

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ
Сборник учебно-методических материалов
для направления подготовки 20.03.01 — Техносферная безопасность

Благовещенск, 2017

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
Университета

Составители: Булгаков А.Б.

Мониторинг среды обитания: сборник учебно-методических материалов для
направления подготовки 20.03.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – 193
с.

© Амурский государственный университет, 2017

© Кафедра Безопасности жизнедеятельности в техносфере, 2017

© Булгаков А.Б., составление

СОДЕРЖАНИЕ

1. Краткое изложение лекционного материала	4
2. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий по дисциплине	184
3. Методические рекомендации для выполнения самостоятельной работы	190

1. Краткое изложение лекционного материала

Раздел 1. Теоретические основы мониторинга среды обитания

Тема 1. Введение в дисциплину “Мониторинг среды обитания”

План:

1. Основные термины и определения
2. Цели и задачи мониторинга среды обитания
3. Классификация систем мониторинга среды обитания
4. Критерии и оценки качества среды обитания

1. Основные термины и определения

Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об охране окружающей среды» устанавливает следующие основные понятия:

- окружающая среда - совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов;

- природная среда (далее также - природа) - совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов;

- компоненты природной среды - земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле;

- природный объект - естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства;

- природно-антропогенный объект - природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение;

- антропогенный объект - объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов;

- естественная экологическая система - объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией;

- природный комплекс - комплекс функционально и естественно связанных между собой природных объектов, объединенных географическими и иными соответствующими признаками;

- природный ландшафт - территория, которая не подверглась изменению в результате хозяйственной и иной деятельности и характеризуется сочетанием определенных типов рельефа местности, почв, растительности, сформированных в единых климатических условиях;

- охрана окружающей среды - деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных объединений и некоммерческих организаций, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий (далее также - природоохранная деятельность);

- качество окружающей среды - состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью;

- благоприятная окружающая среда - окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов;

- негативное воздействие на окружающую среду - воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды;

- природные ресурсы - компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность;

- использование природных ресурсов - эксплуатация природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот, в том числе все виды воздействия на них в процессе хозяйственной и иной деятельности;

- загрязнение окружающей среды - поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

- загрязняющее вещество - вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

- нормативы в области охраны окружающей среды - установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие;

- нормативы качества окружающей среды - нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда;

- нормативы допустимого воздействия на окружающую среду - нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды;

- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду - нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие;

- нормативы допустимых выбросов - нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для выброса в атмосферный воздух стационарными источниками;

- нормативы допустимых сбросов - нормативы сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для сброса в водные объекты стационарными источниками;

- нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (далее также - нормативы предельно допустимых концентраций) - нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем;

- нормативы допустимых физических воздействий - нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды;

- лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов (далее также - лимиты на выбросы и сбросы) - ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды;

- оценка воздействия на окружающую среду - вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления;

- государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) - комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды;

- контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) - система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований, в том числе нормативов и нормативных документов, федеральных норм и правил, в области охраны окружающей среды. Различают:

- 1) государственный экологический контроль;
- 2) производственный экологический контроль;
- 3) общественный экологический контроль.

Более подробно об экологическом контроле см. дисциплину «Надзор и контроль в сфере безопасности»;

- требования в области охраны окружающей среды (далее также - природоохранные требования) - предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, нормативами в области охраны окружающей среды, федеральными нормами и правилами в области охраны окружающей среды и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды;

- экологический аудит - независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований, в том числе нормативов и нормативных документов, федеральных норм и правил, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности;

- наилучшая доступная технология - технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения;

- вред окружающей среде - негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов;

- экологический риск - вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера;

- объекты природного наследия - природные объекты, природные памятники, геологические и физиографические образования и строго ограниченные зоны, природные достопримечательные места, подпадающие под критерии выдающейся универсальной ценности и определенные Конвенцией об охране всемирного культурного и природного наследия;

- объекты всемирного природного наследия - объекты природного наследия, включенные в Список всемирного наследия;

- экологическая безопасность - состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий;

- вещества, разрушающие озоновый слой (далее - озоноразрушающие вещества), - химические вещества и их смеси, перечень которых определяется Правительством Российской Федерации в соответствии с международными договорами Российской Федерации в области охраны озонового слоя атмосферы;

- технологические нормативы - нормативы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, нормативы допустимых физических воздействий, которые устанавливаются с применением технологических показателей;

- технологические показатели - показатели концентрации загрязняющих веществ, объема и (или) массы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, образования отходов производства и потребления, потребления воды и использования энергетических ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги;

- стационарный источник загрязнения окружающей среды (далее - стационарный источник) - источник загрязнения окружающей среды, местоположение которого определено с применением единой государственной системы координат или который может быть перемещен посредством передвижного источника загрязнения окружающей среды;

- передвижной источник загрязнения окружающей среды - транспортное средство, двигатель которого при его работе является источником загрязнения окружающей среды.

Также в литературе можно встретить следующие определения:

- «Под мониторингом среды обитания и загрязнениями и эффектами, вызываемыми им, понимают комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменения состояний биосферы или её отдельных элементов под влиянием антропогенных воздействий (академик Ю.А. Израэль, 1974г.);

- «Мониторинг – это система регулярных длительных наблюдений в пространстве и во времени, дающая информацию о прошлом и настоящем состояниях ОС, позволяющая прогнозировать изменения её параметров, имеющих особое значение для человечества (ЮНЕСКО).

2. Цели и задачи мониторинга среды обитания

Основные задачи мониторинга среды (окружающей среды) обитания:

1. Наблюдение за источниками, факторами антропогенного воздействия на окружающую среду и реакцией (откликом) объектов живой природы, в том числе человека, на это воздействие.

2. Оценка по данным наблюдений и прогнозирование уровня антропогенного воздействия на окружающую среду, её состояния и изменений в результате этого воздействия, оценка и анализ природных процессов, а также экологического риска.

3. Прогнозирование антропогенных воздействий, природных процессов, ведущих к дегармонизации связей и нарушению саморегуляции биологических систем, состояния окружающей среды и возможных в ней изменений.

4. Информационное обеспечение подготовки принятия управленческих решений по охране природы и здоровья человека, регулирование и восстановление качества окружающей среды, нормализация экологической обстановки в экстремальных случаях.

Цели мониторинга среды обитания:

1. Оценка наблюдаемых изменений в окружающей среде и выявление эффекта деятельности человека.

2. Прогноз предполагающихся изменений в окружающей среде.

3. Разработка стратегии оптимальных отношений общества и окружающей среды.

4. Принятие решений для предотвращения отрицательных последствий деятельности человека.

Структурная схема мониторинга среды обитания приведена на рисунке 1. Составные части мониторинга окружающей среды:

1. Наблюдение за состоянием природной среды и за факторами, воздействующими на неё.

2. Оценка фактического состояния окружающей среды.

3. Прогноз состояния окружающей среды.

4. Формирование информации и предоставление её в заинтересованную структуру управления.

Блок «Наблюдение» (1-ая задача мониторинга) - выполняет функции по наблюдению:

- за источниками антропогенных воздействий, куда следует отнести объекты различных народно-хозяйственных комплексов; объекты хозяйственно-бытового и иного назначения, являющиеся элементами (источниками) вредных химических, радиоактивных, биологически опасных веществ; пожаро- и взрывоопасные объекты; транспортные средства всех видов, а также различные виды хозяйственной деятельности, связанные с использованием вредных веществ;

- за факторами антропогенных воздействий: химическими и физическими, включая поля концентрации вредных химических и радиационных веществ, различного рода физические поля (ЭМП, акустическое, тепловое и т.д.), а так же факторами механического воздействия биологически активных веществ;

- за эффектами, вызываемыми в окружающей среде антропогенными воздействиями, в частности, за реакциями биологических систем, и прежде всего человека на эти воздействия.

Блок 2 «Оценка фактического состояния» (2-ая задача мониторинга) - связана с оценкой состояния окружающей среды и происходящими в ней изменениями, т.е. по данным наблюдений определяются характеристики и показатели качества природной среды, отражающие тем или иным образом степень саморегуляции естественных процессов, протекающих в экологических системах и структурных элементах биосферы, состояние здоровья людей, а так же мера его ухудшения и зависящие от уровня и характера антропогенного воздействия.

Блок 3 «Прогноз состояния» (3-ая задача мониторинга) - выполняет функции прогнозирования состояния окружающей среды, распознавания тенденций и логики развития изменения в этом состоянии. Прогнозирование даёт возможность максимально уменьшить влияние неопределённостей на принятие управленческих решений по проведению природоохранных мероприятий, сохранению здоровья людей и нормализации экологической обстановки.

Блок 4 «Регулирование качества окружающей среды» (4-ая задача мониторинга).

Формы представления информации:

1) твердая копия:

- в табличном виде;
- в текстовом виде;
- в виде карт с пояснительной запиской;
- комбинированно;

2) в электронном виде.



Рисунок 1 – Схема мониторинга среды обитания

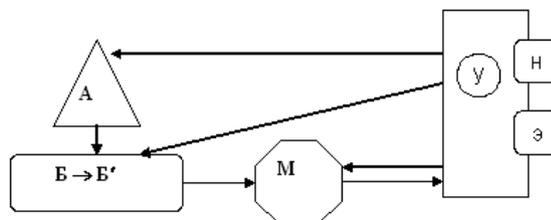
Категории информации о загрязнении ОС по степени срочности:

- экстренная информация, содержащая сведения о резких изменениях уровня загрязнения, требующая безотлагательного принятия мер, немедленно сообщается местным и центральным органам. Экстремально высокое загрязнение - это загрязнение когда концентрация загрязняющего вещества превышает уровень ПДК в(20-29) раз при сохранении в течение 2 суток или в(30-49) раз от 8 часов и более;

- оперативная информация, охватывающая месячный период наблюдений, перерабатывается на местах и в центральных организациях Росгидромета, сообщается в местные и центральные организации;

- режимная информация, охватывающая годовой период наблюдения и отражающая общее состояние, тенденции в изменении загрязнения природных сред, служит для планирования мероприятий по охране окружающей среды на длительные сроки.

Место системы мониторинга ОС в системе управления состоянием природной среды (см. рисунок 2, рисунок 3).



А – антропогенное воздействие; Б – элемент биосферы с уровнем состояния Б;
 Б' - изменённое состояние элемента биосферы; М – система мониторинга;
 У – блок управления; Э – экономические возможности;
 Н – уровень научно-технических разработок

Рисунок 2 – Место мониторинга среды обитания в системе управления состоянием природной среды

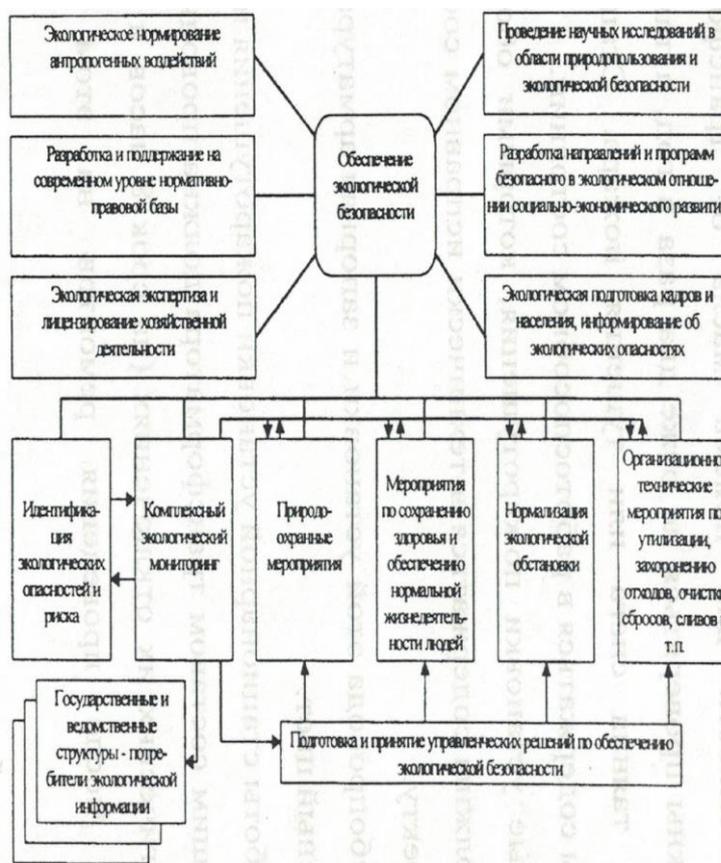


Рисунок 3 - Структурно-функциональную схему системы обеспечения экологической безопасности в Российской Федерации

3. Классификация систем мониторинга среды обитания

1. По объектам наблюдения

Объекты мониторинга: атмосфера; атмосферные осадки (снег, дождь и т.п.); поверхностные воды суши; поверхностные воды океана и моря; подземные воды; составляющие климатической системы; источники загрязнения (стационарные, подвижные); здоровье населения; природные ЧС и т.д.

В этом случае различают следующие виды мониторинга:

1.1. Атмосферный;

1.2. Водный;

1.3. Почвенный;

1.4. Климатический;

1.5. Растительности;

1.6. Животного мира;

1.7. Здоровья населения и т.п.

2. По факторам наблюдения:

2.1. Ингредиентный (содержание загрязняющих веществ в почве, воде, атмосферном воздухе и т.д.);

2.2. Мониторинг физических факторов (электромагнитных излучений, шума, вибрации и т.д.).

3. По источникам загрязнения:

3.1. Мониторинг стационарных источников загрязнения (точечные, например, дымовая труба; линейные, например, склад угля на ТЭЦ);

3.2. Мониторинг передвижных источников загрязнения (транспорт);

3.3. Мониторинг пространственных источников загрязнения (города, населённые пункты, поля с внесёнными химическими веществами, свалка).

4. По масштабам воздействия:

4.1. Пространственный;

4.2. Временной.

5. По характеру обобщения информации:

5.1. Глобальный мониторинг – это слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере Земли, включая все её компоненты и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях;

5.2. Фоновый (базовый) мониторинг – это слежение за обще биосферными, в основном природными, явлениями без наложения на них региональных антропогенных влияний;

5.3. Национальный мониторинг – мониторинг в масштабах страны;

5.4. Региональный мониторинг – слежение за процессами и явлениями в пределах какого-либо региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы;

5.5. Локальный мониторинг – это мониторинг воздействия конкретного антропогенного источника;

5.6. Импактный мониторинг – это мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и местах.

6. По методам наблюдений:

6.1. Мониторинг по физико-химическим показателям;

6.2. Мониторинг по биологическим показателям;

6.3. Дистанционный мониторинг.

Дистанционный мониторинг – авиационный и космический мониторинг с применением аппаратов, оснащённых радиометрической аппаратурой, способных осуществлять зондирование изучаемых объектов и регистрацию опытных данных.

7. Комплексный экологический мониторинг – это организация системы наблюдений за состоянием объектов окружающей природной среды для оценки их фактического уровня загрязне-

ния и предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных для здоровья людей и других живых организмов.

При проведении комплексного экологического мониторинга:

7.1. Проводится постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов, а так же оценка состояния и функциональной целостности экологической системы;

7.2. Создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

Система комплексного экологического мониторинга предусматривает:

1. Выделение объекта наблюдения;
2. Обследование выделенного объекта наблюдения;
3. Составление для объекта наблюдения информационной модели;
4. Планирование измерений;
5. Оценку состояния объекта наблюдения и идентификацию его информационной модели;
6. Прогнозирование изменений состояния объекта наблюдения;
7. Представление информации в удобной для использования форме и доведение её до потребителя.

Основные цели комплексного экологического мониторинга состоят в том, чтобы на основании полученной информации:

1. Оценить показатели состояния функциональной целостности экосистемы и среды обитания человека;
2. Выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, а так же определить корректирующие меры в тех случаях. Когда целевые показатели экологических условий не достигаются;
3. Создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесён ущерб.

4. Критерии и оценки качества среды обитания

Критерии качества среды обитания смотри дисциплину «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности». Если рассматривать воздушную среду то установлены следующие нормативы:

а) для населённых мест, мг/м³

- предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК_{сс});
- предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_{мр}).

ПДК_{сс} - это такая концентрация, которая не должна оказывать на человека прямо или косвенного вредного воздействия при неограниченном количестве вдыхания (24 ч/сутки).

