

РАЗДЕЛ 7.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ ПРИРОДОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ВОЗДУХЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ
ПАРОВ И ГАЗОВ. ОТБОР ПРОБ. МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Контроль качества воздуха населённых пунктов проводится в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 и РД 52.04.186-89.

За качеством атмосферного воздуха населенных пунктов ведутся наблюдения со стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постов.

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания вредных веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

На стационарных постах устанавливаются специальные павильоны, оснащенные аппаратурой для отбора проб воздуха и приборами для определения метеорологических параметров, – направления и скорости ветра, температуры и влажности воздуха, атмосферного давления.

Устанавливаются 2 поста из расчёта на 50-100 тыс.чел.

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из 4 программ наблюдений:

Полной

Неполной

Сокращённой

Суточной

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняются ежедневно путём непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или не менее 4 раз при обязательном отборе в 1, 7, 13 и 19 ч по местному времени.

По **неполной** программе наблюдения проводятся с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13 и 19 ч.

По **сокращённой** программе наблюдения проводятся с целью получения только разовых концентраций ежедневно в 7 и 13 ч.

Программа **суточного** отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. В отличие от наблюдений по полной программе, наблюдения по этой программе проводятся путём непрерывного суточного отбора проб и не позволяют получать разовых значений концентраций.

Все программы позволяют получать концентрации среднемесячные, среднегодовые или за более длительный период.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно (или экономически нецелесообразно) установить стационарный пост. Маршрутные посты **используют для более детального изучения** состояния воздуха в отдельных районах. На маршрутных постах проводится систематический отбор проб воздуха и метеорологические наблюдения с помощью передвижных автолабораторий. Одна машина за рабочий день объезжает 4-5 точек. Порядок объезда автомашиной выбранных маршрутных постов должен быть одним и тем же.

Передвижные наблюдения с автомашины эпизодически проводятся для определения концентрации вредных веществ под дымовыми факелами предприятий. Передвижные лаборатории обладают рядом преимуществ перед стационарными постами, так как позволяют расширить контролируемую территорию при том же объеме измерений и обеспечить оперативный контроль точечных источников выбросов.

При передвижных наблюдениях осуществляются:

1. **отбор пробы** из атмосферы или источника выбросов;
2. автоматическое **определение концентрации** загрязняющих веществ;
3. **контроль скорости** газового потока в газоходе и расчет валового выброса;
4. **контроль метеопараметров** приборами оборудованной метеостанции;
5. обработка, регистрация и **передача данных в центр** обработки;
6. **автоматическое управление** входящими в состав станции техническими средствами.

Метеостанция оснащается различными приборами:

актинометр (для измерения интенсивности прямой солнечной радиации, падающей на перпендикулярную лучу поверхность. Принцип действия основан на поглощении излучения телом, близким по свойствам к черному телу, и превращения энергии солнечной радиации в тепловую);

анемометр (для измерения скорости ветра и газовых потоков. Часто применяют автоматические анемометры с сигнальным устройством для определения опасных по совместному воздействию скорости и продолжительности порывов ветра);

анероид (барометр) (для измерений атмосферного давления, – металлическая коробка, внутри которой создано разрежение. В случае повышения атмосферного давления коробка сжимается и тянет прикрепленную к ней пружину. Перемещение последней передается стрелке, передвигающейся по шкале);

барограф (прибор для автоматической непрерывной записи изменений атмосферного давления);

гигрометр (прибор, служащий для определения абсолютной или относительной влажности воздуха. Часто применяют гигрометры, чувствительным элементом которых служит человеческий волос или органическая (животная) пленка. Они обладают свойством изменять длину в зависимости от содержания водяного пара в воздухе);

гигрограф (самопишущий прибор для автоматической непрерывной записи влажности воздуха);

осадкомер (дождемер) (для измерений атмосферных жидких и твердых осадков. Он состоит из сосуда, в который собираются осадки, и приспособлений, предотвращающих выдувание из него осадков. Осадкомер устанавливают так, чтобы приемная поверхность сосуда находилась на высоте 2 м над почвой. К прибору прилагается мерный стакан с делениями, по которым измеряют количество выпавших осадков (в мм));

термограф (метеорологический прибор, служащий для автоматической записи изменений температуры. Действие прибора основано на свойстве биметаллической пластинки чувствительного элемента деформироваться при изменении температуры воздуха. Температура регистрируется самопишущим прибором на бумажной ленте);

метеорограф (для комплексных измерений метеорологических характеристик состояния атмосферы. Включает в себя устройства, регистрирующие изменения влажности (гигрограф), температуры (термограф) и давления (барограф)).

Наблюдения на стационарных постах, как и на маршрутных, проводятся по полной, неполной или сокращённой программе.

Сроки отбора проб при подфакельных наблюдениях должны обеспечить выявление наибольших концентраций примесей, связанных с особенностями режима выбросов и метеорологических условий рассеивания примесей, и они могут отличаться от сроков наблюдений на стационарных и маршрутных постах.

В период НМУ проводят наблюдения через каждые 3 ч. При этом отбирают пробы на территории наибольшей плотности населения на стационарных или маршрутных постах или под факелом основных источников загрязнения.

