵выходного޵сигнала޵частиц޵PM2.5.޵Данный޵датчик޵может޵предоставить޵информацию޵о޵концентрации޵пыли,޵так޵как޵датчик޵улавливает޵частицы,޵диаметр޵которых޵равен޵1޵мкм.޵Так޵же޵стоит޵отметить,޵что޵датчик޵возвращает޵значения޵именно޵концентрации޵пыли޵(изначально޵в޵количество޵частиц޵на޵1/100޵кубического޵фута),޵а޵не޵вес޵частиц.



Рисунок޵2.11޵–޵Внешний޵вид޵датчика޵твердых޵частиц޵PPD42

Таблица޵2.4޵–޵Характеристика޵датчика޵твердых޵частиц޵PPD42

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование޵характеристики | Значение |
| Размер޵определяемых޵частиц | Минимум޵1мкм |
| Диапазон޵измерения | 0-8000޵pcs/0.01 |
| Напряжение޵пульсации | 30޵мВ |
| Диапазон޵рабочих޵температур | -30-60޵°С |
| Время޵стабилизации | 60޵секунд޵после޵включения |
| Размеры | 59\*45\*22޵мм |
| Выходной޵метод | Отрицательная޵логика,޵цифровой޵выход |



Рисунок޵2.12޵–޵Схема޵подключения޵датчика޵твердых޵частиц޵PPD42

GPS приемник производится компанией u-blox. В этом модуле используются новейшие технологии для получения точной информации о местоположении. Напряжение питания модуля 3-5В. Линейка устройств представлена типами G, Q, M, P, V и T со своими уникальными характеристиками.  Время холодного старта около 27 секунд.

Модуль использует стандартный протокол NMEA 0183 для связи с GPS приемниками. Приемник представляет собой плату, на которой располагаются модуль NEO-6M-0-001, стабилизатор напряжения, энергонезависимая память, светодиод и аккумулятор.



Рисунок޵2.13޵–޵Внешний޵вид޵GPS޵модуля޵GY-NEO6MV2

Технические характеристики модуля:

* напряжение питания 3,3-5В;
* интерфейс UART 9600 8N1 3.3V;
* протокол NMEA;
* вес модуля 18 гр.;
* наличие EEPROM для сохранения настроек;
* наличие встроенной батареи;
* возможность подключения антенны к разъему U-FL;
* время холодного старта примерно 27 секунд, время горячего старта – 1 секунда;
* наличие более 50 каналов позиционирования;
* частота обновления 5 Гц;
* рабочие температуры от -40С до 85С.

Модуль широко используется для коптеров, определения текущего положения малоподвижных объектов и транспортных средств. Полученные координаты можно загрузить в карты Google Maps, Google Earth и другие.

После холодного старта модуля начинается скачивание альманаха. Время загрузки – не более 15 минут, в зависимости от условий и количество спутников в зоне видимости.

Распиновка: GND (земля), RX (вход для данных UART), TX (выход для данных UART),

SIM900 – GSM-модуль компании SIM COM, управляется AT-командами, умеет посылать SMS, совершать звонки, организовывать прямое CSD-соединение, обмениваться информацией по GPRS.

На плате находится сам чип SIM900, разъёмы для микрофона и наушников, переключатель источника питания (от внешнего разъёма или от Arduino), антенна, несколько светодиодов для индикации режимов работы, разъём для батарейки, кнопка включения/выключения.



Рисунок޵2.14޵–޵Внешний޵вид޵GSM޵модуля SSIM900

Для޵разработки޵программного޵обеспечения޵и޵для޵согласования޵с޵программным޵кодом޵используются޵библиотеки.޵В޵библиотеках޵для޵определенных޵датчиков޵расписан޵процесс޵снятия޵показаний޵и޵расчет޵их޵для޵отображения޵их޵в޵мониторе޵порта.޵Для޵датчиков,޵используемых޵в޵данном޵дипломном޵проекте,޵библиотеки޵имеются޵в޵свободном޵доступе޵интернет޵для޵скачивания.޵Исходный޵код޵скетча,޵загружаемого޵в޵процессор޵Arduino,޵представлен޵в޵приложении޵Г.

Рассмотрим޵программный޵код,޵который޵будет޵загружен޵в޵процессор޵Arduino.

Для޵начала޵написания޵программы޵необходимо޵подключить޵определенные޵библиотеки޵для޵работоспособности޵программного޵кода.

#include޵<MQ135.h>޵–޵подключение޵библиотеки޵для޵датчика޵MQ135.