ПДК_{мр} - это такая концентрация, которая при вдыхании в течение 20 минут не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

б) для воздуха рабочей зоны, мг/м³

- предельно допустимая концентрация среднесменная (ПДК_{сс});
- предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_{мр}).

ПДК_{сс} – это концентрация, которая при ежедневной работе в пределах 8 часов или иной продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать в состоянии здоровья настоящего и последующего поколений заболеваний или отклонений, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы.

Если в воздухе имеется *n* веществ, то для веществ направленного действия в атмосферном воздухе населённых мест должно выполняться следующее условие:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1.$$

Если это курортная зона, то

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 0,8.$$

На территории промышленного предприятия:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 0,3.$$

Если в воздухе находятся вещества и они не однонаправленного действия, то для воздуха населённых мест и рабочей зоны должно выполняться условие:

$$C_i \leq ПДК_i.$$

Если же вещества обладают потенцированным действием (усиление воздействия одного вещества другим), то

$$\sum_{i=1}^n \frac{K_i \cdot C_i}{ПДК_i} \leq 1,$$

где

K_i – коэффициент усиления;

C_i – концентрация i -го вещества;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества.

Тема 2. Глобальный мониторинг

План:

1. История создания глобальной системы мониторинга
2. Задачи и цели глобальной системы мониторинга
3. Перечень приоритетных загрязнителей окружающей среды, подлежащих определению в рамках глобального мониторинга ОС

1. История создания глобальной системы мониторинга

В 1971 г. Международный совет научных союзов впервые сформулировал принципы построения глобальной системы мониторинга состояния биосферы и определил показатели, за которыми следует установить постоянные наблюдения и контроль. В 1972 г. Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде одобрила эти основные принципы, а в рамках Программы ЮНЕП (Программа ООН по проблемам окружающей среды) в 1973-1974 гг. были разработаны основные положения создания Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС). При создании ГСМОС было рекомендовано опираться на существующие национальные системы.

2. Задачи и цели глобальной системы мониторинга

На совещании в Найроби (1974 г.) определены следующие задачи ГСМОС:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат;
- оценка количества и распределения загрязнителей биосферы, особенно пищевых цепей;
- оценка критических проблем, возникающих в связи с сельским хозяйством;
- оценка реакции наземных экосистем на загрязнение окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и его влияния на морские экосистемы;

- создание и усовершенствование системы предупреждения о стихийных бедствиях в международном масштабе.

При этом конечные цели ГСМОС:

- установление уровней выбросов загрязнителей в определенной среде, их распределения в пространстве и времени;
- знание скоростей и величин потоков выбрасываемых загрязнителей и вредных продуктов их превращений;
- обеспечение сравнения методик пробоотбора и анализов, принятых в различных странах, обмен опытом организации мониторинга;
- обеспечение информацией о загрязнителях в глобальном и региональном масштабе для принятия решений по управлению при борьбе с загрязнениями.

3. Перечень приоритетных загрязнителей окружающей среды (ОС), подлежащих определению в рамках глобального мониторинга ОС

Перечень приоритетных загрязнителей ОС:

- в воздухе — взвешенные частицы, оксиды серы, азота и углерода, озон, сульфаты, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-бенз(а)пирен, ДЦГ и другие пестициды;
- в атмосферных осадках — свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, сульфаты, 3,4-бенз(а)пирен, ДДТ и другие пестициды, рН, главные катионы и анионы (катионы калия, натрия, магния и кальция, сульфат-, хлорид-, нитрат- и гидрокарбонат анионы);
- в пресных водах, в донных отложениях и почве — свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-бенз(а)пирен, ДЦГ и другие пестициды, биогенные элементы (фосфор, азот, кремний);
- в биоте — свинец, кадмий, ртуть и мышьяк, 3,4-бенз(а)пирен, ДДТ и другие пестициды.

Как видно, принятая международным сообществом глобальная система предусматривает мониторинг техногенных загрязнений химического характера.

Тема 3. Национальная система экологического мониторинга

План:

1. История создания.
2. Задачи ЕГСЭМ.
3. Подсистемы ЕГСЭМ.
4. Объекты ЕГСЭМ.
5. Организация и осуществление государственного мониторинга.
6. Структура национальной системы.
7. Фоновый мониторинг.
8. Региональный мониторинг.
9. Локальный мониторинг.

1. История создания

С 1972 г. бывший СССР стал активным участником Программы ООН по окружающей среде. На его территории в 1970-е годы на базе станций гидрометеослужбы (сейчас это Росгидромет) была организована «Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды» (ОГСНК), для чего была создана сеть станций наблюдений, аналитических центров и лабораторий (рисунок 4).

В ОГСНК предусмотрены несколько уровней:

- станции наблюдения (первичные пункты), осуществляющие наблюдение, обработку и обобщение данных;
- территориальные и региональные центры, выполняющие обобщение, анализ материалов, составление местных прогнозов и оценку состояния окружающей среды на своей территории;
- Гидрометцентр и другие головные центры(НИИ).

Вид загрязняющих веществ определяется экономикой региона и местными источниками воздействия, поэтому при разработке программ мониторинга приоритеты могут быть изменены общественными организациями.

Сеть пунктов службы была организована в столицах союзных республик, автономных республик, на водных объектах и сельскохозяйственных зонах подверженных загрязнению промышленными выбросами, сточными водами, ядохимикатами и другими загрязняющими веществами.



Рисунок 4 - Иерархический принцип построения ОГСНК

Основные задачи ОГСНК:

- 1) наблюдение и контроль за уровнем загрязнения атмосферы, почв и водных объектов по химическим, физическим, и гидробиологическим показателям;
- 2) информирование органов власти и населения об уровнях загрязнения атмосферы, почвы и воды.

С 1993 года в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177 «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)» государственный мониторинг проводится в рамках Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ). С 2013 г. введено новое положение о ЕГСЭМ, которое утверждено Постановлением Правительства РФ от 9 августа 2013 г. № 681.

В конце 1980-х годов в СССР действовало 1200 стационарных и несколько сотен маршрутных пунктов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в 570 городах; 3245 пунктов на 2236 водных объектах; более 1200 станций измерения загрязнения на море; ежегодно обследовалось около 80 тыс. га земель на территории 841 хозяйств в 504 районах страны.

В настоящее время в РФ наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся в 334 городах, в том числе на стационарных постах и регулярно в 225 городах и поселках (обычно измеряются концентрации (5-25) веществ). Загрязнения поверхностных вод суши контролируются по всем основным водотокам и водоемам по 158 гидрохимическим показателям; на 220 водных объектах проводятся гидробиологические наблюдения, 623 морские станции ведут наблюдения за загрязнением морской среды по гидрохимическим показателям. Пробы для определения загрязнения почв в отдельные годы отбираются в (300-500) хозяйствах. На западной границе России на трех станциях проводятся наблюдения за трансграничным переносом вредных веществ, отбираются пробы на атмосферный аэрозоль, диоксиды серы и азота, а также на загрязнение атмосферных осадков.

Контроль за загрязнением снежного покрова осуществляется на 645 метеостанциях, где определяются ионы сульфата, нитрата, аммония, значения pH, а также бенз(а)пирен и тяжелые металлы. Кроме того, на более чем 1300 метеостанциях определяют уровни радиации на местности, на 50 из них – концентрации радионуклидов. Слежение за состоянием растительного покрова осуществляется на не менее чем 40 постах наблюдения. Систематические наблюдения за опасными экзогенными геологическими процессами (оползни, сели, карст, лавины и т. д.) ведутся на 550 пунктах.

Сравнение показателей сети мониторинга конца 1980-х годов и начала XXI в. оказывается не в пользу последних: при сокращении площади страны не менее чем на 1/4 сократилось количество пунктов, постов наблюдения и морских станций более чем на половину. Если сравнить густоту сети мониторинга РФ с густотой сетей мониторинга развитых стран (например, ФРГ), то выясняется, что Россия уступает этим странам на порядок: если в ФРГ соотношение количества постов и пунктов наблюдения и площади страны позволяет говорить о формировании сети мониторинга с размером ячейки (50×50) км², то в России этот показатель – (500×500) км².

2. Задачи ЕГСЭМ

Задачами ЕГСЭМ (государственного мониторинга окружающей среды) являются:

- регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды;

- хранение, обработка (обобщение, систематизация) информации о состоянии окружающей среды;

- анализ полученной информации в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений;

- обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды.

3. Подсистемы ЕГСЭМ.

ЕГСЭМ (государственного мониторинга окружающей среды) включает в себя следующие подсистемы:

- 1) государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды;
- 2) государственного мониторинга атмосферного воздуха;
- 3) государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации;
- 4) государственного мониторинга земель;
- 5) государственного мониторинга объектов животного мира;
- 6) государственного лесопатологического мониторинга;
- 7) государственного мониторинга воспроизводства лесов;
- 8) государственного мониторинга состояния недр;
- 9) государственного мониторинга водных объектов;
- 10) государственного мониторинга водных биологических ресурсов;
- 11) государственного мониторинга внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации;
- 12) государственного мониторинга исключительной экономической зоны Российской Федерации;
- 13) государственного мониторинга континентального шельфа Российской Федерации;
- 14) государственного экологического мониторинга уникальной экологической системы озера Байкал;
- 15) государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания.

4. Объекты ЕГСЭМ

Объектами государственного мониторинга являются:

- атмосферный воздух;
- почвы;
- поверхностные воды водных объектов (в том числе по гидробиологическим показателям);
- озоновый слой атмосферы;
- ионосфера;
- околоземное космическое пространство.

5. Организация и осуществление государственного мониторинга

Организацию и осуществление государственного мониторинга обеспечивает Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) с участием других уполномоченных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации.

Государственный мониторинг осуществляется на основе государственной системы наблюдений, включающей в себя:

- стационарные пункты наблюдений за состоянием окружающей среды;
- подвижные пункты наблюдений за состоянием окружающей среды.

Государственная система наблюдений включает в себя государственную наблюдательную сеть, формирование и функционирование которой обеспечивается:

- Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- а также территориальные системы наблюдений за состоянием окружающей среды, формирование и обеспечение функционирования которых осуществляется органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

При формировании государственной системы наблюдений учитываются пункты и системы наблюдений за состоянием окружающей среды в районах расположения объектов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду и владельцы которых в соответствии с федеральными законами осуществляют мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды в зоне воздействия этих объектов.

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с участием других уполномоченных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» при осуществлении государственного мониторинга обеспечивает:

1) проведение наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды, оценку происходящих в ней изменений, а также прогнозирование следующих опасных явлений и факторов:

- 1.1) опасные природные явления, приводящие к стихийным бедствиям;
- 1.2) неблагоприятные природные условия для отдельных направлений хозяйственной деятельности;
- 1.3) химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение, физические, химические и биологические (для поверхностных водных объектов) процессы;
- 1.4) изменение компонентов природной среды, приводящее в том числе к изменению климата;

2) предоставление органам государственной власти Российской Федерации, органам государственной власти субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления сведений о фактическом состоянии окружающей среды, а также информации о происходящих и прогнозируемых изменениях в ее состоянии;

3) предоставление федеральным органам исполнительной власти, органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органам местного самоуправления и организациям, входящим в единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, оперативной фактической и прогностической информации о состоянии окружающей среды в

целях обеспечения безопасности населения и снижения ущерба экономике от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

4) предоставление органам, уполномоченным осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор (Роспотребнадзор), информации о состоянии окружающей среды для решения задач социально-гигиенического мониторинга;

5) предоставление специально уполномоченным государственным органам Российской Федерации в области охраны окружающей среды (Минприроды РФ) информации для комплексного анализа и оценки состояния окружающей среды и использования природных ресурсов;

6) предоставление заинтересованным организациям и населению текущей и экстренной информации об изменении окружающей среды, предупреждений и прогнозов ее состояния;

7) организацию согласованного функционирования государственной наблюдательной сети, территориальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды и локальных систем наблюдения с целью обеспечения необходимой полноты и достоверности информации о состоянии окружающей среды, а также сопоставимость этой информации на всей территории страны, оптимизацию использования наземных, авиационных и космических систем наблюдений;

8) организацию согласованного функционирования государственной системы наблюдений с аналогичными международными системами.

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды ведет в установленном порядке на основе документированных данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении, полученных государственной системой наблюдений, Единый государственный фонд данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении.

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды при осуществлении государственного мониторинга взаимодействует со следующими федеральными органами исполнительной власти и организациями:

1) с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации - в части организации и осуществления государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) на территориях государственных природных заповедников и национальных парков, а также при создании и эксплуатации государственного фонда данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды);

2) с Министерством экономического развития Российской Федерации, Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Министерством промышленности и торговли Российской Федерации, Министерством энергетики Российской Федерации, Министерством транспорта Российской Федерации, Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, Министерством регионального развития Российской Федерации, Федеральной службой государственной статистики - в части получения и использования сведений российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов;

3) с Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий - в части получения и использования сведений о состоянии окружающей среды, получаемых при осуществлении мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;

4) с Министерством сельского хозяйства Российской Федерации - в части получения и использования сведений о состоянии и загрязнении земель сельскохозяйственного назначения, получаемых при осуществлении государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения;

5) с Федеральной службой по надзору в сфере природопользования - в части использования данных государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, результатов производственного контроля в области охраны окружающей среды и государственного экологического надзора, а также по вопросам установления и пересмотра перечня объектов, владельцы которых должны осуществлять мониторинг атмосферного воздуха;

6) с Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии - в части использования государственных топографических карт, а также сведений о состоянии земель, получаемых при осуществлении государственного мониторинга земель (за исключением земель

сельскохозяйственного назначения);

7) с Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральным медико-биологическим агентством - в части получения и использования сведений о состоянии атмосферного воздуха, поверхностных вод водных объектов и почв, получаемых при проведении социально-гигиенического мониторинга;

8) с Федеральным агентством водных ресурсов - в части получения и использования сведений о водопотреблении и водоотведении на всех водных объектах, а также о проведении общей оценки и прогнозирования изменений состояния водных объектов, их морфометрических особенностей, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, получаемых при осуществлении государственного мониторинга водных объектов;

9) с Федеральным агентством по рыболовству - в части использования сведений о состоянии среды обитания водных биологических ресурсов, получаемых при ведении государственного мониторинга водных биологических ресурсов;

10) с Федеральным агентством по недропользованию - в части использования сведений о состоянии подземных вод для оценки влияния подземных вод на состояние поверхностных вод, а также сведений об опасных экзогенных и эндогенных геологических процессах для оценки их влияния на состояние окружающей среды, получаемых при осуществлении государственного мониторинга состояния недр;

11) с Федеральным агентством лесного хозяйства - в части использования сведений в отношении объектов государственного мониторинга, получаемых в ходе государственного лесопатологического мониторинга;

12) с федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление использованием атомной энергии, и Государственной корпорацией по атомной энергии "Росатом" - с учетом данных, полученных локальными системами наблюдений в районах размещения ядерных установок, радиационных источников или пунктах хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, пунктах хранения, хранилищах радиоактивных отходов на особых территориях (санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения), эксплуатируемых организациями, в отношении которых соответствующие органы управления осуществляют государственное управление использованием атомной энергии в порядке, установленном законодательством Российской Федерации в области использования атомной энергии;

13) с другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями в рамках международных и межведомственных соглашений.

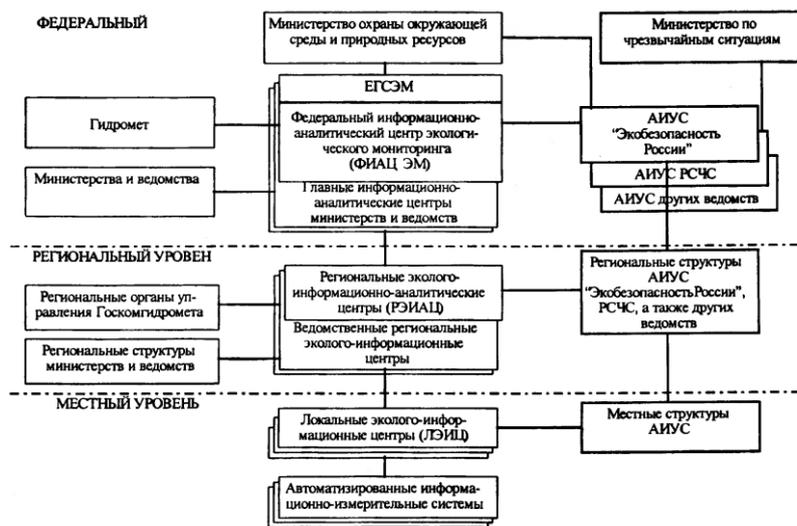
6. Структура национальной системы

Составные элементы ЕГСЭМ РФ приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 - Составные элементы ЕГСЭМ

На рисунке 6 приведена структура ЕГСЭМ и ее основные связи.