Отбор проб воздуха производится последовательно **по направлению ветра** на расстояниях от границы предприятия: 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 20 км. Кроме того, организуется отбор проб воздуха **с наветренной стороны** от предприятия на расстоянии, исключающем его влияние на концентрацию. Наблюдения на расстояниях от 0,2 до 1 км характеризуют загрязнение атмосферы выбросами промплощадки.

Если установить машину на указанных дистанциях под факелом из-за препятствий (водоёмов, отсутствия подъездных дорог и др.) не представляется возможным, то выбираются близкие доступные дистанции.

При изменении направления факела отбор прекращается и автोलaborатория перемещается в зону его влияния.

Отбор проб должен проводиться в местах, где можно ожидать наиболее высокие концентрации примесей. Кроме того, учитываются расстояния, соответствующие санитарно-защитной зоне, и границы жилой застройки.

В зоне возможного максимального загрязнения должно быть отобрано не менее чем по 50-60 проб воздуха по каждому ингредиенту в разные сезоны года.

При выполнении подфакельных наблюдений существенной частью работы является определение направления факела и выбор местоположения точки для отбора проб. Направление факела определяется визуально. В случае отсутствия дымового облака направление факела определяется или по направлению ветра на высоте выброса, или по факелам от близлежащих примерно равновысоких источников.

Отбор проб проводится на уровне дыхания человека, т.е. на высоте 1,5-2 м от поверхности земли.

Поскольку концентрация атмосферных загрязнений в воздухе сильно меняется в течение суток, пробы атмосферного воздуха подразделяют на разовые, отобранные в течение 20-30 мин., и средние суточные, определяемые осреднением 4~разовых проб, взятых через равные промежутки времени в течение суток.

Отбор проб желательно проводить на выбранных расстояниях не менее чем в трёх точках.

При проведении подфакельных наблюдений на территории крупного промышленного узла, измерения подфакельных концентраций исследуемого предприятия следует производить при направлениях ветра, исключающих воздействие других предприятий или хотя бы сводящих их влияние к минимуму.

Расстояние от границы предприятия до места отбора проб определяют одним из следующих способов:

- **при помощи крупномасштабной карты**, на которой нанесены концентрические окружности вокруг границы предприятия определенных радиусов. Сравнивая эту карту с местностью, устанавливают местоположение пунктов отбора проб воздуха и их удаление от предприятия;

- **при помощи угломера** (теодолита, бинокля с сеткой и т. д.) в месте отбора проб измеряется угол α треугольника, одна сторона которого, противоположная углу α , – высота трубы H или расстояние между балконами на ней, другая – расстояние от источника до места отбора L . Расстояние L определяется по формуле $L = H / \operatorname{tg}(\alpha)$;
- при наличии прямых дорог от предприятия до пункта отбора проб расстояние определяется **по спидометру** автомашины.

Пункты наблюдения (в первую очередь стационарные) размещаются обычно на сравнительно открытых и продуваемых местах с непылящим покрытием (асфальт, газон, твердый грунт) в центральной части города, жилых районах с различным типом застройки, зонах отдыха, вблизи магистралей с интенсивным движением автотранспорта.

Выбор загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с целью контроля содержания определяется в зависимости от количества выбросов этих веществ, их класса опасности, характерного размера города, рассеивающей способности атмосферы данного района.

Принцип выбора вредных веществ для контроля основан на использовании **параметра потребления воздуха**, т.е. объема воздуха, необходимого для разбавления выбросов вещества до уровня концентрации, не превышающей гигиенический норматив.

В результате составляются приоритетные списки специфических загрязняющих веществ для городов с пунктами наблюдения, а также для определения приоритетности городов и поселков, где сеть наблюдений еще отсутствует и необходима её организация.

Параметр потребления воздуха (ПВ):
реальный

$$ПВ_i = M_i / q_i$$

требуемый

$$ПВ_{тi} = M_i / ПДК_i$$

где M_i - суммарное количество выбросов i -й примеси от всех источников, расположенных на территории города;

q_i - концентрация, установленная по данным расчетов или наблюдений.

Устанавливается, будет ли средняя или максимальная концентрация примеси превышать при данных выбросах соответственно среднесуточную ПДК_{с.с} или максимальную разовую ПДК_{м.р}.

Если $PВ_{Ti} > PВ_i$, то ожидаемая концентрация примеси в воздухе может быть равна ПДК или превысит ее, и, следовательно, i -я примесь должна контролироваться.

Если $PВ_{Т1\ 1} > PВ_{Т1\ 2} > PВ_{Т1\ 3} > \dots$, то первой в список контролируемых примесей войдет примесь с наибольшим значением $PВ_{Т1}$ под номером 1, второй - примесь со следующим значением $PВ_{Т1}$ под номером 2 и т.д. Таким образом составляется первый предварительный список примесей в порядке 1, 2, 3, Если несколько примесей имеют одинаковые значения $PВ_{Т1}$, то сначала записывается примесь класса опасности 1, затем 2, 3 и 4.

На опорных стационарных постах организуются наблюдения за содержанием основных загрязняющих веществ:

пыли,

диоксида серы,

оксида углерода,

оксида и диоксида азота,

за специфическими веществами, которые характерны для промышленных выбросов многих предприятий данного населенного пункта.