#include޵<MQ9.h>޵–޵подключение޵библиотеки޵для޵датчика޵MQ9.

#include޵"DHT.h"޵–޵подключение޵библиотеки޵для޵датчика޵DHT11.

#include޵<SFE\_BMP180.h>޵–޵подключение޵библиотеки޵для޵датчика޵BMP180.

#include޵<Wire.h>޵–޵подключение޵библиотеки,޵которая޵позволяет޵общаться޵с޵устройствами,޵которые޵используют޵интерфейсную޵шину޵I2C޵(в޵данном޵дипломном޵проекте޵по޵интерфейсной޵шине޵I2C޵подключается޵датчик޵атмосферного޵давления޵BM180).޵

Далее޵необходимо޵указать޵константы޵для޵обращения޵в޵последующем޵коде޵программы޵к޵непосредственно޵к޵пинам,޵к޵которым޵подключен޵тот޵или޵иной޵датчик,޵а޵их޵наименование.޵Пример޵указан޵ниже:

* #define޵MQ135Pin޵A6;
* #define޵MQ9Pin޵A3;
* #define޵DHTPIN޵3,޵где

MQ135Pin޵A6޵указывает޵на޵то,޵что޵датчик޵MQ135޵подключен޵к޵аналоговому޵пину޵A6.޵MQ9Pin޵A3޵–޵датчик޵MQ9޵подключен޵к޵аналоговому޵пину޵A3.޵DHTPIN޵3޵–޵датчик޵DHT11޵подключен޵к޵цифровому޵пину޵D3.

SFE\_BMP180޵pressure޵–޵объявление޵переменной޵для޵доступа޵к޵библиотеки޵датчика޵атмосферного޵давления.

MQ135޵mq135޵=޵MQ135(޵MQ135Pin);޵޵

MQ9޵mq9(޵MQ9Pin);

DHT޵dht(DHTPIN,޵DHT11);

Указанный޵выше޵фрагмент޵инициализирует޵объект޵датчиков.޵

Для޵работоспособности޵датчика޵пыли޵PPD42޵необходим޵перечень޵переменных޵типа޵данных޵unsigned޵long:

* + duration;
  + starttime;
  + sampletime\_ms޵=޵30000;
  + lowpulseoccupancy޵=޵0.

Функция޵setup()޵предназначена޵для޵инициализации޵переменных,޵определения޵режимов޵работы޵выводов,޵запуска޵используемых޵библиотек޵и޵т.д.޵Функция޵setup޵запускает޵только޵один޵раз,޵после޵каждой޵подачи޵питания޵или޵сброса޵платы޵Arduino.

В޵данном޵случае޵в޵функции޵setup()޵инициализируется޵скорость޵порта޵при޵помощи޵функции޵Serial.begin(),޵калибровка޵датчика޵MQ9޵и޵снятие޵показаний޵сопротивления޵для޵калибровки޵и޵инициализируются޵все޵датчики.

Функция޵loop()޵предназначена޵для޵зацикливания޵устройства,޵т.е޵постоянно޵повторение޵тех޵или޵иных޵действий.޵В޵данном޵скетче޵программы޵это޵необходимо޵для޵повторного޵измерения޵показаний.

Датчики޵серии޵MQ޵подключаются޵к޵аналоговым޵пинам޵платы޵Arduino.޵Это޵означает,޵что޵показания޵изначально޵приходят޵в޵значениях޵сопротивления,޵которое޵изменяется޵в޵зависимости޵от޵концентрации޵определенного޵газа.޵Для޵конвертации޵данных޵используются޵математические޵формулы,޵заложенные޵в޵библиотеку޵определенного޵датчика.޵Но޵при޵разработке޵и޵подключении޵датчиков޵серии޵MQ޵необходимо޵производить޵их޵калибровку.޵Это޵позволит޵снизить޵погрешность޵показаний޵до޵20-30޵ppm޵соответственно.