АИУС – автоматизированные информационные управляющие системы

Рисунок 6 – Структура ЕГСЭМ и ее основные связи

В структуре ЕГСМ можно выделить три основных уровня:

1. Местный (или локальный);
2. Региональный;
3. Федеральный.

Местный (или локальный). К данному уровню относят второй от основного системообразующего элемента. Там происходит объединение и согласование по функциональным задачам, деятельности структурных элементов системы, принадлежащих различным ведомствам.

На этом уровне осуществляется информационное обеспечение со стороны ЕГСМ, оперативного управления, качества природной среды.

Базовая сеть мониторинга, создаваемая на локальном уровне, сочетается с соответствующими локальными ведомственными сетями, так как дополняется элементами мониторинга.

Информация состояния объектов окружающей среды, источника и фактора антропогенного воздействия, вырабатываемая системой, должна быть совместимой и скорелированной.

Элементы ЕГСМ локального уровня наряду с информацией должна вырабатывать обобщенную информацию для банка данных верхнего уровня информации.

На локальном этапе ЕГСМ должны в идеальном случае оснащаться автоматизированными системами, позволяющими измерять основные параметры, характеризующие экологическую обстановку, а также автоматизированный сбор, передачу, переработку, хранение и доведение пользователя до информации.

Такого рода системы названы автоматизированно-измерительными системами:

1. Стационарные и подвижные источники информации, сигнализирующие об изменении состояния объекта мониторинга или производящая в автоматизированном режиме по определенной программе наиболее представительных параметров, которые характеризуют состояние окружающей среды, антропогенное воздействие и изменения, происходящие в окружающей среде под влиянием этих воздействий.
2. Подвижные лаборатории, которые осуществляют мониторинг по специальной программе, полевые измерения, отбор проб объектов окружающей среды и их доставку в стационарные лаборатории.
3. Экологически-экспедиционные и патрульные катера и малые корабли.

4. Центр обработки информации, управляющая функционированием АИС и формирующие выходную информацию.

Региональный уровень.

Основные задачи:

1. Обеспечение наблюдения, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, антропогенных воздействий и происходящих под их влиянием изменений в окружающей среде, методами и средствами, которые по той или иной причине целесообразно использовать в региональном масштабе (проведение мониторинга с помощью космических систем).

2. Информационное обеспечение структур регионального уровня АИУС, с помощью которых осуществляется подготовка и обоснование управленческих решений по охране природы и обеспечению экологической безопасности.

Федеральный уровень.

Задачи:

1. Обеспечение функционирования специальных систем мониторинга, не имеющих локального и регионального уровней (система мониторинга озонового слоя Земли, фоновый мониторинг).

2. Обеспечение участия в России международных, в том числе глобальных системах мониторинга окружающей среды.

3. Обеспечение требуемого качества и совместимость информации на всех уровнях ЕГСМ.

4. Информационное обеспечение автоматизированных управленческих систем «Экобезопасность России».

В систему государственного мониторинга входят фоновый мониторинг, локальный и региональный.

7. Фоновый мониторинг

В систему государственного мониторинга входит фоновый мониторинг со своей сетью станций, которые также являются частью системы глобального мониторинга.

Фоновое загрязнение природной среды изменяется в основном за счет распространения антропогенных загрязняющих веществ в атмосфере на большие расстояния. Это обусловлено тем, что антропогенный выброс в атмосферу смешивается и переносится естественными потоками вещества. Загрязняющие вещества в процессе дальнего переноса претерпевают физико-химические изменения, осаждаются на земную поверхность и включаются в природные процессы миграции. В районах, удаленных от мест интенсивной антропогенной деятельности, происходит накопление загрязнителей. В связи с этим необходима система наблюдений за техногенными изменениями окружающей среды на фоне ее естественной изменчивости. Фоновый экологический мониторинг должен выявить глобальные тенденции изменений биосферы на фоновом уровне загрязнения. Поэтому перечень приоритетных загрязнителей и мест контроля определяется масштабами воздействия.

Станции фоновых наблюдений делятся:

- на базовые;
- и региональные.

Базовые станции размещаются в районах, не подверженных непосредственному техногенному воздействию, и дают информацию об исходном состоянии биосферы. Региональные станции располагаются вблизи урбанизированных районов и дают информацию о состоянии биосферы в подверженных негативному влиянию районах.

Для проведения систематических комплексных наблюдений и измерений фонового уровня загрязняющих веществ техногенного происхождения созданы станции комплексного фонового мониторинга, которые расположены в биосферных заповедниках. В результате проведения комплексного фонового мониторинга должны быть решены следующие задачи:

- определение уровней загрязняющих веществ;
- оценка тенденции изменения уровней загрязняющих веществ;
- определение пространственного распределения загрязняющих веществ в природных сре-

дах.

На станциях комплексного фонового мониторинга определяются загрязнители, предусмотренные перечнем ГСМОС (глобальный мониторинг) (см. выше).

Кроме того, одновременно проводятся измерения, результаты которых характеризуют физическое состояние окружающей среды.

Организация экологического мониторинга на фоновом уровне является наиболее сложной задачей.

Можно утверждать, что организация упорядоченного экологического мониторинга на фоновом уровне начиналась в Советском Союзе с создания такой системы на базе биосферных заповедников. Обсуждение данного вопроса (в этой постановке) началось в 1974 г. Этот аспект был включен в сферу советско-американского сотрудничества в области охраны окружающей среды. Советские ученые И.П. Герасимов, Ю.А. Израэль, В.Е. Соколов изложили концепцию организации биосферных заповедников (станций) для описанных целей - изучения, контроля и прогноза антропогенных изменений состояния биосферы. Таким образом, закрепленные за биосферными заповедниками (по проекту № 8 программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера») задачи сохранения природных экосистем и генофонда растений и животных и некоторых частных исследований дополнялись комплексной программой экологического мониторинга, предусматривающей проведение постоянных наблюдений за фоновыми показателями состояния биосферы, за ее изменением за счет антропогенных причин, а также проведение исследований с целью научного обоснования выбора соответствующих параметров для контроля состояния природной среды.

Предполагалось изучить ряд геофизических характеристик, таких, например, как поток солнечной радиации, организовать наблюдения и изучение антропогенных преобразований круговорота важнейших химических элементов, исследования почвенного покрова, баланса и круговорота воды.

Планировалось тщательное изучение загрязнения природных сред, намечался для измерений в различных средах широкий круг ингредиентов.

Предполагалось исследования биоты проводить на биоценологическом (состав биоты, ее изменения, функциональная жизнедеятельность и биологическая продуктивность), видовом (динамика популяций индикаторных видов), физиологическом (фотосинтез, дыхание, рост, размножение) и молекулярно-генетическом (мутагенез, тератогенез) уровнях. Эти исследования должны быть тесно связаны с наблюдениями за абиотической составляющей биосферы.

Таким образом, в биосферных заповедниках предлагалось проводить всесторонние исследования как внешних факторов среды, так и внутренних процессов и явлений, происходящих в экосистемах, на фоновом уровне и в буферной (переходной) зоне, где можно было бы изучать различные виды землепользования и проводить сравнения результатов антропогенных воздействий с фоновым состоянием экосистем.

Программа фонового экологического мониторинга на базе биосферных заповедников включает разделы:

- мониторинг загрязнений природной среды и других факторов антропогенного воздействия;
- мониторинг откликов биоты на антропогенное воздействие, в первую очередь фоновых уровней загрязнения;
- наблюдения за изменением функциональных и структурных характеристик нетронутых («эталонных») природных экосистем и их антропогенных модификаций.

Интерпретация результатов указанных наблюдений возможна лишь при тщательном изучении фоновых геофизических характеристик среды (гидрометеорологических наблюдений, включающих наблюдения радиационного баланса и т.п.). Измерения гидрометеорологических величин отнесены к первому разделу фонового экологического мониторинга - к "абиотическому" мониторингу.

Организация наблюдений, относящихся к первому разделу (мониторинг загрязнений природной среды), должна производиться так, чтобы получаемые результаты давали достаточную информацию о концентрации различных примесей в окружающей среде (включая биоту), о миграционных процессах и круговороте этих веществ, их накоплении и трансформации.

Предусмотрено измерение потока вещества из атмосферы на подстилающую поверхность, миграции с поверхностными и подземными водами, по трофическим цепям в экосистемах.

При выборе веществ для включения в программу измерений в биосферных заповедниках принимались во внимание такие критерии), как распространенность веществ, их устойчивость и мобильность в окружающей среде, способность к воздействию на биологические и геофизические системы (в том числе на климат и климатическую систему). Перечень веществ, отобранных таким образом (для различных сред), приведен в таблице 1. Этот перечень примесей аналогичен перечню, разработанному параллельно в США.

Периоды между измерениями (частота измерений) различны для разных сред - для воздуха и атмосферных осадков эти периоды составляют 10-20 дней, для других сред - от 2 до 6 месяцев.

Предусмотрено проведение также измерений, характеризующих состояние среды (мутность атмосферы, pH водной среды), наблюдение ряда гидрометеорологических величин, достаточных для интерпретации вопросов переноса, рассеивания и миграции загрязняющих веществ, солнечной радиации (включая ультрафиолетовое излучение).

Таблица 1- Приоритетные примеси в природных средах для измерений в биосферных заповедниках

Измеряемые примеси	Среда				
	атмосфера	атмосферные осадки	поверхностные и подземные воды	почва	биота
Взвешенные частицы	+				
Озон ¹	+				
Оксид углерода	+				
Оксиды азота	+				
Углеводороды	+				
Бенз(а)пирен	+	+	+	+	+
Хлорорганические соединения (ДДТ и др.)	+	+	+	+	+
Тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий, мышьяк)	+	+	+ ²	+	+
Двуокись углерода	+				
Фреоны	+				
Биогенные элементы (азот, фосфор)			+	+	+
Анионы и катионы ³		+			
Радионуклиды		+			

¹ Интегральное количество и концентрация в приземном слое.

² Включая метилртуть.

³ По программе ВМО.

Как отмечалось, при обсуждении данного раздела программы экологического мониторинга на фоновом уровне большое внимание было уделено приоритетности измеряемых факторов воздействия и эффектов в биосфере за счет наиболее существенных антропогенных воздействий. При этом первыми были названы воздействия, вызывающие наиболее сильную реакцию в экосистемах и представляющие для них наибольшую опасность.

Однако этот вопрос следует рассмотреть также и с позиций возможного наибольшего нарушения природного геохимического равновесия. По-видимому, такое нарушение если в настоящее время и не наносит значительного ущерба, то в будущем может привести к серьезным последствиям, т.е. представляет определенную потенциальную опасность. Некоторые загрязняющие вещества, попадающие в природную среду в результате человеческой деятельности, могут сильно изменить существующий природный фоновый уровень содержания этого вещества и тем самым нанести в настоящем или будущем (может быть, даже далеком будущем) серьезный ущерб (при этом не имеются в виду вещества, которые в естественном состоянии в природе отсутствуют полностью).

Для оценки изменения природного круговорота веществ, вызванного антропогенной деятельностью, в геохимии принято понятие технофильности, определяемое отношением ежегодной добычи данного химического элемента (в тоннах) к его кларковому содержанию в литосфере. Однако, по-видимому, более показательным является коэффициент K_{lit} , характеризующий отношение

суммарных выбросов i -го вещества в рассматриваемую природную среду (в тоннах) к его кларковому содержанию в литосфере.

В таблице 2 приведены такие данные в порядке убывания коэффициента K_{li} (для атмосферы). Из таблицы видно, что несмотря на сравнительно небольшие выбросы в атмосферу таких элементов, как ртуть, кадмий, сурьма, свинец, геохимическое равновесие может быть серьезно нарушено антропогенной деятельностью из-за их низких содержаний в земной коре, в то время как несмотря на значительные выбросы железа и алюминия роль этих выбросов в нарушении геохимического равновесия не является существенной.

Чрезвычайно интересно оценить приоритетность в «антропогенности» различных элементов, распространяющихся с аэрозолями, - эта характеристика учитывает и количество выброшенного в атмосферу вещества в процессе хозяйственной деятельности человека, и способность к распространению на значительные расстояния (но без учета перехода в другие среды).

Такой критерий с учетом необходимости выявления реакций экосистем на антропогенные воздействия является особенно ценным.

Таблица 2 - Величины, характеризующие технофильность различных элементов

Элемент	K_{li}	Выбросы в атмосферу, т/год	Среднее содержание в литосфере, %
Hg	$4,5 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^{-6}$
Cd	$1,6 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Sb	$1,0 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Br	$9,0 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^{-4}$
Pb	$6,4 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Se	$3,6 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Zn	$1,7 \cdot 10^8$	$9,0 \cdot 10^5$	$5,1 \cdot 10^{-3}$
Ag	$1,6 \cdot 10^8$	$8,0 \cdot 10^2$	$4,8 \cdot 10^{-6}$
As	$1,1 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
Fe	$8,3 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^6$	3,6
Al	$1,75 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^6$	8,0

В качестве опорного элемента были выбраны рассеянные элементы, не образующие значительных месторождений и обладающие небольшими значениями K_{li} (такие, как торий, цезий, скандий).

В таблице 3 приведены значения коэффициентов фракционирования K_g для аэрозолей, отобранных в нескольких промышленных и "фоновом" районах Средней Азии (значения $K_{(a+e)i}$ и K_{ei} соответственно).

В качестве фонового района был выбран высокогорный ледник (ледник Абрамова, Памир). Значения коэффициентов фракционирования в фоновых районах могут быть больше единицы за счет естественных процессов и могут характеризовать степень летучести химического элемента. Для определения приоритетности с учетом этого эффекта в таблице также приведены значения

$$K_{ai} = K_{(a+e)i} / K_{ei} .$$

Таблица 3 - Коэффициенты фракционирования различных элементов (по отношению к Th) в районах Средней Азии

Элемент	$K_{(a+e)i}$ (промышленный район)	K_{ei} (Фоновый район)	K_{ai}
Sb	$7,0 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	5,0
As	$6,6 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	6,0
Hg	$4,2 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^2$	20,0
Cr	$4,1 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	3,4
Br	$6,4 \cdot 10^3$	$8,9 \cdot 10^3$	0,72
Fe	6,0	2,7	2,2
Co	$3,4 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$	1,2
Zn	$1,6 \cdot 10^3$	$5,5 \cdot 10^2$	2,9
Cs	$1,9 \cdot 10^1$	$2,6 \cdot 10^1$	0,71
Cd	$1,1 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^3$	3,1
Mo	$2,7 \cdot 10^2$	$5,4 \cdot 10^1$	5,0
W	$5,5 \cdot 10^1$	$3,7 \cdot 10^1$	1,5
Sc	2,5	3,8	0,66
Th	1,0	1,0	1,0

Раздел мониторинга биотической составляющей биосферы (биотический мониторинг) включает фиксацию откликов биоты, оценку влияния на биоту уровней загрязнения, близких к фоновым. Такая задача является принципиально новой.

Экологический мониторинг на фоновом уровне включает программу полевых наблюдений, экспериментальную программу и программу математического моделирования. Вполне очевидно, что оценить влияние фоновых уровней загрязнения на биоту путем только полевых наблюдений практически не представляется возможным из-за исключительной длительности сбора данных, на основе которых можно достоверно выделить эффект воздействия этих очень небольших уровней воздействия.

В связи с этим в программу экспериментальных исследований предлагается включить опыты по воздействию на элементы экосистемы биосферного заповедника эффектов существующих (идентифицированных при полевых наблюдениях) воздействий в специальных установках для поддержания постоянных (заданных) условий среды - экостатах.

В качестве интегрального показателя для построения кривых «доза-эффект» в соответствии с изложенными выше соображениями выбран коэффициент размножения. Выбор объектов для экспериментов и интерполяцию результатов предлагается производить в координатах филогенетического древа при минимизации ошибок интерполяции. Эти рекомендации получены на основании математического моделирования. В результате экспериментальных исследований и моделирования может быть получен прогноз качественного и количественного изменения экосистемы во времени.