На неопорных стационарных и маршрутных постах проводятся наблюдения за содержанием **специфических примесей**, характерных для близлежащих источников выбросов.

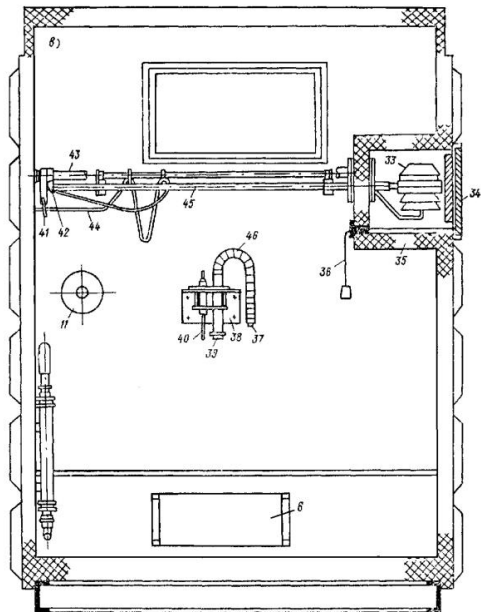
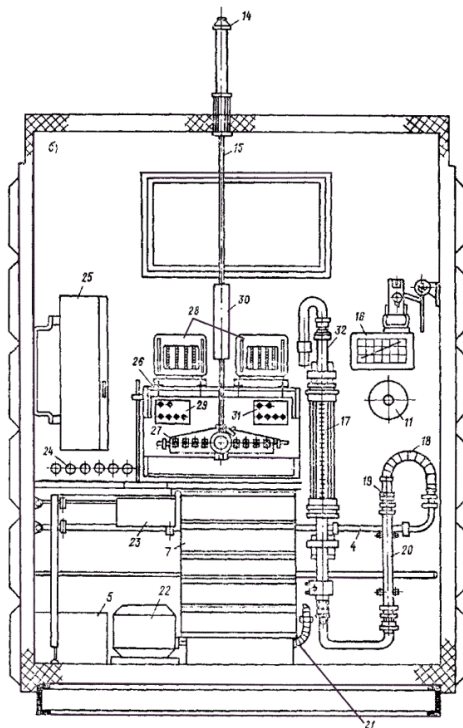
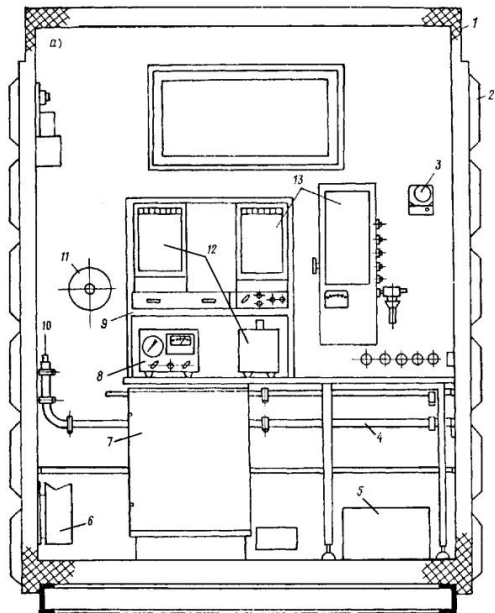
Наблюдения **за основными примесями** на этих постах проводятся по сокращенной программе или не проводятся, если среднемесячная концентрация этих веществ в течение года не превышала $0,5 * ПДК_{cc}$.

В обязательный перечень контролируемых веществ в городе включаются:

- растворимые сульфаты - в городах с населением более 100 тыс. жителей;
- формальдегид и соединения свинца - в городах с населением более 500 тыс. жителей;
- металлы - в городах с предприятиями черной и цветной металлургии;
- бенз(а)пирен - в городах с населением более 100 тыс. жителей и в населенных пунктах с крупными источниками выбросов;
- пестициды - в городах, расположенных вблизи крупных сельскохозяйственных территорий, на которых используются пестициды.

Перечень вредных веществ, подлежащих контролю, пересматривается при изменении данных инвентаризации промышленных выбросов, появлении новых источников выбросов, реконструкции предприятий, но не реже 1 раза в 6 лет.

Отбор проб воздуха для определения в нем концентрации химических соединений производится чаще всего аспирационным методом, основанным на протягивании известного объема воздуха через поглотительную систему.











Для защиты измерительных устройств от уноса капелек поглотительного раствора перед ними устанавливают поглотительные патроны, заполненные силикагелем. В ходе отбора проб необходимо следить за тем, чтобы скорость аспирации поддерживалась на заданном уровне.