Для޵калибровки޵датчика޵MQ135޵его޵необходимо޵поместить޵в޵среду޵для޵снятия޵корректировочных޵показаний.޵В޵данном޵случае޵в޵библиотеке޵уже޵есть޵такой޵параметр޵под޵названием޵RZERO.޵Перед޵калибровкой޵датчик޵в޵обязательном޵порядке޵необходимо޵включить޵в޵питание޵на޵сутки.޵После޵необходимо޵поместить޵в޵среду޵с޵содержанием޵влажности޵воздуха޵35%޵и޵температурой޵293޵К޵на޵время޵60޵минут.޵Для޵получения޵сопротивления޵калибровки޵необходимо޵в޵скетч޵программы޵добавить޵следующую޵строку:

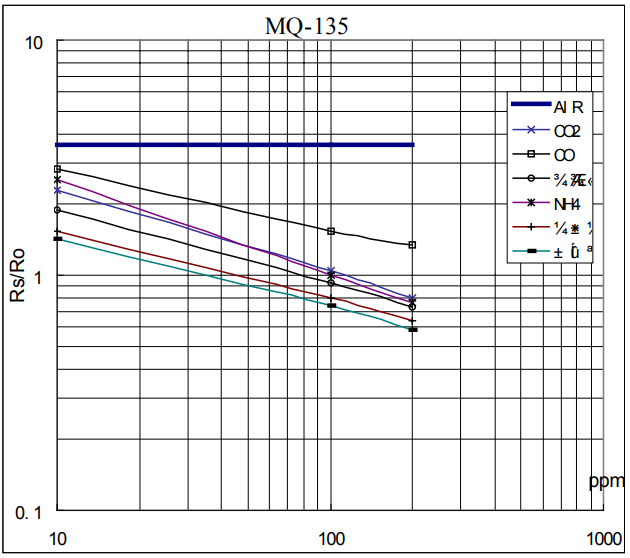
float޵rzero޵=޵gasSensor.getRZero();

В޵переменную޵rzero޵запишется޵калибровочное޵значение޵сопротивления,޵которое޵в޵последствии޵значение޵этой޵переменной޵нужно޵будет޵добавить޵в޵библиотеку.޵После޵получения޵результата޵в޵файл޵MQ135.h޵с޵содержанием޵кода޵библиотеки޵необходимо޵добавить޵константу,޵которая޵и޵будет޵содержать޵значение޵калибровочного޵сопротивления.޵В޵качестве޵примера޵строка޵добавление޵константы޵выглядит޵следующим޵образом:

#define޵RZERO޵526.10

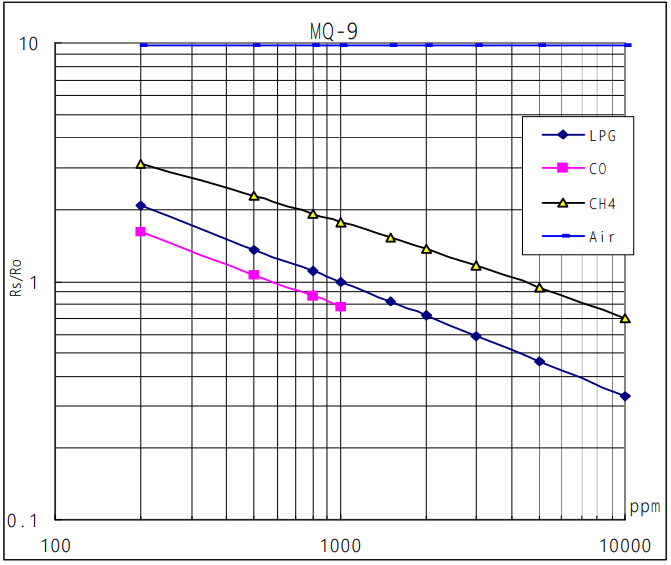
Калибровку޵датчика޵MQ135޵следует޵проводить޵однократно޵и޵для޵последующей޵работы޵в޵этом޵уже޵не޵будет޵необходимости,޵поэтому޵из޵скетча޵программы,޵загружаемую޵в޵процессор޵Arduino޵строку,޵где޵получаем޵калибровочное޵сопротивление޵можно޵исключить.

График޵чувствительности޵в޵зависимости޵от޵различных޵газов޵представлен޵на޵рисунке޵2.15.޵На޵графике޵R0޵–޵калибровочное޵значение޵сопротивления,޵а޵Rs޵–޵текущее޵значение޵сопротивления޵датчика.