В качестве программы полевых наблюдений биотического раздела экологического мониторинга, целью которой является оценка и контроль текущего состояния экосистемы, рекомендуется осуществлять наблюдения за видами, выпадение или снижение численности которых прогнозируется в первую очередь.

Академик Гиляров считает, что антропогенная деятельность отражается на составе и численности соотношения элементов почвенной фауны; эта особенность может быть использована при мониторинге, так же как и отдельные биоиндикаторы - концентраторы различных элементов (дождевые черви - концентраторы кадмия; жуки-жужелицы - свинца; мокрицы - меди; различные растения, например сон-трава,- концентратор кобальта и т.п.).

Есть предложения по изучению функциональных характеристик «эталонных» (природных) экосистем на фоновом уровне (в биосферных заповедниках) в сравнении с их антропогенными модификациями в буферных, промежуточных (с точки зрения антропогенного воздействия) зонах.

Предлагается осуществлять наблюдения как за климаксными экосистемами, так и за сукцессионными рядами экосистем, развивающихся и в естественных условиях (например, восстановление после пожара), и в результате антропогенных кратковременных (восстановление после вырубки) или непрерывных (в условиях антропогенного загрязнения) воздействий. Рекомендуются сравнительные наблюдения за пространственными сочетаниями природных экосистем, формирующихся при различных условиях, например, изучение водораздельных, склоновых и низменных экосистем.

В качестве исследуемых биомов предложены тропические леса, леса умеренной зоны (возможна детализация), луга, засушливые зоны, водные, горные и островные экосистемы, урбанизированные системы. В качестве компонентов экосистемы определены: основной хищник, находящийся на вершине трофической пирамиды (птицы, млекопитающие), доминирующее травоядное животное, доминирующее растение, земляной червь, верхний (1 см) слой почвы и почвенный профиль, различные группы растительности (дерево, куст, трава, мох), почвенные организмы, отложения.

Таким представляется фоновый экологический мониторинг на суше.

Обоснование и организация фонового экологического мониторинга морской среды является самостоятельной задачей. Советский Союз предложил организовать ряд станций (полигонов) для долгопериодных наблюдений за фоновыми уровнями изменения морской среды по программе «Биосферные заповедники» и уже организовал такую станцию в Атлантическом океане.

На таких станциях биологический мониторинг должен сочетаться с геохимическим, мониторингом абиотической составляющей.

Так же как и на суше, биологический мониторинг моря должен осуществляться на различных уровнях - в первую очередь на организменном и популяционно-биоценотическом уровнях. На организменном уровне биологические показатели должны включать различные характеристики - морфологические (размерный состав гидробионтов, формы клеток микроорганизмов), экологические (ориентация гидробионтов в пространстве, частота движения жабер), биохимические (свойства отдельных ферментов, скорости различных биохимических процессов), физиологические (потребление кислорода, скорости роста и размножения) и генетические (скорость мутаций и др.).

Биологические реакции и последствия на популяционно-биоценотическом уровне могут быть оценены путем:

- определения основных структурных и функциональных характеристик сообществ, в том числе определения индекса разнообразия видов, определения продукционно-деструкционных характеристик;

- использования микробиологических показателей, так как микроорганизмы являются наиболее реактивным компонентом морских биогеоценозов;

- использования различных индикаторных форм гидробионтов.

Для организации станций (полигонов) фонового мониторинга морской среды было предложено выбирать районы с экосистемами, характеризующиеся различными трофическими уровнями, районы, удаленные от источников загрязнения, районы с легкоранимыми экосистемами. В докладе были предложены следующие возможные районы для размещения станций фонового мониторинга в Тихом океане: Берингово море, залив Аляски, вблизи Японских островов, Орегонского апвеллинга, вблизи Марианских островов, экваториального пассатного течения, Перуанского апвеллинга, Большого Барьерного Рифа и открытого олиготрофного района вблизи южных островов Лайн.

8. Региональный мониторинг

На территории крупных регионов больших государств, например, таких, как Российская Федерация, США, Канада и т. п., организуется региональный мониторинг. Он не только является частью государственного мониторинга, но и решает задачи, специфические для данной территории. Основная задача регионального мониторинга - получение более полной и детальной

информации о состоянии окружающей среды региона и воздействии на нее техногенного фактора, что не представляется возможным сделать в рамках глобального и государственного мониторинга, так как в их программах нельзя учесть особенности каждого региона.

9. Локальный мониторинг

Этот мониторинг, как правило, является составной частью регионального и организуется для решения задач исключительно местного масштаба.

При организации и проведении локального мониторинга необходимо определить приоритетные загрязнители, за которыми уже ведутся наблюдения в рамках глобального, государственного и регионального мониторинга (или хотя бы большинство из них), а также загрязнители от имеющихся источников загрязнения или на основе изучения технологических регламентов (проектов) создаваемых производств.

К локальному мониторингу можно отнести мониторинг среднего города (с населением до 500 тыс. жителей), района расположения промышленного предприятия, ТЭС или АЭС, нефте- и газопромысла, а также небольших территорий специфических географических объектов (озеро, водохранилище, дельта реки).

По результатам локального мониторинга соответствующие компетентные органы могут приостановить деятельность предприятий, приводящих к сверхнормативному загрязнению окружающей среды, до ликвидации аварийной ситуации и ее последствий или улучшения технологического процесса, устраняющего возможность загрязнения. В особых случаях может ставиться вопрос о полном закрытии предприятия, его репрофилировании или переносе в другую местность.

Раздел 2. Мониторинг химического загрязнения среды обитания

Тема 4. Мониторинг атмосферного воздуха

План:

1. Характеристики загрязнения атмосферы
2. Контроль качества воздуха селитебной территории
 - 2.1 Организация контроля
 - 2.2 Размещение и количество постов наблюдений
 - 2.3 Программы и сроки наблюдений
 - 2.4 Отбор проб
3. Автоматизированная система контроля загрязнения атмосферы (АНКОС-АГ)
 - 3.1 Структура автоматизированной системы контроля загрязнения атмосферы
 - 3.2 Стационарные посты
 - 3.3 Маршрутные и подфакельные посты
 - 3.4 Техническое дело поста
4. Система управления качеством атмосферного воздуха

1. Характеристики загрязнения атмосферы

По данным о загрязнении атмосферы определяют величины концентраций примесей:

- разовые (20 - 30 мин);
- среднесуточные;
- среднемесячные;
- среднегодовые.

Среднесуточные концентрации определяют как среднее арифметическое значение разовых концентраций, полученных по полной программе через равные промежутки времени, включая обязательные сроки 1, 7, 13, 19 ч, а также по данным непрерывной регистрации в течение суток.

Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ определяют как среднее арифметическое значение всех разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение месяца.

Среднегодовую концентрацию загрязняющего вещества определяют как среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение года.

2. Контроль качества воздуха селитебной территории

2.1 Организация контроля

Устанавливают три категории постов наблюдений за загрязнением атмосферы:

а) стационарный - предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Из числа стационарных постов выделяются *опорные стационарные посты*, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных загрязняющих веществ;

б) маршрутный - предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижного оборудования;

в) передвижной (подфакельный) - предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

2.2 Размещение и количество постов наблюдений

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием: асфальте, твердом грунте, газоне - таким образом, чтобы были исключены искажения результатов измерений наличием зеленых насаждений, зданий и т.д.

Непылящее покрытие: асфальт, твердый грунт, газон.

Стационарный и маршрутный посты размещаются в местах, выбранных на основе предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и условий рассеивания. Эти посты размещаются в центральной части населенного пункта, жилых районах с различным типом застройки (в первую очередь, наиболее загрязненных), зонах отдыха, на территориях, примыкающих к магистралям интенсивного движения транспорта.

Размещение стационарных постов согласовывается с территориальными органами Росгидромета и Роспотребнадзора.

Опорные посты не подлежат переносу без предварительного разрешения Росгидромета.

Места отбора проб при подфакельных наблюдениях выбирают на разных расстояниях от конкретного источника загрязнения с учетом закономерностей распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Число постов и их размещение определяется с учетом:

- численности населения;
- площади населенного пункта;
- рельефа местности;
- развития промышленности;
- сети магистралей с интенсивным транспортным движением и их расположением по территории города;
- рассредоточенности мест отдыха и курортных зон.

Число стационарных и маршрутных постов в зависимости от численности населения устанавливается не менее:

- а) 1 пост - до 50 тыс. жителей;
- б) 2 поста - 100 тыс. жителей;
- в) (2 – 3) поста – (100 – 200) тыс. жителей;
- г) (3 – 5) постов – (200 – 500) тыс. жителей;
- д) (5 – 10) постов - более 500 тыс. жителей;
- е) (10 – 20) постов (стационарных и маршрутных) - более 1 млн. жителей.

В населенных пунктах устанавливают один стационарный или маршрутный пост через каждые (0,5 – 5) км с учетом сложности рельефа и наличия значительного количества источников загрязнения.

При проведении расширенных изучений состояния загрязнения атмосферы число стационарных постов допускается увеличивать.

2.3 Программы и сроки наблюдений

А) Стационарные посты

На стационарных постах устанавливают четыре программы наблюдений:

- а) полную;
- б) неполную;
- в) сокращенную;
- г) суточную.

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняют ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз с обязательным отбором в 1, 7, 13, 19 ч по местному декретному времени. Допускается проводить наблюдения по скользящему графику 7, 10, 13 ч во вторник, четверг, субботу и в 16, 19, 22 ч в понедельник, среду, пятницу.

Наблюдения по неполной программе разрешается проводить с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного декретного времени.

По сокращенной программе наблюдения проводят с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в сроки 7 и 13 ч местного декретного времени.

Наблюдения по сокращенной программе допускается проводить при температуре воздуха ниже минус 45°С и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 1/20 разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений примеси используемым методом.

Программа суточного отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. Наблюдения по этой программе проводятся путем непрерывного суточного отбора проб.

В период неблагоприятных метеорологических условий и значительного возрастания содержания загрязняющих веществ проводят наблюдения через каждые 3 ч. При этом отбирают пробы под факелами основных источников загрязнения и на территории наибольшей плотности населения.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температуру воздуха, состояние погоды и подстилающей поверхности.

На отдельных постах допускается смещение всех сроков наблюдений на один час.

Допускается не проводить наблюдения в воскресные и праздничные дни.

На опорных стационарных постах проводятся наблюдения за содержанием:

- основных загрязняющих веществ (пыль, сернистый газ, окись углерода, двуокись азота);
- специфических веществ, которые характерны для промышленных выбросов данного населенного пункта.

На стационарных (неопорных) постах проводятся наблюдения за специфическими загрязняющими веществами. Наблюдения за основными загрязняющими веществами на этих постах допускается проводить по сокращенной программе и не проводить их, если среднемесячные концентрации этих веществ в течение года не превышают 0,5 среднесуточной ПДК.

Перечень веществ для контроля на каждом стационарном посту в городе устанавливается территориальными органами Росгидромета и Роспотребнадзора.

Б) Маршрутные посты

На маршрутных постах проводятся наблюдения за основными загрязняющими веществами и специфическими веществами, характерными для промышленных выбросов данного населенного пункта.

В) Передвижные (подфакельные) посты

На передвижных (подфакельных) постах проводятся наблюдения за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия.

Методика определения перечня веществ, подлежащих контролю на постах, приведена в РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Данный материал изучить само-

стоятельно и законспектировать. Данная методика базируется на знаниях полученных на занятиях дисциплины «Источники загрязнения среды обитания».

2.4 Отбор проб

Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ при определении разовых концентраций составляет 20-30 мин.

Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ для определения среднесуточных концентраций при дискретных наблюдениях по полной программе составляет 20 - 30 мин, при непрерывном отборе - 24 ч.

Отбор проб при определении приземной концентрации примеси в атмосфере на всех типах постов проводят на высоте от 1,5 до 3,5 от поверхности земли.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие метеорологические параметры:

- направление и скорость ветра;
- температуру воздуха;
- влажность воздуха;
- атмосферное давление;
- состояние погоды;
- состояние подстилающей поверхности (например, наличие снежного покрова и его толщину).

Отбор проб при подфакельных наблюдениях проводится на расстояниях 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 30 км. Данные наблюдений на близких расстояниях от источника (0,5 км) характеризуют загрязнение атмосферы низкими источниками и неорганизованными выбросами, а на дальних - сумму от низких, неорганизованных и высоких выбросов.

Измерения концентраций проводятся в центральных (осевых) точках, расположенных по оси факела на различных расстояниях от источника выброса, и в точках слева и справа от линии, перпендикулярной оси факела. Расстояние между точками зависит от ширины факела: по мере удаления от источника выброса оно увеличивается и может колебаться от 50 до 300-400 м. Проведение отбора проб в зоне влияния факела предприятия на разных расстояниях от источника дает возможность проследить изменение концентраций вдоль факела и получить более достоверные данные. В случае изменения направления факела наблюдения перемещаются в зону влияния факела. Если из-за препятствий (водоемы, отсутствие подъездных дорог и т.д.) установить местоположение отбора проб на необходимых расстояниях от источника под факелом не представляется возможным, выбирают другие точки.

Более часто следует проводить наблюдения на расстояниях 10-40 средних высот труб от источника, где особенно велика вероятность появления максимума концентраций.

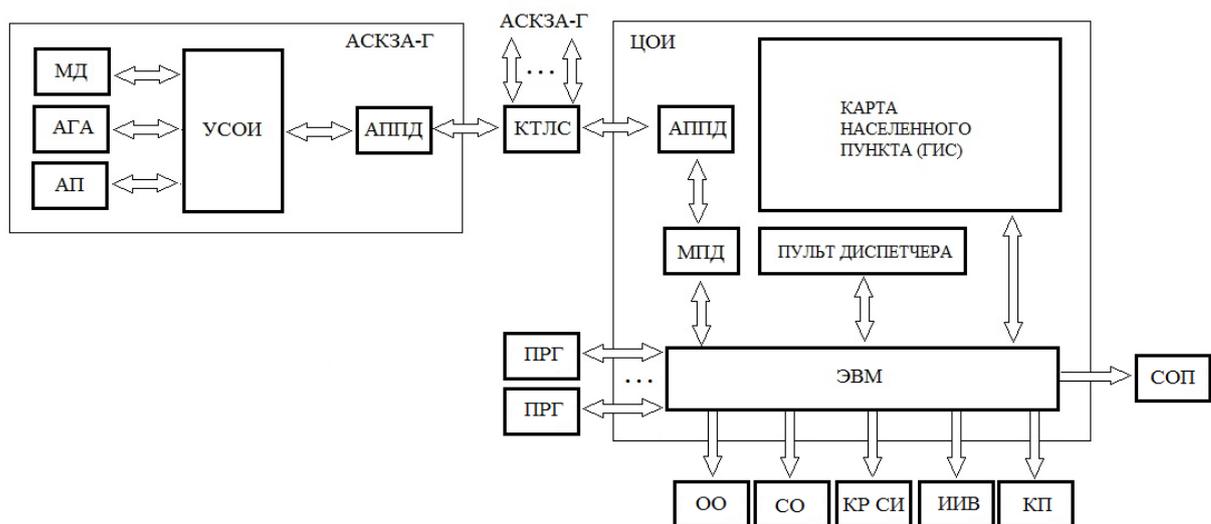
При выполнении подфакельных наблюдений наиболее существенной частью работы является установление направления факела и выбор точек отбора проб. Направление факела определяется по визуальным наблюдениям за очертаниями дыма. Если дымовое облако отсутствует, то направление факела определяется по направлению ветра (по данным шаропилотных наблюдений) на высоте выброса, по запаху вредных веществ, характерных для обследуемого источника, и по видимым факелам близлежащих источников.

3. Автоматизированная система контроля загрязнения атмосферы (АНКОС-АГ)

Данная система предназначена для автоматизированного сбора и обработки информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах, промышленных центрах и регионах.

3.1 Структура автоматизированной системы контроля загрязнения атмосферы

На рисунке 4 приведена структурная схема АНКОС-АГ.