Отбор проб для определения содержания газовых загрязняющих веществ проводится на практике тремя способами:

- **в жидкостные поглотители**, т. е. в стеклянные сосуды разной конфигурации, наполненные специальными растворами, способными при пропускании через них воздуха избирательно поглощать какое-либо одно вредное вещество, - CO , C_mH_n
- с помощью пленочных сорбентов **в так называемые сорбционные трубки**. В трубках стеклянные гранулы покрыты пленкой невысыхающего реагента. Развитая поверхность позволяет поглощать вредное вещество из воздуха, - NH_3 , SO_2 , NO_2
- **в резиновые камеры** или стеклянные емкости, - H_2S , HCOH , $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

Т.к. приборы с жидким поглотителем основаны на принципе абсорбции, то степень улавливания соединений в них будет зависеть от начальной концентрации соединений в газе. Применение поглотителей для отбора проб с концентрацией соединений ~ 100 мг/м³ вызывает сомнение. В этом случае более надёжен отбор проб в вакуумированные сосуды (стеклянные, металлические). Этот метод отбора проб основан на явлении адсорбции химических соединений на стенках сосуда. В результате промывания стенок имеющимся в сосуде жидким поглотителем соединения из газа переходят в жидкий поглотитель.

Для улавливания соединений из анализируемого воздуха кроме жидких поглотителей используются твердые зернистые сорбенты (силикагель, алюмогель, активный уголь и др.) в приборах с неподвижным или псевдооживленным слоем.

Внедрение методов отбора проб воздуха *на пленочные сорбенты* демонстрирует преимущество перед жидкостными поглотителями. Раствор, нанесенный на гранулы, не испаряется при высоких температурах и не замерзает при низких; сорбционные трубки можно даже хранить в холодильнике, пересылать любым транспортом.

Используют четыре способа получения результатов аналитических измерений о состоянии окружающей среды:

1. *Инструментальный контроль* основан на использовании автоматических газоанализаторов. Это приборы, в которых отбор проб, анализ контролируемого вещества, выдача и запись результатов производятся автоматически по заданной программе без участия оператора. Принцип их работы основывается на измерении теплового эффекта, электропроводности, ионного тока, оптических свойств, изменения окраски взаимодействующих веществ и т. д.

2. При *инструментально-лабораторном контроле* сначала отбираются пробы отходящих газов от источников загрязнения в заранее определенных точках, а затем они анализируются в лаборатории на соответствующих автоматических и полуавтоматических приборах.

3. *Индикаторный контроль* основан на использовании селективных индикаторных элементов, изменяющих свою окраску в зависимости от концентрации примеси в отходящих выбросах. Этот метод используется для экспресс-анализа и предварительной оценки концентрации примесей в отходящих газах.

4. *Расчетный метод контроля* применяется для определения массового выброса загрязняющих веществ по данным о составе исходного сырья и топлива, технологическом режиме, степени очистки газов пылегазоочистным оборудованием по эмпирическим зависимостям, либо по удельным выбросам вредных веществ на единицу произведенной продукции, использованного сырья, топлива, выработанной энергии и т. п. Этот метод целесообразно использовать для предварительной оценки экологичности производства, сравнения его с другими аналогичными производствами при проведении экологической экспертизы, а также в случае невозможности или экономической нецелесообразности прямых измерений.

Кроме перечисленных иногда используют метод контроля выбросов по результатам анализа фактического загрязнения атмосферы. При этом фактические уровни загрязнения атмосферного воздуха предприятием (предприятиями) в жилой зоне сравниваются с эталонными значениями, полученными расчетным методом в соответствии с ОНД-86. Этот метод целесообразно использовать для контроля работы большого количества мелких объектов, в том числе и неорганизованных источников, рассредоточенных на территории предприятия.

Инструментальный контроль оказывается более экспрессным и позволяет проводить анализы в гораздо большем числе точек отбора, чем при лабораторной сети наблюдений. При использовании инструментального контроля возможно построение экспериментальных карт содержания вредных веществ. С помощью *лабораторной сети* наблюдений возможно построение расчетных карт лишь на базе методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86).

Все многообразие методов анализа примесей можно разделить на *химические, физико-химические и биологические*. Предпочтение следует отдавать физико-химическим методам, как наиболее точным, быстрым и современным.

Для оценки экологического состояния объектов окружающей среды широкое распространение получили *оптические* методы анализа, основанные на изучении взаимодействия электромагнитного излучения с атомами или молекулами исследуемого вещества, сопровождающегося излучением, поглощением или отражением лучистой энергии.

1) Абсорбционный метод спектрального газового анализа для контроля оксида углерода.

Метод основан на свойстве молекул веществ избирательно поглощать часть проходящего через них электромагнитного излучения. **Специфичность спектра поглощения** позволяет качественно определять состав газовых смесей, а **интенсивность** абсорбционного спектра **связана с количеством** поглощающего энергию вещества.

2) *Фотометрический.*

Основан на **сравнении оптических плотностей** исследуемого и контрольных растворов. Этим методом определяется содержание практически всех газовых примесей (кроме окиси углерода), металлов, органических соединений.

3) Флуоресцентные методы газового анализа для контроля диоксида серы и сероводорода.

Явление флуоресценции – свойство возбужденных молекул вещества **испускать свет** под воздействием электромагнитного излучения. При облучении пробы газа, содержащего диоксид серы, ультрафиолетовым светом (214 нм) молекулы SO_2 переходят из возбужденного в нормальное состояние, разряжаясь частично на флуоресценцию (максимум интенсивности флуоресценции в данном случае лежит в области волн 350 нм). Интенсивность излучения, пропорциональная содержанию диоксида серы, регистрируется фотоумножителем.