Рисунок޵2.15޵–޵График޵чувствительности޵в޵зависимости޵от޵различных޵газов޵датчика޵MQ135

Также޵необходимо޵провести޵однократную޵калибровку޵датчика޵MQ9޵таким޵же޵образом.޵Библиотека޵для޵датчиков޵серии޵MQ޵идентичны.޵Различия޵только޵в޵снятии޵показаний,޵т.е޵в޵сопротивлении,޵которое޵принимает޵аналоговый޵пин޵платы޵Arduino.޵Также޵необходимо޵перед޵использованием޵и޵калибровкой޵подключить޵к޵питанию޵на޵сутки޵и޵помести޵в޵среду޵благоприятную޵для޵калибровки޵(влажность޵воздуха޵35%,޵температура޵293޵К).޵После޵получить޵значения޵калибровочного޵сопротивления޵и޵записать޵данные޵в޵файл޵MQ9.h޵(библиотека޵датчика޵MQ9).޵Также޵датчик޵MQ9޵имеет޵характеристику޵чувствительности޵в޵зависимости޵от޵различных޵газов,޵который޵представлен޵на޵рисунке޵2.16.



Рисунок޵2.16޵–޵График޵чувствительности޵в޵зависимости޵от޵различных޵газов޵датчика޵MQ9

Так޵как޵PPD42޵для޵измерения޵концентрации޵пыли޵импульс޵ШИМ޵сигнала޵идет޵один޵раз޵в޵30޵секунд,޵то޵в޵программе޵необходимо޵предусмотреть,޵чтобы޵уровень޵цифрового޵сигнала޵записывался޵в޵переменную޵раз޵в޵30޵секунд.޵Для޵этого޵используется޵переменная޵starttime,޵в޵которую޵записывается޵время޵работы޵программы,޵и޵условный޵оператор޵if޵который޵проверяет޵прошло޵ли޵определенное޵количество޵времени޵после޵отправки޵первого޵показания.޵Если޵условие޵верно,޵то޵идет޵конвертация޵показаний,޵снятых޵с޵цифрового޵порта,޵в޵единицу޵измерений޵пригодных޵для޵анализа.޵Иначе޵в޵переменную޵концентрации޵запишется޵«0».

Расчет޵показаний޵пыли޵идет޵по޵формуле:

(2.1)

где޵L޵–޵наименьшее޵расположение޵импульсов;

D޵–޵длительность޵импульса.

(2.2)

޵где޵R޵–޵отношение.

(2.3)

޵где޵С޵–޵концентрация޵пыли.

Так޵как޵с޵датчиков޵серии޵MQ޵показания޵изначально޵снимаются޵в޵единицах޵измерения޵ppm,޵то޵их޵необходимо޵преобразовать޵в޵единицу޵измерения޵согласно޵ПДК޵(мг/м3).޵Конвертация޵единиц޵измерения޵вычисляется޵по޵формуле:

(2.4)

޵ где޵U޵–޵показания޵в޵единицах޵измерения޵ПДК޵(мг/м3);

Xppm޵–޵показания޵в޵ppm;

µг޵–޵молярная޵масса޵газа޵(г/моль);

Т޵–޵показания޵текущей޵температуры޵(К);

T0޵–޵показания޵температуры޵при޵стандартных޵условиях޵(273޵К)

P0޵–޵показания޵атмосферного޵давления޵при޵стандартных޵условиях޵(101325޵кПа).

Для޵того,޵чтобы޵данные޵в޵порт޵отправлялись޵только޵по޵запросу,޵реализовано޵условие,޵при޵котором޵данные޵отправляются޵только޵тогда,޵когда޵посылаешь޵запрос޵с޵клавиатуры޵либо޵программно޵в޵виде޵единицы.޵Код޵символа޵единицы޵49.޵

Наименование޵функций޵и޵их޵назначение޵представлены޵в޵таблице޵3.1

Таблица޵2.4޵–޵Наименование޵функций޵и޵их޵назначение

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Назначение |
| startTemperature() | Старт޵измерения޵температуры |
| getTemperature() | Возвращает޵значение޵температуры |
| startPressure(3) | Старт޵измерения޵атмосферного޵давления,޵с޵указанием޵точности޵измерения.޵(0޵–޵самый޵малая޵точность.޵3޵–޵самая޵большая޵точность) |
| getPressure(P,T) | Возвращает޵значение޵атмосферного޵давления |
| readHumidity() | Чтение޵данных޵влажности޵воздуха |
| getPPM() | Чтение޵данных޵концентрации޵углекислого޵газа |
| readLPG()޵ | Чтение޵данных޵концентрации޵пропан-бутан |
| readCarbonMonoxide() | Чтение޵данных޵концентрации޵угарного޵газа |
| readMethane() | Чтение޵данных޵концентрации޵Метана޵ |
| Conversion() | Конвертация޵данных޵ppm޵в޵ПДК޵(мг/м3) |
| StartWebSocketServer() | Запуск Web-socket сервера |

3. Практическое использование