МД – метеодатчики; АГА – автоматические газоанализаторы; АП – автоматические пылемеры; УСОИ – устройство сбора и обработки информации; АППД – аппаратура приема и передачи данных; КТЛС – коммутируемые телефонные линии связи; МПД – мультиплексор передачи данных; ЭВМ – электронная вычислительная машина; ОО – оперативный отчет; СО – суточный отчет; КР СИ – контроль работоспособности средств измерений; ИИВ – идентификация источников выбросов; КП – краткосрочный прогноз; СОП – сообщения оперативному персоналу; ЦОИ – центр обработки информации; АСКЗА-Г – автоматическая станция контроля загрязнения атмосферы

Рисунок 4 - Структурная схема АНКОС-АГ

Система АНКОС-АГ имеет двухуровневую структуру. На нижнем уровне функционируют АСКЗА-Г, осуществляющие автоматическое измерение метеопараметров и концентраций загрязняющих веществ, их последующую обработку, формирование сообщений для передачи на верхний уровень в центр обработки информации (ЦОИ). А также ПРГ, которые осуществляют измерение метеопараметров и концентраций загрязняющих веществ в местах, не оборудованных АСКЗА-Г, и доставляют отобранные пробы воздуха для анализа в лаборатории и ввода полученной информации в ЭВМ.

Важной составной частью АНКОС-АГ, определяющей ее возможности, является программно-математическое обеспечение (ПМО) для обработки данных на ЭВМ. Задачами ПМО являются:

- первичная обработка данных;
- формирование отчетов о состоянии воздушной среды;
- оперативное представление полей загрязнения воздуха на дисплее с целью оценки и анализа изменения уровня загрязнения воздушного бассейна;
- организация диалога оператора и системы, позволяющего управлять системными средствами;
- организация хранения информации, получаемой системой;
- оперативное прогнозирование уровня загрязнения воздуха;
- определение источников, уменьшение выброса которых приводит к снижению повышенного уровня загрязнения воздуха.

3.2. Стационарные посты

Стационарные посты представляют собой павильоны - специализированный стальной металлокаркас контейнерного типа с утепленными стенами, потолком и полом, снаружи окрашенные, как правило, в белый цвет, что снижает нагрев воздуха внутри помещения за счет солнца. Внутри потолок и стены облицованы пластиком, пол линолеум, что упрощает влажную уборку помещения. Сегодня в России используют следующие виды стационарных постов: «ПОСТ-1», «ПОСТ-2», «ПОСТ-2а», разработанные Государственным учреждением «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Войкова». Например, «ПОСТ-2» имеет габариты (3,0 x 2,2 x 2,5) м³, масса не более 2,5 т.

Помимо этого появляются и другие модели, например, стационарные экологические посты контроля атмосферы типа СЭП-1, автоматические стационарные посты контроля атмосферного воздуха типа АСПК.

В состав стационарного поста входят:

1. Измерительный комплекс, который включает:
 - 1.1. Систему отбора и пробоподготовки воздуха;
 - 1.2. Газоаналитический комплекс;
 - 1.3. Комплекс для измерения концентраций пыли и сажи в воздухе;
 - 1.4. Метеорологический комплекс;
 - 1.5. Автоматизированная система сбора и обработки полученной информации;
 - 1.6. Система проверки достоверности результатов измерений;
 - 1.7. Система передачи накопленных результатов измерений;
2. Системы жизнеобеспечения:
 - 2.1. Пожаро-охранная система;
 - 2.2. Система электроснабжения;
 - 2.3. Система освещения;
 - 2.4. Система отопления;
 - 2.5. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

На рисунках 5, 7а приведены внешние виды выпускаемых постов, а на рисунках 6, 7 газоаналитический комплекс и внутреннее обустройство поста.



Рисунок 5 - Стационарный пост экологического мониторинга атмосферного воздуха



Рисунок 6 - Газоаналитический комплекс

В таблице 1 приведен примерный перечень оборудования стационарного поста.

Таблица 1 - Примерный перечень оборудования стационарного поста

Модель	Краткое описание
Serinus 50	Анализатор диоксида серы (SO ₂) в атмосферном воздухе. Метод - ультрафиолетовая флуоресценция Диапазон измерения: 0-20 ppm Нижний предел обнаружения менее 0,3 ppb Рабочая температура: 0-40°C
Serinus 55	Анализатор сероводорода (H ₂ S) в атмосферном воздухе. Метод - ультрафиолетовая флуоресценция Диапазон измерения: (0-2) ppm Нижний предел обнаружения: 0,3 ppb Рабочая температура: (0-40) °C
Serinus 51	Анализатор диоксида серы (SO ₂) и сероводорода (H ₂ S) обеспечивает точное и надежное измерение двух компонентов (SO ₂ /H ₂ S) в циклическом режиме. Метод - ультрафиолетовая флуоресценция и внутренний каталитический конвертор для поочередного измерения SO ₂ и H ₂ S Диапазон измерения: (0-20) ppm/(0-2)ppm Нижний предел обнаружения: 0,3 ppb Рабочая температура: 0-40°C
Serinus 40	Анализатор оксидов азота (NO - NO ₂ - NO _x) в атмосферном воздухе. Метод - хемилюминесценция Диапазон измерения: (0 – 20) ppm Нижний предел обнаружения: 0,4 ppb Рабочая температура: 0-40°C
Serinus 44	Анализатор оксидов азота (NO, NO ₂ , NO _x) и аммиака (NH ₃) в атмосферном воздухе. Метод - хемилюминесценции и внешний тепловой каталитический конвертор. Диапазон измерения: (0 – 20) ppm Нижний предел обнаружения: 0,4 ppb Рабочая температура: (0-40) °C
Serinus 30	Анализатор монооксида углерода (CO), (дополнительная опция - канал для измерения CO ₂) в атмосферном воздухе. Метод - инфракрасный (технология неразрушающего поглощения ИК излучения) Диапазон измерения: (0 – 200) ppm Нижний предел обнаружения: 40 ppb Рабочая температура: (0-40) °C

Модель	Краткое описание
Serinus 10	Анализатор озона (O ₃) в атмосферном воздухе. Метод - ультрафиолетовой (УФ) абсорбции Диапазон измерения: (0 – 20) ppb Нижний предел обнаружения: 0,5 ppb Рабочая температура: (0-40) °С
VOC1000 в комплекте с генератором водорода	Анализатор метановых, неметановых углеводородов и общего содержания углеводородов: - Пламенно-ионизационный детектор - Измерение углеводородов в диапазоне от значения менее 1 ppb до 1000 ppb
GC 5000 ВТХ GC 5000 VOC	Поточный газовый хроматограф для непрерывного анализа содержания всего диапазона органических соединений веществ-предшественников озона C2-C12, GC 5000 ВТХ объединяется в хроматографическую систему с модулем GC 5000 VOC.
TOPAS	Автоматический анализатор пыли TOPAS позволяет одновременно измерять концентрации частиц фракций TSP, PM10, PM2.5 и PM1. Встроенный эталонный фильтр используется для проверки и калибровки анализаторов с помощью гравиметрического метода. Все приборы выполняют сохранение концентраций частиц во встроенную память. Модели Osiris и Topas оснащены датчиками скорости и направления ветра, температуры, влажности, осадков, а так же разъемами для подключения шумомера или газоанализатора.
	Комплект аспираторов для сбора пыли на фильтры или абсорбционные трубки (в соответствии с Техническим заданием Заказчика)
	Приборная стойка для размещения газоаналитической системы.
Атмосфера-3М	Пробоотборный зонд с системой подогрева пробы.
	Автоматическая метеостанция, включает: метеомачту 3.5м, датчики температуры и влажности, давления, направления и скорости ветра, специализированное программное обеспечение.
Enviro-nicsmodel 6000 Enviro-nicsmodel 7000	Система для калибровки газоанализаторов в составе: Генератор газовых смесей Enviro-nicsmodel 6000 Генератор нулевого воздуха Enviro-nicsmodel 7000 Комплект поверочных газовых смесей (ПГС) и источников микропотока (ИМП)
	Система сбора, обработки и передачи данных в составе: Промышленный компьютер для установки в стойку, монитор, GSM модем, русифицированное программное обеспечение
	Павильон с системой жизнеобеспечения состоящей из систем электроснабжения, пожарно-охранной сигнализации и системы климат-контроля.



а)



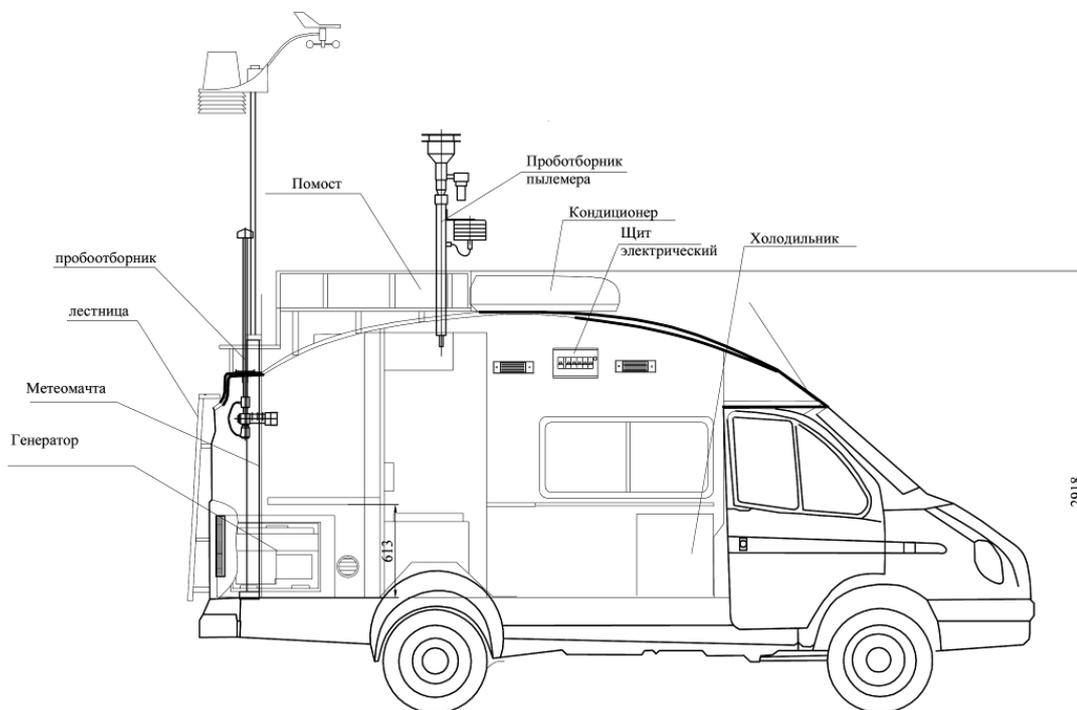
б)

а) внешний вид поста; б) внутренний вид поста

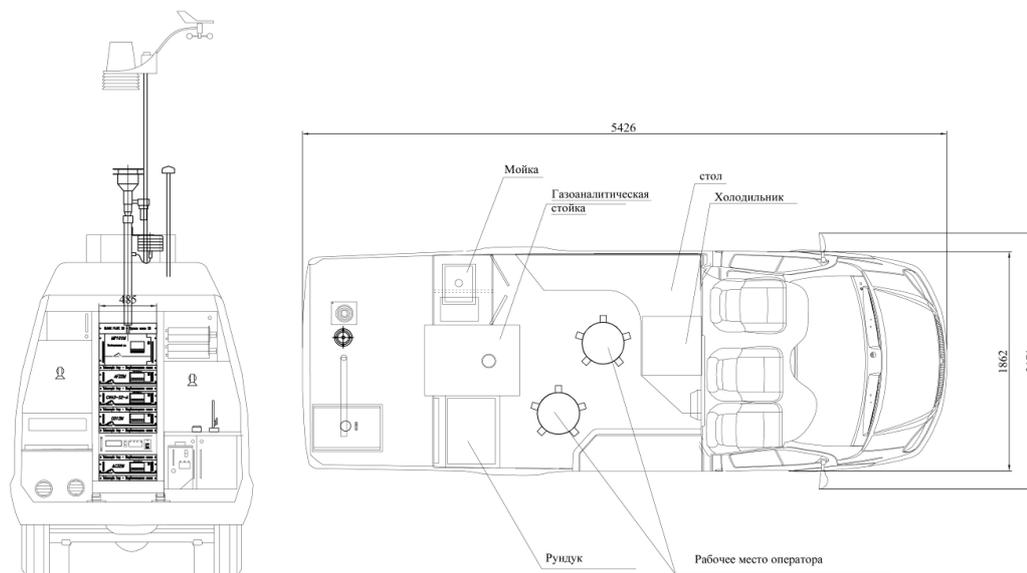
Рисунок 7 - Автоматический стационарный пост контроля атмосферного воздуха типа АСПК
3.3. Маршрутные и подфакельные посты

Маршрутные и подфакельные посты строятся на базе цельнометаллического фургона. Основой являются автомобили типа УАЗ, ГАЗель (рисунок 8), Ford Tranzit (рисунок 9), Renault Master,

VW Crafter. На российском рынке также предлагаются такие посты на базе шасси КамАЗ, что обеспечивает им хорошую проходимость, особенно это важно для подфакельных постов. На базе УАЗ посты получили название «Атмосфера».



а)



б)

- а) Внешний вид ПЛ-А на шасси ГАЗель;
 б) Внутренний вид ПЛ-А на шасси ГАЗель

Рисунок 8 - Передвижная лаборатория контроля качества атмосферного воздуха (ПЛ-А) на базе ГАЗель



Рисунок 9 - Передвижная лаборатория контроля качества атмосферного воздуха (ПЛ-А) на шасси Ford Tranzit

В состав маршрутных и подфакельных постов по аналогии со стационарными постами входят измерительный комплекс и системы жизнеобеспечения. Отличием является то, что они наряду с внешним электроснабжением обеспечиваются дополнительно автономным электроснабжением. Подфакельные посты отличаются от маршрутных постов перечнем измеряемых в атмосферном воздухе вредных веществ.

3.4. Техническое дело поста

Техническое дело составляется для каждого поста. Техническое дело хранится на посту. В нем содержатся необходимые данные о постах, программах их работы, используемых приборах, в него вносятся изменения в программе работы, сведения о замене приборов, оборудования, проведенных инспекциях поста.

На титульном листе записываются: название управления, города (и его административная подчиненность), название поста (опорный стационарный, неопорный стационарный, маршрутный), координаты поста, номер поста на схеме и в информативных документах, адрес организации, которой подчинен пост, номер ее телефона и другие сведения.

Техническое дело состоит из пяти разделов.

1. Запись замечаний лиц, инспектирующих посты (в этом разделе 1 раз в 2-3 года дается заключение о репрезентативности поста).
2. Схема расположения поста, на которой следует указать местоположение основных источников загрязнения в районе поста и расстояние до них, расстояние до строений, высоких зеленых насаждений и т.д.
3. Программа работы поста с указанием сроков наблюдений для каждого измеряемого вещества, отдельно, используемых приборов и продолжительности отбора проб воздуха.
4. Программа метеорологических наблюдений с указанием используемых приборов.
5. Сведения о приборах и оборудовании, установленных на посту.

4. Управление качеством атмосферного воздуха

Основной принцип регулирования уровня загрязнения воздушного бассейна состоит в обеспечении нормированного показателя качества атмосферного воздуха ПДК путем выполнения предприятиями установленных нормативов по ПДВ и специальных мероприятий по снижению

выбросов вредных веществ при получении предупреждения о возможном повышении уровня загрязнения атмосферы вследствие прогнозируемых неблагоприятных метеорологических. Регулировать количество выбросов можно путем воздействия на технологические процессы, при котором образуются загрязняющие воздух вещества, или путем совершенствования системы пылегазоочистки.

Данный принцип является исходным для разработки основ построения автоматизированной системы управления качеством атмосферы (АСУКА).

Важное место в АСУКА принадлежит подсистеме контроля и регулирования уровня загрязнения атмосферы. Базой этой подсистемы является АНКОС-АГ. По информации от АСКЗА-Г и контроля турбулентности приземного слоя атмосферы (АСКТ), а также по метеорологическим данным в подсистеме осуществляется оценка состояния и краткосрочный прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха, которые являются исходными при решении вопроса о необходимости уменьшения выбросов.

Для обеспечения решения задачи управления в подсистему включается дополнительная функция по определению допустимого выброса на основе данных прогноза уровня загрязнения и метеорологических параметров воздушной среды. В результате ее решения формируются предложения по размеру снижения и пространственно-временной структуре промышленных и автотранспортных выбросов, направляемые в диспетчерские пункты предприятий и центр управления движением автотранспорта.