4) Пламенно-фотометрический метод газового анализа для контроля диоксида серы.

Метод пламенной фотометрии основан на **внесении молекул двуокиси серы в пламя смеси водород/воздух**, при этом диоксид серы восстанавливается до атомарной серы, из которой образуются молекулы серы (S_2), часть из которых возбуждена. Возвращаясь в исходное состояние, возбужденные молекулы серы испускают характерные для серы полосы излучения между 360 и 440 нм. Интерференционный фильтр позволяет на характеристической полосе получить световой сигнал, зависящий исключительно от содержания серы в образце.

5) Электрохимические методы газового анализа.

Электрохимический метод основан на использовании химических селективных датчиков (ХСД). В зависимости от того, какие физические свойства, зависящие от адсорбированного количества вещества, измеряются, ХСД делят на потенциометрические, кулонометрические, полярографические и т.д.

По сравнению с газоанализаторами, принцип работы которых основан на других методах анализа (абсорбционном, флуоресцентном, пламенно-фотометрическом), электрохимические газоанализаторы отличаются сравнительной простотой, низкой чувствительностью к механическим воздействиям, малыми габаритами и массой, незначительным электропотреблением.

б) Хемилюминесцентный метод газового анализа для контроля окислов азота.

Метод основан на **реакции окиси азота и озона**, которые подаются одновременно в реакционную камеру, и является в настоящее время основным методом контроля окислов азота в атмосферном воздухе. Интенсивность хемилюминесцентного свечения (химической люминесценции) в области волн от 600 до 2400 нм с максимумом в районе 1200 нм, пропорциональная концентрации окиси азота, регистрируется фотоумножителем, используемым в качестве детектора.

7) Пламенно-ионизационный метод газового анализа для контроля углеводородов.

Задача контроля концентрации углеводородов избирательными методами анализа представляется **весьма сложной**, так как в воздухе одновременно может присутствовать большое число углеводородов различных классов. По этой причине распространение получил пламенно-ионизационный метод, с помощью которого измеряется **суммарная концентрация** углеводородных паров и газов.

Метод основан на ионизации углеводородов в водородном пламени и измерении тока ионизации, пропорционального содержанию углеводородов. Он отличается высокой чувствительностью и малой инертностью.

8) Метод газовой хроматографии.

Применяется для отдельного определения углеводов. Используется с пламенно-ионизационным детектором (ПИД). Метод основан на использовании свойства разделения сложных смесей на хроматографической колонне, заполненной сорбентом.

9) *Масс-спектрометрический.*

Заключается в ионизации газообразной пробы электронной бомбардировкой, после чего образующиеся ионы веществ подвергаются воздействию магнитного поля. В зависимости от массы и заряда ионы отклоняются с различной скоростью и соответствующим образом разделяются.

РАСЧЁТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ВЕЩЕСТВ

В процессе отбора пробы ее расход V измеряется реометром, ротаметром или иным прибором, температура t ($^{\circ}\text{C}$) и давление p (мм рт. ст.) газа в котором отличаются от нормальных: 273 К и 760 мм рт. ст. Для приведения к нормальным условиям используется выражение

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}$$

$$V_0 = \frac{273 \cdot p}{(273 + t) \cdot 760} V (t_2 - t_1)$$

Концентрация вредного вещества ($\text{мг}/\text{м}^3$) в отобранной и поглощенной реактивом пробе воздуха определяется по формуле

$$c = \frac{b \cdot M}{V_0 \cdot a}$$

где a - объем взятой для аналитического анализа пробы, мл;

M - масса вещества, обнаруженного в a (мл), взятых для анализа пробы, мг;

b - общий объем поглощающей жидкости в поглотительном приборе, мл.

Расчет концентрации пыли (мг/м^3) производится по аналогичному уравнению $c = \frac{m}{V_0}$, где m - масса пыли в отобранной пробе, мг.

Концентрацию i -го загрязняющего вещества в устье источника (трубы, вентшахты) можно определить, если известно секундное поступление в воздух образующегося вещества M_i , г/с, и объёмный расход выбросной пылегазовоздушной смеси в рабочих условиях V , $\text{м}^3/\text{с}$. Тогда $c_i = \frac{10^3 M_i}{V}$, мг/м^3 .

Биологические методы. Система оценки степени загрязнения атмосферного воздуха, водоемов и почвы, основанная на учете состояния соответствующих экосистем, называется **биоиндикацией**. Методы биоиндикации основываются преимущественно на двух принципах: регистрации обнаружения характерных организмов (биоиндикаторов) и анализе видовой структуры биоценозов.

Биоиндикатор – организм, вид или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которого можно с большой достоверностью судить о свойствах среды, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей.

В целях биоиндикации используются низшие и высшие растения, микроорганизмы, различные виды животных. Так, чрезвычайно чувствительными индикаторами загрязнения воздуха, учитывая особенности их биологии и физиологии, служат лишайники и мхи. Массовая гибель лишайников вызывается относительно малым уровнем загрязнения воздуха диоксидом серы. Именно по этой причине, как считают специалисты, в окрестностях крупных промышленных городов ряда западноевропейских стран почти полностью исчезли многие виды лишайников. В странах Скандинавии в качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами используют сфагновые мхи.