Эти предложения реализуются в системах контроля источников выбросов и поддержания ПДВ и таким образом обеспечивается решение задачи регулирования уровня загрязнения атмосферы.

Тема 5. Контроль состава воздуха рабочей зоны

План:

1. Термины и определения.
2. НПА по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. Классификация вредных веществ.
4. Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
5. Общие принципы организации контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
6. Требования к методикам и средствам измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

1. Термины и определения

1. Вредное вещество - вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76).

2. Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в воздухе рабочей зоны - концентрация вредного вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Воздействие вредного вещества на уровне ПДК не исключает нарушение состояния здоровья у лиц повышенной чувствительности (ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05). ПДК устанавливаются в виде максимально разовых и среднесменных нормативов.

3. Среднесменная предельно допустимая концентрация ($\text{ПДК}_{\text{сс}}$) - концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены или концентрация, средневзвешенная во времени длительно-

сти всей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания (усредненная за 8-часовую рабочую смену) (Р 2.2.2006-05).

4. Предельно допустимая концентрация максимальная (максимально разовая ПДК_м) - концентрация вредного вещества при выполнении операций (или на этапах технологического процесса), сопровождающихся максимальным выделением вещества в воздух рабочей зоны, усредненная по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха за 15 мин для химических веществ и 30 мин - для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05).

5. Ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) - временный ориентировочный гигиенический норматив содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Величина ОБУВ обосновывается путем расчета по параметрам токсикометрии и физико-химических свойств на основе корреляционно-регрессионной зависимости или путем интерполяции и экстраполяции в рядах близких по строению соединений.

6. Зона дыхания – Пространство в радиусе до 50 см от лица работающего.

7. Вещества с остронаправленным механизмом действия - это вещества, опасные для развития острого отравления при кратковременном воздействии вследствие выраженных особенностей механизма действия: гемолитические, антиферментные (антихолинэстеразные, ингибиторы ключевых ферментов, регулирующих дыхательную функцию и вызывающих отек легких, остановку дыхания, ингибиторы тканевого дыхания), угнетающие дыхательный и сосудодвигательные центры и др.

8. Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работника - это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую работник вдыхает за весь период фактического (или предполагаемого) профессионального контакта с пылью.

2. НПА по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны

1. Методические указания МУ 2.2.5.2810-10 «Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики» (утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ 28 декабря 2010 г.).

2. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"(ред. от 20.06.2000).

3. Классификация вредных веществ

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности" (с изменениями) по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса: I - вещества чрезвычайно опасные; II - вещества высокоопасные; III - вещества умеренно опасные; IV - вещества малоопасные.

Каждое конкретное вредное вещество относится к классу опасности по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности. Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в таблице 2.

Таблица 2 - Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм (по ГОСТ 12.1.007-76)

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5 000	Более 5 000
Средняя смертельная доза при нанесении на	Менее 100	100-500	501-2 500	Более

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
кожу, мг/кг				2 500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500-5000	5 001-50000	Более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

4. Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны

В современных промышленных производствах используется большое количество веществ, которые в виде газов, паров или пыли попадают в воздух рабочей зоны и могут представлять опасность для здоровья работающих. При внедрении в хозяйственную деятельность они должны подлежать обязательной токсикологической оценке и гигиеническому нормированию.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций - максимально разовых рабочей зоны ($\text{ПДК}_{\text{мр рз}}$) и среднесменных рабочей зоны ($\text{ПДК}_{\text{сс рз}}$).

Величины $\text{ПДК}_{\text{мр рз}}$ и $\text{ПДК}_{\text{сс рз}}$ приведены в ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (по заключению органов государственного санитарного надзора) сумма отношений фактических концентраций каждого из них ($K_1, K_2 \dots K_n$) в воздухе к их ПДК ($\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2 \dots \text{ПДК}_n$) не должна превышать единицы

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

5. Общие принципы организации контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Контроль и гигиеническая оценка состояния воздушной среды производственных помещений

Основопологающей целью проведения систематического контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны является предупреждение возможности превышения предельно допустимых концентраций.

Осуществление контроля состояния производственной среды позволяет своевременно проводить профилактику их неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

План лабораторного контроля состояния воздуха рабочей зоны составляется на год и дополняется или изменяется в случае реконструкции или замены оборудования, изменения производственных процессов, выявления профессиональных заболеваний или отравлений. Отбор проб и анализ проводят при характерных производственных условиях. Нарушения технологического процесса, неисправность или неправильная эксплуатация оборудования должны быть зафиксированы в протоколе. После устранения нарушений измерения повторяют. Используемые средства измерения должны быть внесены в "Государственный реестр средств измерений" Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии и поверены в установленном порядке.

При отборе проб воздуха заполняются "Протоколы отбора проб". Результаты анализа регистрируются в журналах по утвержденной форме.

Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится путем сравнения полученных в ходе химического анализа значений концентраций с их предельно допустимыми значениями. Различают максимальные ($ПДК_M$) и среднесменные ($ПДК_{ср}$) нормативы.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны веществ с остронаправленным механизмом действия, должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией превышения ПДК.

Организация контроля содержания вредных веществ в воздухе начинается с определения перечня веществ, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны, для каждого рабочего места. При этом необходимо учитывать особенности технологического процесса, температурный режим, количество выделяющихся вредных веществ, а также физико-химические свойства контролируемых веществ и возможности превращения последних в результате окисления, деструкции, гидролиза и других процессов. Необходимо принимать во внимание и длительность пребывания работающих на производственном участке в течение рабочей смены с учетом вида рабочего места (постоянные и непостоянные).

В случае когда в воздушную среду выделяется сложный комплекс веществ не полностью известного состава (что обусловлено, как правило, процессами термоокислительной деструкции, гидролиза, пиролиза и др.), следует получить информацию об идентификации выделяющихся компонентов по результатам хромато-масс-спектрометрии или других современных методов исследований. На основании анализа расшифровки состава газовой смеси выявляются ведущие и наиболее опасные и характерные компоненты, по которым будет проводиться контроль воздуха.

Отбор проб должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях.

Требования к контролю за соблюдением максимально разовой ПДК

Контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах. При наличии идентичного оборудования или выполнении одинаковых операций контроль проводится выборочно на отдельных рабочих местах, расположенных в центре и по периферии помещения.

Содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется следующим суммарным временем отбора: для химических веществ - 15 мин, для веществ преимущественно фиброгенного действия - 30 мин. За указанный период времени может быть отобрана одна или несколько последовательных проб через равные промежутки времени. Для веществ, опасных для развития острого отравления (с остронаправленным механизмом действия, раздражающие вещества), максимальную концентрацию определяют из результатов проб, отобранных за возможно более короткий промежуток времени, как это позволяет метод определения вещества (ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05). Если метод анализа позволяет отобрать несколько (2 - 3 и более) проб в течение 15 мин, вычисляют среднеарифметическую (при равном времени отбора отдельных проб) или средневзвешенную (если время отбора отдельных проб разное) величину из полученных результатов, которую сравнивают с $ПДК_M$. Для веществ раздражающего действия полученные результаты проб, отобранных за время, предусмотренное методом контроля вещества, сравнивают с $ПДК_M$.

В течение смены и (или) на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее трех проб. Для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия допускается отбор одной пробы.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Периодичность контроля (за исключением веществ, с остронаправленным механизмом действия) устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для I класса - не реже 1 раза в 10 дней, II класса - не реже 1 раза в месяц, III и IV классов - не реже 1 раза в квартал.

В зависимости от конкретных условий производства периодичность контроля может быть изменена по согласованию с органами государственного санитарного надзора. При установленном соответствии содержания вредных веществ III, IV классов опасности уровню ПДК допускается проводить контроль не реже 1 раза в год.

Требования к контролю за соблюдением среднесменных ПДК

Среднесменные концентрации определяют для веществ, для которых установлен норматив - ПДК_{сс.рз}. Измерение проводят приборами индивидуального контроля либо по результатам отдельных измерений. В последнем случае ее рассчитывают как величину, средневзвешенную во времени, с учетом пребывания работающего на всех (в том числе и вне контакта с контролируемым веществом) стадиях и операциях технологического процесса. Обследование осуществляется на протяжении не менее чем 75% продолжительности смены в течение не менее 3 смен. Расчет проводится по формуле

$$K_{cc} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

где K_{cc} - среднесменная концентрация, мг/м³ ;

K_1, K_2, \dots, K_n - средние арифметические величины отдельных измерений концентраций вредного вещества на отдельных стадиях (операциях) технологического процесса, мг/м³ ;

t_1, t_2, \dots, t_n - продолжительность отдельных стадий (операций) технологического процесса, мин.

Периодичность контроля за соблюдением среднесменной ПДК должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленной Минздравом России.

6. Требования к методикам и средствам измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Структура, содержание и изложение методик выполнения измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны соответствовать требованиям Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений».

Разрабатываемые, пересматриваемые или внедряемые методики выполнения измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-2009 и утверждены Минздравом России в установленном порядке.

Методики и средства должны обеспечивать избирательное измерение концентрации вредного вещества в присутствии сопутствующих компонентов на уровне $\leq 0,5$ ПДК.

Границы допускаемой погрешности измерений концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, равных ПДК или более, должны составлять ± 25 % от измеряемой величины при доверительной вероятности 0,95, при измерениях концентраций ниже ПДК - границы допускаемой абсолютной погрешности измерений должны составлять $\pm 0,25$ ПДК в мг/м³ при доверительной вероятности 0,95:

- данное требование распространяется на результаты единичных измерений (измерений, полученных при однократном отборе проб);

-для веществ, ПДК которых ниже $1,0 \text{ мг/м}^3$, допускается увеличивать указанные нормы не более чем в 2 раза.

Результаты измерений концентраций вредных веществ в воздухе приводят к условиям: температуре 293 К (20°C) и давлению 101,3 кПа (760 мм рт.ст.).

Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны индикаторными трубками должно проводиться в соответствии с ГОСТ 12.1.014-84 "Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками".

Для автоматического непрерывного контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть использованы автоматические газоанализаторы и газоаналитические комплексы утвержденных типов, соответствующие требованиям ГОСТ 13320-81 "Газоанализаторы промышленные. Автоматические. Общие технические условия".

Тема 6. Инструментальный, инструментально-лабораторный контроль и контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА) с применением индикаторных трубок

План:

1. Инструментальный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА).

1.1. Принципы построения систем пробоотборных систем.

1.2. Основные требования к отбору, транспортировке и подготовке проб к анализу.

1.3. Беспровоотборные системы.

2. Инструментально-лабораторный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА).

3. Контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА) с применением индикаторных трубок.

1. Инструментальный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА).

Представительные пробы газов в газоходе могут быть отобраны экстрактивным (в пробоотборных системах) и неэкстрактивным (в беспровоотборных системах) методами. При экстрактивном отборе проб газы перед транспортировкой к газоанализатору подвергают подготовке: их очищают от аэрозолей, твердых частиц и других мешающих веществ. При неэкстрактивном отборе проб измерения проводят "на месте", поэтому отсутствует этап пробоподготовки, за исключением необходимой фильтрации.

Экстрактивный отбор проб

Экстрактивный отбор проб заключается в:

- отборе пробы;

- удалении мешающих веществ;

- поддержании состава газа на исходном уровне при транспортировке через систему отбора проб для последующего анализа соответствующим прибором.

Неэкстрактивный отбор проб

При неэкстрактивном отборе пробу газа из потока не отбирают, а ограничиваются диффузионным контактом измерительной ячейки с потоком газа непосредственно в газоходе.

1.1. Принципы построения систем пробоотборных систем

Процесс инструментального контроля концентраций ЗВ в ИЗА можно разделить на следующие этапы:

- отбор пробы из газохода,

- транспортировка пробы,

- подготовка пробы к анализу,

- автоматическое измерение концентраций ЗВ с применением газоаналитических приборов.

В зависимости от принципов построения системы пробоотбора и пробоподготовки различают контроль ИЗА методами непосредственного (прямого) измерения газовой пробы и разбавления.

Схема контроля ИЗА методом непосредственного измерения

Схема контроля ИЗА методом непосредственного измерения приведена на рисунке 10.

Пробу газа отбирают из газохода с помощью пробоотборного зонда 1, введенного в газоход через специальный пробоотборный узел, установленный на газоходе. На рисунке 10 приведена схема пробоотбора с внутренней фильтрацией, при которой фильтр грубой очистки пробы от пыли установлен на зонде внутри газохода. При отборе пробы методом внешней фильтрации фильтр грубой очистки устанавливают вне газохода и дополнительно подогревают для предотвращения выпадения на нем конденсата. Очищенная проба по обогреваемой магистрали транспортировки пробы 2 поступает в первичный осушитель пробы 3, где происходит охлаждение пробы и сбор конденсата. Конденсат, собранный в конденсатосборнике 4, может содержать легкорастворимые ЗВ (SO_2 , NO_x , NH_3 , HF и т.д.), при этом для повышения точности измерений необходимо определить содержание легкорастворимых загрязняющих веществ в конденсате методом инструментально-лабораторного анализа. После охлаждения проба, проходя через побудитель расхода газа 5, поступает во вторичный осушитель 6 с конденсатосборником 7, фильтр тонкой очистки 8 и подается в газоаналитические приборы, где непрерывно автоматически анализируется содержание в пробе одного или нескольких ЗВ в зависимости от типа и числа применяемых газоаналитических приборов.

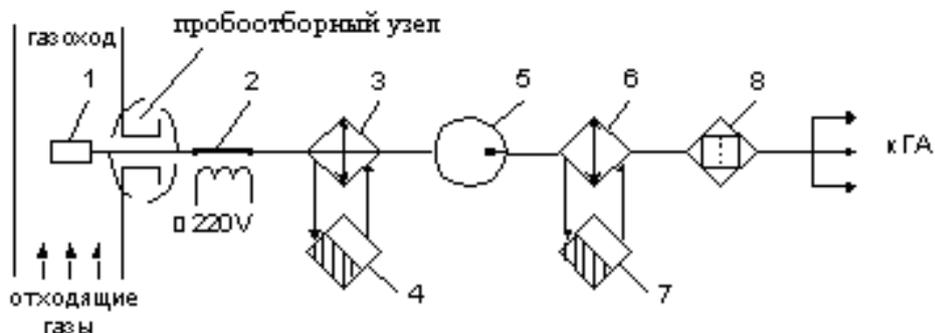
Метод основан на разбавлении исходной газовой пробы чистым воздухом или азотом в заданном соотношении. Проба газа, собираемая из газохода через пробоотборный зонд с внутренней фильтрацией, поступает в устройство разбавления 2. На второй вход устройства 2 поступает чистый воздух или азот от источника газа-разбавителя 3. Часть исходной пробы, разбавленная в заданном соотношении, через фильтр тонкой очистки 4 подается в газоаналитический прибор. Избыток пробы после разбавления сбрасывается в атмосферу.

В настоящее время разработаны два типа устройств разбавления пробы:

1) диффузионный разбавитель, в котором проба разбавляется за счет диффузии через пористую мембрану;

2) динамический разбавитель, в котором проба разбавляется в эжекторе.

Диффузионные разбавители широко не применяют из-за значительных трудностей стабилизации коэффициента разбавления.



ГА – газоанализаторы; 1 – пробоотборный зонд; 2 – обогреваемая магистраль транспортировки пробы; 3 – первичный осушитель пробы; 4, 7 – конденсатосборник; 5 – побудитель расхода газа; 6 – вторичный осушитель; 8 – фильтр тонкой очистки

Рисунок 10 - Схема контроля ИЗА методом непосредственного измерения

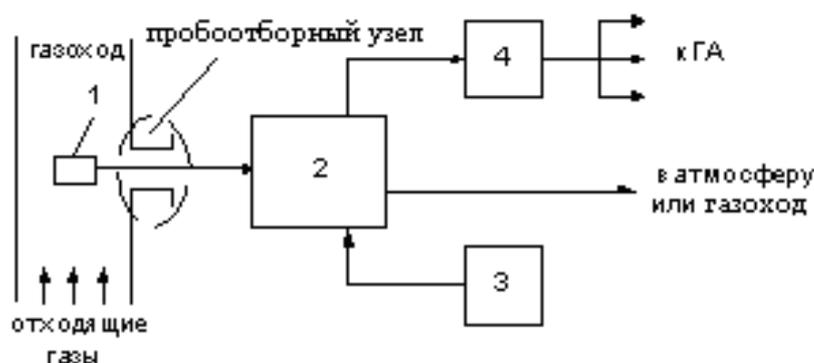
Схема контроля ИЗА методом разбавления

Наиболее распространен метод динамического разбавления, в котором коэффициент разбавления стабилизируется с помощью калиброванной диафрагмы, установленной в пробоотборной магистрали на входе в эжектор.