Многочисленные наблюдения показали, что антропогенное загрязнение атмосферы существенно воздействует на высшие растения; изменяет окраску листьев, вызывает некроз (омертвление), опадание листьев, изменение формы роста и ветвления и другие.

Например, типичными признаками повреждения при загрязнении приземного воздуха диоксидом серы являются: у сосны обыкновенной – побурение кончиков игл хвои, у ясеня – обширное междужилковое обесцвечивание листьев и т.д.

Основные растения-индикаторы загрязнения атмосферного воздуха

Химические загрязнения	Важнейшие древесные породы	С/х и декоративные растения
Диоксид серы SO ₂	Ель (европейская серебристая) Пихта европейская Сосна обыкновенная Ясень американский	Пшеница, ячмень, гречиха, горох, клевер, хлопчатник, фиалка
Фтористый водород HF	Ель европейская Пихта европейская Сосна обыкновенная Орех грецкий	Виноград, абрикос, петрушка, гладиолус, ландыш, тюльпан, нарцисс
Аммиак NH ₃	Граб обыкновенный Липа сердцевидная	Сельдерей, махорка
Хлористый водород HCl	Ель европейская Пихта кавказская Лиственница европейская Ольха клейкая Лещина обыкновенная	Фасоль обыкновенная, шпинат, редис, смородина, клубника
Озон O ₃	Сосна Веймутова	Табак, картофель, соя, томаты, цитрусовые
Тяжелые металлы	Вяз гладкий Боярышник обыкновенный	Овсяница Орхидеи

Некоторые водные организмы свидетельствуют о степени загрязнения воды (например, личинки некоторых двукрылых насекомых). В Германии разработана и широко применяется методика использования светящихся бактерий с целью индикации загрязняющих веществ в промышленных сточных водах. О чистоте воды часто судят по нормальному развитию высших ракообразных и некоторых водорослей.

Относительно новым направлением в мониторинге загрязнения водных экосистем (прежде всего пресных) является *анализ и оценка загрязненности донных отложений*. При этом загрязняющие вещества могут вступать друг с другом и с компонентами экосистемы в различные взаимодействия, в том числе химические. Тем самым донные отложения становятся источником вторичного, подчас еще более опасного, загрязнения.

КОНТРОЛЬ СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И МЕТОДЫ

Для анализа вод применяют *химические, физико-химические и бактериологические методы*, а определение их органолептических свойств основывается на использовании органов чувств исследователя.

Цвет. Качественную оценку цветности воды производят, сравнивая ее с дистиллированной водой. Для этого в стаканы из бесцветного стекла наливают исследуемую и дистиллированную воду и рассматривают их на фоне белой бумаги при дневном освещении сбоку и сверху. При наличии окраски указывают цвет воды (слабо-желтый, бурый); при её отсутствии воду называют бесцветной.

Количественно цветность воды определяют, сравнивая ее со шкалой эталонов, имитирующих цветность.

Запах. При оценке запаха сначала дают его качественную характеристику (болотный, землистый, гнилостный, рыбный, ароматический); затем оценивают запах воды по пятибалльной системе. Для этого воду наливают в колбу до $2/3$ объема и сильно встряхивают в закрытом состоянии, затем открывают колбу и сразу же отмечают интенсивность запаха. Наличие запаха в очищенных водах свидетельствует о недостаточной степени очистки или неполном удалении использованных при очистке реагентов (например, хлора).

Прозрачность. Прозрачность воды определяют по предельной высоте столба воды, через который просматривается рисунок: черный крест с толщиной линий 1 мм и четыре черных кружочка диаметром 1 мм на белом фоне. Определение выполняют в цилиндре высотой 350 см, на дне которого лежит фарфоровая пластинка с рисунком. Питьевая вода должна иметь прозрачность по кресту не менее 300 см.

Мутность. Наличие в воде мути объясняется недостаточной степенью удаления грубодисперсных неорганических и органических примесей. Мутность можно определить, отделив взвеси фильтрованием через плотный фильтр.

Сухой остаток. Сухой остаток характеризует количество нелетучих веществ, содержащихся в сточных водах. Его выделяют выпариванием взятого объема анализируемой воды.

Кислотность. Кислотность воды обусловлена присутствием в ней свободной угольной кислоты, а также других кислот или кислых солей. Перед сбросом кислых стоков в водоем кислотность должна быть нейтрализована.

Щелочность. Щелочность воды зависит от присутствия в ней свободных щелочей и щелочных солей. Общая щелочность сточных вод определяется путем титрования воды соляной кислотой.

Степень кислотности или щелочности сточных вод (рН) определяют с помощью специальных приборов – рН-метров.

Контроль активной реакции среды сточных вод необходим не только на выходе из очистных сооружений, но и на входе в них, поскольку для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих биохимическую очистку воды, требуется реакция среды, близкая к нейтральной (рН ~ 6,5...8,5). При резком отклонении рН от этих значений процесс биохимической очистки может нарушиться и даже полностью прекратиться.

Азот. При анализе сточных вод определяют содержание азота аммонийного (NH_4^+) и азота нитритов и нитратов (NO_2^- , NO_3^-).

Обычно концентрацию ионов NH_4^+ определяют методом, основанным на реакции ионов NH_4^+ с реактивом (K_2 , $[\text{HgI}_4]$), на фотоколориметре.

Метод определения NO_2^- основан на образовании азотсоединения красного цвета при взаимодействии нитритов с сульфаниловой кислотой.

Окисляемость. Окисляемость воды обусловлена наличием в ней органических веществ и легко окисляющихся неорганических соединений (Fe^{2+} , сульфитов, нитритов, сероводорода и др.) и выражается массой кислорода, потраченного на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды ($\text{мг O}_2/\text{л}$). При ее определении в качестве окислителя органических веществ применяют KMnO_4 .

Химическая потребность в кислороде (ХПК). ХПК даёт представление о содержании в воде органических веществ, способных окисляться, и определяется титрометрически с использованием в качестве окислителя дихромата калия.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК). БПК – показатель, используемый для характеристики степени загрязнения сточных вод органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода. БПК показывает, какое количество кислорода (мг/л) расходуется аэробными микроорганизмами на окисление органических примесей.

Полное биохимическое окисление органических веществ в воде требует длительного времени. В лабораторных условиях обычно определяют биохимическое потребление кислорода за 5 суток – БПК₅. Сущность метода сводится к тому, что в анализируемой воде определяют содержание растворенного кислорода до и после выдерживания в термостате при температуре 20°C.

Жесткость. Важнейшим показателем качества воды является жесткость – содержание в ней хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов кальция и магния. Различают карбонатную жесткость, обусловленную присутствием в воде гидрокарбонатов Са и Mg, и некарбонатную, вызываемую присутствием в воде хлоридов и сульфатов Са и Mg.

Наряду с перечисленными выше показателями в сточных водах определяют содержание сульфатов, хлоридов, фосфатов, кислорода и свободного хлора.

По содержанию *сульфатов* судят о минеральном составе воды: их повышенное содержание свидетельствует о попадании в коммунально-бытовые стоки морских вод или промышленных сточных вод.

Определение концентрации *хлоридов* позволяет контролировать постоянство солевого состава сточной воды. В процессе очистки ее солевой состав практически не меняется, а снижается лишь содержание органических веществ. Поэтому резкое увеличение концентрации хлоридов свидетельствует о сбоях в работе очистных сооружений или попадании в сточные воды посторонних загрязняющих веществ.

Для нормального функционирования биохимической очистки требуется, чтобы содержание *фосфатов* в сточных водах было не ниже 3 мг/л в пересчете на P_2O_5 , так как фосфор необходим для микроорганизмов.

Контроль работы очистных сооружений и качества очищенных вод наряду с определением общих показателей предусматривает и определение загрязняющих веществ, специфических для каждого отдельного производства (тяжелых металлов, цианидов, фенолов, нефтяных углеводородов).

Методом *газожидкостной хроматографии* в сточных водах определяют органические кислоты, спирты, альдегиды, сложные эфиры, фенолы и другие органические соединения, нефтепродукты, фенолы.

Полярография позволяет сделать вывод о том, какие ионы и в каких концентрациях присутствуют в растворе. К преимуществам полярографии следует отнести возможность определения ряда ионов, присутствующих в растворе, без их предварительного разделения и возможность осуществления большого числа повторных измерений в одной и той же пробе. Метод полярографии используется для определения содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, меди, цинка, кобальта, никеля, титана, хрома, марганца). Кроме металлов полярографическим методом определяют поверхностно-активные вещества, ароматические углеводороды, нитраты.

Метод *ионометрии* основан на использовании селективных электродов, представляющих собой электрохимические полуэлементы, для которых разность потенциалов на границе раздела фаз электродный материал-электролит зависит от активности определяемого иона в исследуемой среде. Он используется в анализе сточных вод для определения фтора, нитратов.

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ СТОЧНЫХ ВОД

Систематический анализ состава сточных вод, сбрасываемых предприятиями, необходим:

- для проверки эффективности работы сточных сооружений;
- оценки воздействия сбрасываемых сточных вод на водоприемники;
- разработки мероприятий по совершенствованию работы очистных сооружений.

Контроль за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод имеет целью прекращение или предупреждение загрязнения водоемов и водотоков неочищенными и недостаточно очищенными сточными водами. При обследовании очистных сооружений необходимо:

1. изучить проектные данные, технологическую схему и регламент работы очистных сооружений; ознакомиться с паспортом сооружений по очистке и обезвреживанию сточных вод и ранее выданным разрешением на сброс очищенных стоков, а также проверить выполнение ранее выданных предписаний в части улучшения работы очистных сооружений;

2. оценить эффективность работы лаборатории, осуществляющей контроль за функционированием очистных сооружений. При этом необходимо проверить оснащенность лаборатории необходимым оборудованием, соблюдение согласованных с органами водного надзора методик, периодичность и объем производимых анализов сточных вод, правильность порядка отбора проб, правильность ведения отчетной документации;

3. проверить соблюдение регламентов на эксплуатацию каждого сооружения и организацию учета объемов очищаемой воды;
4. установить соответствие эксплуатируемых очистных сооружений проектным решениям.