Преимуществами метода динамического разбавления пробы по сравнению с методом непосредственного измерения являются:

- возможность использования необогреваемых газовых магистралей, так как проба разбавляется уже при ее отборе и при этом устраняется опасность конденсации влаги и выпадения в конденсат легкорастворимых ЗВ;
- снижение химической агрессивности пробы и ее запыленности;
- возможность использования для анализа проб с микроконцентрациями ЗВ атмосферных газоанализаторов, что существенно расширяет номенклатуру газоаналитических приборов для контроля ИЗА.

Схема контроля ИЗА методом разбавления приведена на рисунке 11.



1 – пробоотборный зонд; 2 – устройство разбавления;
3 – источник газа разбавителя; 4 – фильтр тонкой очистки

Рисунок 11 - Схема контроля ИЗА методом разбавления пробы

1.2. Основные требования к отбору, транспортировке и подготовке проб к анализу

Требования к размещению и оборудованию точек контроля

Места отбора проб должны соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ 12.4.021 «Системы вентиляционные. Общие требования». Особое внимание надо уделять местам отбора проб, находящимся на высоте более 3 м над поверхностью производственной площади, а также местам отбора проб высокотоксичных веществ. Площадки для производства измерений должны быть защищены от воздействия высоких температур, прямых солнечных лучей, осадков и ветра. В непосредственной близости от оператора не должно быть движущихся частей технологического оборудования.

Рабочую площадку оператора оборудуют переносным или стационарным средством двусторонней связи с технологической и аварийными службами и руководством производственного подразделения. Уровень шума на площадке должен соответствовать ГОСТ 12.1.003 «Шум. Общие требования безопасности».

Площадки и вводы освещают переносными или стационарными лампами накаливания, включаемыми через разделительный трансформатор. Так же подключают средства пробоотбора и измерений. Если для отбора проб используют вакуумный эжекторный насос, то необходим подвод линий сжатого воздуха.

Вибрация площадки не должна превышать действующие санитарные нормы и допустимые нормативы для средств отбора проб и измерений. Если строительная конструкция площадки не позволяет обеспечить это условие, следует применять специальные амортизаторы и демпферы.

Общая рабочая площадь для отбора проб и измерений должна быть не менее 2 м². Площадка и ведущая к ней лестница должны иметь ограждение. Аппаратура должна надежно закрепляться.

В части пожарной безопасности площадки должны соответствовать ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность. Общие требования».

Точки контроля (замерные сечения) выбирают работники служб контроля ИЗА предприятий и согласовывают их с территориальными комитетами по охране природы.

Все измерения (скорости, температуры, давления, влажности потока и концентрации ИЗА) проводят в установившемся потоке газа. Место для измерения выбирают на прямолинейном участке газохода, по возможности ближе к устью выбросной трубы, на прямолинейном участке длиной 8-10 наибольших линейных размеров поперечного сечения (ЛРС), причем длина прямолинейного участка до места замера должна быть не менее (5-6) ЛРС. Не следует выбирать места измерения вблизи от изменений сечения, поворотов газоходов, арматуры, вентиляторов и т.п., создающих аэродинамические сопротивления, так как возмущения потоков отражаются на точности замеров. Когда это условие соблюсти нельзя, необходимо снимать поле скоростей особо тщательно, увеличив число точек и замеров при обязательном получении близких по значению результатов.

Температуру газового потока измеряют в непосредственной близости от места, где измеряют другие его параметры, не далее одного ЛРС газохода от штуцера ввода пневмометрических трубок, с помощью которых измеряют скорость потока в случае закрытых газоходов. Оборудуют специальный ввод для средств измерений, диаметр которого зависит от габаритов вводимого в газоход средства измерения. Возле места ввода обеспечивают стационарное или переносное освещение.

При измерении пневмометрической трубкой площадка, на которой устанавливают средство измерения, не должна вибрировать, освещение должно быть достаточным для прочтения показаний на шкале.

В аэрационных фонарях замеры производят в центрах тарировочных участков, выбранных для измерения скоростей газопылевого потока, на средней линии на равных расстояниях от верхнего и нижнего краев проема фонаря в точках, отстоящих друг от друга не более, чем на 10 м каждого яруса с обеих сторон. При общей длине фонаря более 50 м можно производить измерения через каждые 25 м.

Для вентиляторов, дефлекторов и устьев шахт измерения производят в газоходах перед ними на расстоянии, определяемом теми же условиями, что и для газоходов больших размеров.

Требования к устройствам отбора пробы

Пробоотборный зонд надо выполнять из материала, устойчивого к воздействию высоких температур (до 300 °С) и агрессивных компонентов пробы. Рекомендуется использовать для изготовления зонда трубку из нержавеющей стали типа Х18Н10Т или титана. При использовании зонда с внешней фильтрацией рабочий конец зонда можно срезать под углом 45° или изогнуть под углом 90°, чтобы создать в рабочих условиях дополнительное давление потока в пробоотборной магистрали.

Как правило, в состав пробоотборного зонда входит фильтр грубой очистки пробы от пыли.

Наиболее рационально в пробоотборных зондах, применять металлокерамические фильтры, изготавливаемые методом прессования и последующего спекания при температуре 1000-1300 °С. Тип порошка, из которого прессуют фильтрующий элемент, подбирают в зависимости от условий его эксплуатации и с учетом температуры, давления и агрессивности газов. Фильтры из металлокерамики не загрязняют пробу материалом фильтра, хорошо восстанавливают свои начальные свойства, просты в изготовлении и обслуживании.

Для холодных потоков газа можно использовать стеклотканевые фильтрующие элементы, а также волокнистые фильтры типа ФП.

Требования к магистрали транспортировки пробы

Магистраль транспортировки пробы должна обеспечивать неизменность состава пробы при ее подаче от места отбора до места анализа. Материал, из которого изготавливают магистраль транспортировки пробы, не должен вступать в химическое взаимодействие с компонентами пробы и сорбировать на своей поверхности ЗВ. К таким материалам относятся фторопласты, стекло (в меньшей степени), нержавеющая сталь.

Для предотвращения сорбции ЗВ и выпадения конденсата с легкорастворимыми компонентами пробы по всей длине магистрали надо обеспечить температуру газового потока на 10-15 °С выше точки росы отходящих газов. Обогреваемая пробоотборная магистраль входит в состав выпускаемого отечественной промышленностью устройства транспортировки и подготовки пробы (ТПП).

Для обогрева газовой магистрали можно использовать электронагреваемую ленту типа ЭНГЛ с соответствующей теплоизоляцией. Температуру потока в магистрали регулируют при этом с помощью преобразователей и регуляторов температуры. Электрический обогрев можно заменить обогревом теплоносителя (горячей водой, паром) путем прокладки магистрали транспортировки пробы в теплоизолирующей трубе вместе с теплоносителем. Газовую магистраль крепят к неподвижным конструкциям хомутами с интервалом (1-3) м. Газовую пробу транспортируют от пробоотборного зонда, размещенного в источнике, по вертикальной трубке диаметром (20-30) мм, выполненной из нержавеющей стали типа Х10Н10Т.

Используя стационарную магистраль транспортировки пробы, службы предприятия обязаны 1 раз в 6 мес. производить контрольные проверки состояния газовой магистрали путем подачи образцовой газовой смеси на ее вход и анализа состава газовой пробы на выходе инструментальным или инструментально-лабораторным методом.

Требования к устройствам подготовки пробы к анализу

Устройства подготовки пробы к анализу, предназначенные для охлаждения, осушения и тонкой очистки пробы от пыли, должны обеспечивать температуру, влажность и запыленность пробы, поступающей в газоанализатор, в пределах, установленных в технической документации на применяемый тип газоаналитического прибора.

Как правило, параметры газовой пробы, поступающей на вход газоаналитического прибора, должны находиться в пределах:

- температура от 5 до 40 °С,
- влажность до 80% при температуре 25 °С,
- запыленность до 10 мг/м³ при наличии в составе газоанализатора фильтра тонкой очистки.

1.3. Беспроботборные системы

В беспроботборных системах используются два типа датчиков:

- точечный датчик;
- маршрутный датчик.

Пример схемы неэкстрактивного точечного датчика приведен на рисунке 12, неэкстрактивного маршрутного датчика - на рисунке 13.

Устройства для неэкстрактивного отбора проб

Точечные датчики

Точечные датчики для неэкстрактивного отбора проб, расположенные на конце зонда, помещают в газовый поток внутри газохода. Газ контролируют в одной точке или на коротком участке (менее 10 см) в зависимости от принципа измерений. Пример схемы точечного датчика для неэкстрактивного отбора проб приведен на рисунке 12. Точечные датчики должны содержать следующие устройства:

1. Приемопередающий блок.

Устройство, которое распознает отклик измерительной ячейки и генерирует электрический сигнал, соответствующий концентрации определяемого газа.

2. Зонд.

Опора измерительной ячейки, протянутая от приемопередающего устройства.

3. Измерительная ячейка.

Камера или полость на конце зонда, расположенная в потоке отходящего газа, с помощью которой получают электрооптический или химический отклик на концентрацию определяемого газа.

4. Фильтр для защиты зонда.

Пористая керамическая или спеченная металлическая трубка или сетка, которая сводит к минимуму мешающее влияние твердых частиц на процесс измерения.

5. Держатель зонда.

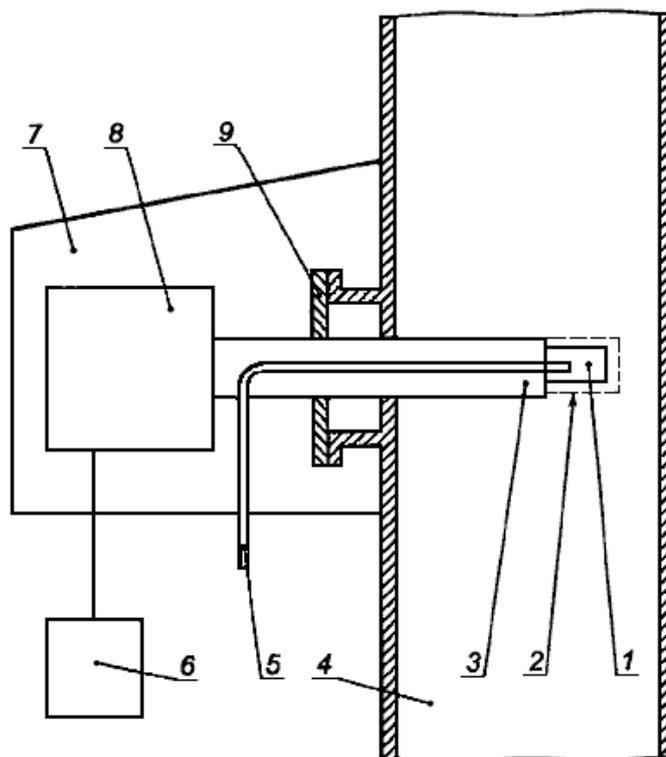
Фланец, установленный в точке отбора проб, используемый для соединения приемопередающего блока и зонда.

6. Трубка для подачи калибровочного газа.

Трубка, через которую подается калибровочный, сравнительный или нулевой газ (в Российской Федерации в качестве сравнительного, а в некоторых случаях и градуировочного газа используют ПГС, выпускаемые в баллонах и имеющие статус государственных стандартных образцов состава) в измерительную ячейку для калибровки прибора.

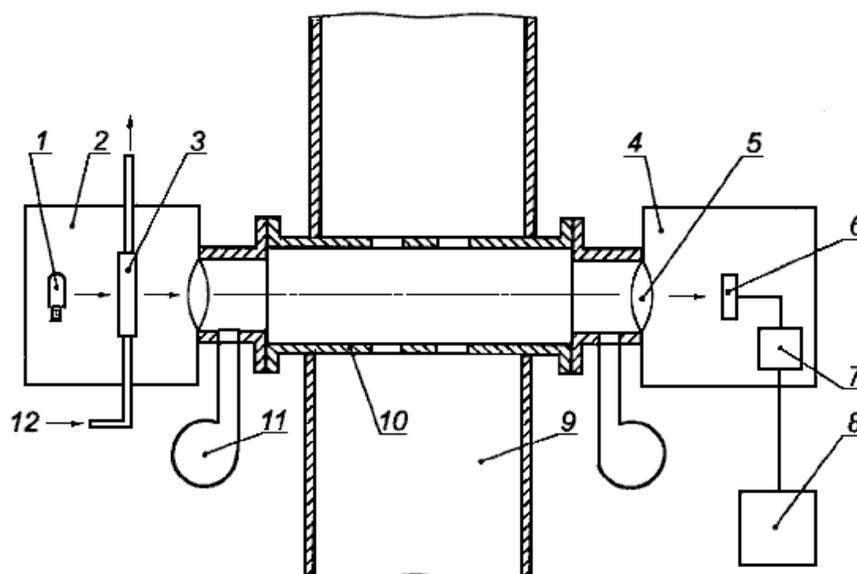
7. Защитный кожух (необязательно).

Кожух, защищающий приемопередающий блок от влияния окружающей среды.



1 - измерительная ячейка; 2 - фильтр для защиты измерительной ячейки; 3 - зонд;
4 - газопровод или труба; 5 - трубка для подачи калибровочного газа;
6 - блок регистрации данных; 7 - защитный кожух; 8 - приемопередающий блок;
9 - крепление зонда

Рисунок 12 - Пример схемы неэкстрактивного точечного датчика



- 1 - источник излучения; 2 - излучатель; 3 - внутренняя калибровочная ячейка;
 4 - приемник; 5 - защитное окно; 6 - детектор; 7 - электронный модуль;
 8 - блок регистрации данных; 9 - газоход или труба; 10 - труба для настройки или калибровки; 11 - нагнетатель продувочного воздуха; 12 - трубка для подачи калибровочного газа

Рисунок 13 - Пример схемы неэкстрактивного маршрутного датчика

Маршрутные датчики

Пример схемы маршрутного датчика для неэкстрактивного отбора проб приведен на рисунке 13. Маршрутные датчики включают в себя следующие устройства:

1. Излучатель.

Устройство измерительной системы, которое содержит источник оптического излучения и соответствующие электрооптические элементы. Излучение от источника проецируется через отходящий газ на приемник, расположенный на противоположной стороне газохода.

2. Приемник.

Устройство измерительной системы, которое содержит детектор и соответствующие электрооптические элементы. Детектор улавливает излучение, поступающее от излучателя, и генерирует сигнал, соответствующий содержанию определяемого компонента.

В других конструкциях приемопередающий блок может быть заменен уголковым отражателем. Уголковый отражатель направляет пучок лучей обратно на приемник, детектор которого реагирует на отраженный свет.

3. Защитные окна.

Окна или линзы между отходящим газом и электрооптическими блоками, используемые для предотвращения проникновения газа в электрооптические блоки.

4. Нагнетатель продувочного воздуха.

Устройство, которое обдувает чистым воздухом защитные окна для уменьшения осаждения на них частиц.

5. Труба для настройки или калибровки (необязательно).

Труба, используемая для юстировки электрооптических блоков и/или для проведения калибровки. Маршрутный датчик находится в режиме калибровки, если труба заполнена воздухом и закрыта для доступа отходящих газов.

6. Антивибрационная система (необязательно, не изображена на рисунке 4).

Система, изолирующая излучатель и приемник от вибраций газохода.

7. Внутренняя ячейка для калибровки.

Ячейка, предназначенная для ввода газов в целях калибровки маршрутного датчика.

Работа системы

Контроль утечек

Для контроля утечек следует отсоединить трубку для отбора проб от зонда, заглушить ее и с помощью насоса, подсоединенного к трубке через перепускной клапан, понизить в ней давление до 50 кПа. Наличие утечек не допускается. При наличии капель жидкости и аэрозолей выполняют регулярные проверки с использованием сравнительных газов, подаваемых на вход зонда для отбора проб и газоанализатора.