При необходимости следует провести отбор и анализ проб сточных вод для определения степени их очистки как на очистных сооружениях в целом, так и по отдельным звеньям. Место, время и способ отбора проб определяются целью проверки: их устанавливают в каждом отдельном случае с учетом режима работы очистных сооружений и возможных колебаний во времени состава и расхода сточных вод. В обязательном порядке отбирают пробы на входе и выходе очистного сооружения или проверяемого звена с учетом времени прохождения воды через сооружение.

По результатам анализов оценивают эффективность работы очистных сооружений и достаточность очистки сточных вод.

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Мониторинг - система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием антропогенного воздействия.

Постоянный мониторинг окружающей среды осуществляют для оценивания возможных изменений физических, химических и биологических процессов в целях предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций, принятия мер по ликвидации вредных последствий, обеспечения заинтересованных организаций и населения информацией о состоянии окружающей среды и техногенном воздействии на нее.

Различают следующие ***виды мониторинга***:

глобальный (предусматривает слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере и осуществление прогноза возможных изменений).

Основными направлениями глобального мониторинга в нашей стране является изучение:

- глобальных изменений вследствие загрязнений, например, изменений климата;
- эффектов, связанных с распространением загрязнений на большие расстояния, включая трансграничный перенос, например, закисление почв под влиянием выбросов в атмосферу соединений серы;
- результатов антропогенных воздействий, которым свойственна большая инерционность эффекта, например эффект накопления хлорорганических пестицидов.

региональный (*геосистемный, природно-хозяйственный*)
(охватывает отдельные регионы, в пределах которых наблюдаются процессы и явления, отличающиеся по природному характеру или антропогенным воздействиям от естественных биологических процессов. Это например природные зоны, ландшафтные комплексы, рекреационные территории вокруг городов и т.п.);

импактный (предусматривает непрерывную диагностику всех видов экологических аномалий и чрезвычайных ситуаций в республике; непрерывный инструментальный контроль экологически опасных объектов и территорий);

мониторинг чрезвычайных ситуаций (включает в себя оперативное получение объективных данных о состоянии и динамике развития обстановки и принятия решений при возникновении аварий, катастроф, стихийных бедствий, эпидемий);

локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический) (представляет собой наблюдения за отдельными объектами, например, лесными, водными, которые чаще всего подвержены интенсивным антропогенным воздействиям. Его конечная цель состоит в обеспечении такой стратегии хозяйствования, при которой концентрации приоритетных загрязняющих веществ антропогенного происхождения не выходят за допустимые пределы (т.е. ПДК));

базовый (предусматривает слежение за состоянием систем удаленных от промышленных регионов территорий, в том числе биосферных заповедников, на которые практически не накладываются региональные антропогенные воздействия).

В соответствии с административным делением:

- районный;
- национальный (республиканский);
- межнациональный.

По методам проведения:

- **дистанционный** (авиационный, космический, получение данных через посредника – излучение, например, радиолокация, лазерное зондирование, фото- и видеосъемка и др.

Авиационный мониторинг ориентирован на региональные или локальные явления. Например, он широко используется в целях инвентаризации лесов, выявления площадей, пораженных пожарами, промышленными загрязнениями, вредителями.

Космический мониторинг позволяет проводить планомерные широкомасштабные исследования природных ресурсов, окружающей среды, изучать результаты воздействия на нее хозяйственной деятельности. С помощью спутниковых данных изучают изменение границы тундры и лесотундры (это характеризует динамику глобального потепления), динамику и состояние лесов, определяют очаги распространения вредителей сельскохозяйственных культур, отслеживают динамику растительности);

- **контактный** (наземный) (проводится, во-первых, для уточнения данных, полученных с космических или авиационных аппаратов, а во-вторых, для наблюдений, которые не могут быть осуществлены другими методами. К таковым, например, может быть отнесено определение физических или химических параметров приземного слоя воздуха и почв, растительности или вод. При этом используют химические (отбор проб и анализ) и биологические методы (биоиндикация)). Анализ проводят в специализированных лабораториях Министерства здравоохранения.

Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (НСМОС) - совокупность систем наблюдения, оценки и прогноза состояния природных сред и явлений, а также биологических откликов на изменение окружающей среды под влиянием естественных и техногенных факторов.

Руководство системой осуществляет Министерство природных ресурсов, функции проведения мониторинга загрязнения окружающей среды возложены на Белгидромет.

Задачи НСМОС:

- Ø регулярно наблюдать за состоянием природных экосистем;
- Ø сбор, обработка, хранение и использование экологической информации;
- Ø выявлять критические ситуации и источники экологической опасности;
- Ø определять структуру сети мониторинга;
- Ø оповещать о катастрофах, стихийных бедствиях и экологически опасных явлениях;
- Ø подготавливать информацию для органов управления и общественности.

Информация общего назначения, полученная в процессе экомониторинга, представляется:

- бесплатно – органам государственной власти и органам единой государственной системы по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- за плату (возмещающую расходы на её подготовку, копирование и передачу по действующим системам связи) всем другим пользователям.