Калибровка, функционирование и настройка

При экстрактивном отборе проб необходимо проводить калибровку газоанализатора, включая линию отбора проб. Для этого требуется место ввода штуцера для подачи калибровочного газа. Необходимо предусматривать две точки для подачи калибровочного газа, одна из которых должна находиться как можно ближе к месту отбора проб, а другая - на входе в газоанализатор.

При неэкстрактивном отборе проб измерительные системы также калибруют с использованием калибровочных газов. Для калибровки маршрутных датчиков может потребоваться внутренняя ячейка для калибровки.

Калибровка экстрактивных и неэкстрактивных систем отбора проб по усмотрению пользователя (несмотря на высокую стоимость) может быть выполнена экстрактивными стандартными лабораторными методами (мокрой химии).

Нулевой и калибровочный газы вводят без избыточного давления как можно ближе к точке отбора проб. В качестве нулевого газа может быть использован азот.

Для настройки газоанализатора вводят нулевой газ, а затем калибровочный газ (с концентрацией от 70% до 80% верхнего значения диапазона измерений). Эту операцию повторяют один или два раза.

Для проверки всего диапазона измерений газоанализатора с линейной градуировочной характеристикой используют четыре калибровочных газа с равномерно распределенными концентрациями (приблизительно 20%, 40%, 60% и 80% верхнего значения диапазона измерений). Калибровочный газ, используемый при установке, может быть постепенно разбавлен. В случае нелинейной градуировочной характеристики требуется проводить калибровку не менее чем по 10 точкам диапазона измерений.

Градуировочная характеристика газоанализаторов может быть проверена при подаче калибровочного газа напрямую на вход газоанализатора. Настройку газоанализатора проверяют регулярно, например еженедельно (период необслуживаемой работы). Градуировочную характеристику газоанализатора проверяют через большие интервалы времени (например, ежегодно) или после ремонта.

Сохранность пробы

Особого внимания требует сохранение целостности отобранной пробы путем правильного выбора устройств системы отбора проб, а также соответствующего нагрева, осушки, контроля и т.п. На сохранность пробы также могут влиять коррозия, синергизм, взаимодействие компонентов пробы, разложение и абсорбция/адсорбция.

Техническое обслуживание систем отбора проб

Техническое обслуживание системы отбора проб состоит из выполнения следующих операций:

- проверки соблюдения требований безопасности в соответствии с инструкциями;
- проверки работы предохранительных устройств;
- замены использованных компонентов блока очистки (фильтр, осушитель и т.д.);
- регулирования рабочих параметров;
- проверки водо-, энергоснабжения, наличия градуировочных газов.

Техническое обслуживание линии отбора проб проводят регулярно в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. Инструментально-лабораторный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА)

В настоящее время основной объем данных о количественном составе выбросов в атмосферу получают, используя инструментально-лабораторные методы контроля. Это связано, с одной стороны, со значительной сложностью и большими затратами, необходимыми для создания и налаживания массового выпуска автоматических газоанализаторов. С другой - уже сейчас число веществ, подлежащих контролю, достигло нескольких сотен, что делает невозможным создание автоматических приборов для каждого из ЗВ. По-видимому, в обозримом будущем будут создаваться и относительно широко использоваться газоанализаторы для определения приоритетных газовых примесей (NO_x , SO_2 , CO) и наиболее важных специфических ЗВ (NH_3 , H_2S , фториды, меркаптаны, галогены и их соединения и др.). Анализ зарубежного опыта в области использования газоанализаторов для контроля ИЗА показывает, что в последние годы наблюдается определенное снижение интереса к автоматическим приборам определения концентраций ЗВ в отходящих газах. Это связано с их дороговизной, сложностью и большими затратами на эксплуатацию и обслуживание, а также избыточностью получаемой информации.

Таким образом, в ближайшие годы, очевидно, сохранится ведущая роль инструментально-лабораторных методов как источников получения информации о выбросах в атмосферу и средств контроля соблюдения нормативов. В этой связи особое значение приобретают создание и внедрение в практику контроля наиболее эффективных и производительных лабораторных методов контроля, их унификация по отраслям и по стране в целом с учетом современных требований к методам определения концентраций.

Государственными нормативными актами определено, что при контроле ИЗА можно использовать только методики, согласованные в установленном порядке.

Для обеспечения унификации методик в предельном случае предусмотрен принцип «одно вещество - одна методика» для всех отраслей и для всей страны. В ряде случаев этот принцип не удается соблюдать из-за больших различий ИЗА по составу, температуре газов и условиям отбора проб.

Однако согласовывать альтернативные методики можно только при убедительно аргументированной невозможности получить достоверные данные с помощью имеющихся методик. Методики должны отвечать основным требованиям к методикам выполнения измерений и специфическим требованиям к методам контроля концентраций ЗВ в выбросах ИЗА. Одним из основных требований является обязательная экспериментальная проверка методики на поверочных газовых смесях в лабораторных условиях и на реальных выбросах.

Наиболее часто используемые на практике методики изданы в виде сборника.

3. Контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА) с применением индикаторных трубок

Номенклатура ИТ для определения загрязняющих веществ в ИЗА достаточно ограничена. Вместе с тем, для всех ИТ существует общий подход в их применении, который можно распространить и на разрабатываемые ИТ.

1. Необходимо корректно выбирать область применения ИТ, с целью не допустить влияния сопутствующих компонентов на показания ИТ.

2. Очень важно учитывать при измерениях влажности газовых потоков и наличие аэрозольной влаги. Влияние этих факторов может проявиться двояко: 1) ряд газов – H_2S , SO_2 и NH_3 - легко растворяются в сконденсировавшейся воде, что приводит к занижению результатов; 2) конденсирующаяся в ИТ вода может растворять нанесенные на носитель реагенты, что приводит к непредсказуемому смещению границы окрашенного слоя. Для устранения паров воды, которые при конденсации могут дать капли жидкости, целесообразно устанавливать небольшой поглотительный патрон, заполненный осушителем. Так, например, можно использовать цеолиты и т.д. Вместе с тем, совершенно недопустимо использовать в качестве осушителя силикагель, так как он неселективный сорбент по отношению к полярным веществам и будет поглощать как пары воды, так и

анализируемый компонент. Еще одним способом устранения излишней влаги является установка между пробоотборным зондом и ИТ каплеотбойника, однако при этом на результат сильно влияет растворимость газов в воде.

3. При анализе с помощью ИТ необходимо учитывать запыленность отходящих газов. При непосредственном отборе пробы возможно значительное повышение аэродинамического сопротивления, что приводит к дополнительной погрешности. Поэтому целесообразно использовать зонды с внешней фильтрацией, например, металлокерамические или из пористого стекла.

4. Важными параметрами, требующими учета, являются температура и разрежение или избыточное давление в газоходе.

Все сказанное относится к отходящим газам с температурой внутри газохода не более (150-200) °С, так как при небольших расходах газа через ИТ ((0,2-0,3) дм³/мин) уже на расстоянии (30-50) мм от стенки газохода температура пробы практически равна температуре окружающей среды. При большом разрежении аспиратор типа АМ-5 непригоден, и поэтому надо использовать другие способы отбора проб, например, использовать электроаспиратор. При этом необходимо дозировать объем пропущенного газа, изменяя время отбора пробы и соблюдая постоянный расход газа в диапазоне (0,2-0,3) дм³/мин. Такой способ проверен на практике и дает хорошие результаты.

Большие проблемы возникают при использовании ИТ при низкой температуре окружающей среды. Здесь возможны следующие приемы: выносить ИТ из теплого помещения непосредственно перед анализом, при анализе использовать тепло стенки газохода или держать ИТ в руке. Создавать специальные обогреватели нецелесообразно, так как это снижает основное достоинство метода - его оперативность.

Тема 7. Мониторинг источников выбросов

План:

1. Мониторинг выбросов ТЭС.
2. Правила организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в котельных.
3. Контроль концентраций ЗВ в выбросах автотранспорта.
4. Контроль газоочистного оборудования (ГОУ).
5. Контроль неорганизованных ИЗА

1. Мониторинг выбросов ТЭС

Регулирование качества окружающей среды с гигиенических и экологических позиций возможно путем введения и строгого контроля норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) источниками загрязнения (нормирование выбросов и общего воздействия).

При введении норм ПДВ должны учитываться конкретные климатические характеристики, а также уже существующая в данном районе экологическая нагрузка (существующий фон).

Во многих случаях обязательное достижение величин допустимых нагрузок возможно путем установления временно согласованных величин выбросов (ВСВ) с постепенным, ступенчатым их снижением. При таком снижении величины ВСВ могут определяться исходя из достигнутого или достижимого технического уровня (конечно, с обязательным учетом безопасности для человека и экосистем).

Задачи системы мониторинга выбросов ТЭС

Необходимость в локальных системах мониторинга, в частности системы мониторинга выбросов ТЭС, обусловлена необходимостью обеспечения выполнения жёстких экологических требований.

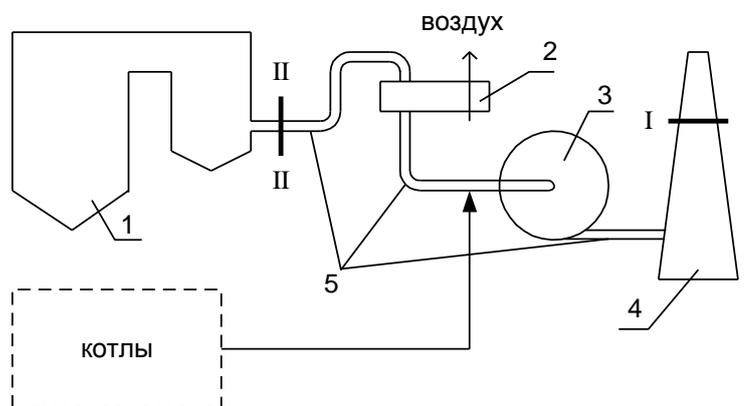
Для источника выбросов такими требованиями является соблюдение ПДВ загрязняющих веществ, г/с.

Схема газового тракта котла приведена на рисунке (рисунок 14).

Для систем мониторинга выбросов ТЭС основными задачами являются:

1. Контроль за соблюдением ПДВ;
2. Определение текущего массового выброса;

3. Расчёт платы за выбросы;
4. Регулирование вредных выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях;
5. Выполнение расчётов загрязнений окружающей среды.



1 – котёл; 2 – регенеративный воздухоподогреватель; 3 – дымосос;
4 – дымовая труба; 5 – дымоходы

Рисунок 14 – схема газового тракта котла

Способы организации систем мониторинга выбросов на ТЭС:

1. Непрерывный контроль массовых выбросов вредных веществ на дымовой трубе.
2. Непрерывный контроль концентрации вредных веществ дымовых газов на каждом котельном агрегате ТЭС.
3. Комбинация 2-х первых способов.

Непрерывный контроль массовых выбросов вредных веществ на дымовой трубе

Достоинства:

- одна система позволяет определять суммарные массовые выбросы всех котлоагрегатов, подключенных к данной дымовой трубе;
- наличие в дымовой трубе на определённой высоте практически равномерных концентрационных и скоростных полей, что позволяет производить измерения практически по сечению трубы концентраций веществ и скорости потока.

Недостатки:

- невозможность регулирования и наладки рабочих режимов котлов, т.к. измеряя суммарные концентрации вредных веществ, поступающих со всех котлоагрегатов, нельзя определить в каком именно котле произошло нарушение рабочего режима;
- системы контроля размещены вне здания ТЭС на высоте 60-100 м над поверхностью земли;
- протяжённые линии коммуникаций (например, пробы воздуха, взятые на высоте 60-100 м, отправляют в лабораторию на земле).

Непрерывный контроль концентрации вредных веществ дымовых газов на каждом котлоагрегате ТЭС

Достоинства:

- содержание примесей в дымовых газах, особенно O_2 и CO , характеризует топочный режим и завершённость процесса выгорания топлива каждого котлоагрегата;
- системы контроля размещены внутри здания ТЭС, где сезонные колебания температур окружающей среды невелики, что повышает надёжность работы всей газоотборной системы;
- линии коммуникации имеют меньшую протяжённость, нежели в предыдущем способе.

Недостатки:

- неравномерность скоростей газового потока и концентрационных полей по ширине и глубине газохода;
- большие присосы холодного воздуха.

Комбинация двух первых способов.

Достоинства (позволяет соединять достоинства (преимущества) обоих способов):

- возможность получения данных по концентрациям веществ с каждого котла;
- возможность проведения диагностики, регулирования и наладки рабочих режимов каждого котла;
- возможность определения реальных массовых выбросов всей станции.

Недостаток:

- значительные материальные затраты.

На рисунке 15 приведены основные элементы схемы мониторинга выбросов ТЭС.

Оборудование ТЭС - к основным источникам вредных газообразных факторов ТЭС относятся паровые и водогрейные котлы.

Выброс дымовых газов от котлов и их рассеивание осуществляется с помощью высоких дымовых труб.

Измерительная система - включает средства измерений и необходимое вспомогательное оборудование для определения содержания вредных примесей в уходящих газах котлов и их массового выброса с широкими возможностями сохранения, обработки и передачи данных.

Пробоотборная система - имеет устройство и оборудование, предназначенное для непрерывного или периодического отбора проб, их подготовки и транспортировки без изменения химического и количественного состава от места забора до измерительной системы. Эти устройства должны обеспечивать работу измерительной системы в реальном масштабе времени.

Беспробоотборная система устанавливается непосредственно в газовом тракте и не требует линий транспортировки и устройств пробоподготовки.

Пробоотборная и беспробоотборная системы должны быть стационарно устанавливаемыми.

Стационарные системы обладают более высокой точностью измерений, чем переносные и не требуют времени на установку.

Программно – вычислительный комплекс представляет собой средства вычислительной техники, объединённые в локальные вычислительные сети, средства электронной связи и необходимый набор программных продуктов и баз данных для сбора, обработки, хранения и анализа поступающей от измерительных систем информации. Комплекс содержит диагностические и экспертные системы для разработки рекомендаций по оптимизации текущих режимов работы оборудования и по его ремонту, модернизации или реконструкции с целью улучшения экологических и экономических показателей ТЭС.

Комплекс обеспечивает взаимосвязь между вышеорганизационными уровнями системы мониторинга выбросов ТЭС, а так же санкционированный обмен данными в информационной сети системы непрерывного мониторинга выбросов.



Рисунок 15 – Элементы схемы мониторинга выбросов ТЭС

2. Правила организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в котельных

На ТЭС должен быть разработан план-график контроля соблюдения установленных нормативов выбросов (ПДВ и ВСВ). Пример формы и заполнения плана-графика приведен в таблице 4.

План-график должен включать:

- перечень источников выбросов и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ, подлежащих контролю;

- нормативы выбросов;

- наименование методов и периодичность контроля выбросов;

- перечень подразделений или лиц, осуществляющих контроль.

План-график должен быть согласован с местным органом Росприроднадзора и утвержден главным инженером ТЭС.

Если разработанный на ТЭС и согласованный с местным органом Госкомэкологии РФ проект нормативов выбросов включает раздел о контроле выбросов, содержащий указанные выше сведения, то разработка отдельного плана-графика не требуется.

Администрация ТЭС утверждает перечень подразделений и лиц, ответственных за: проведение инструментальных измерений выбросов; проверку эффективности газоочистных установок;

проведение расчетов выбросов; учет и отчетность по контролю выбросов; информацию о соблюдении нормативов выбросов.

К контролю выбросов могут на договорных условиях привлекаться сторонние организации, имеющие соответствующую лицензию Госкомэкологии РФ или его регионального органа, но ответственность за осуществление контроля несет ТЭС.

Контролю подлежат выбросы нормируемых загрязняющих веществ.

К нормируемым загрязняющим веществам, выбрасываемым с дымовыми газами, относятся:

- пыль (зола твердого топлива);

- оксиды серы (в пересчете на диоксид серы);

- диоксид азота;

- оксид азота;

- оксид углерода;

- мазутная зола (в пересчете на ванадий);

- сажа и бенз(а)пирен (оба только для котлов паропроизводительностью менее 30 т/ч).

На угольных складах нормированию подлежат выбросы угольной пыли при перевалке топлива, на золоотвалах — выбросы золошлаковой пыли при выемке сухой золы.

При контроле определяются выбросы: максимальные (средние за 20 мин) в граммах в секунду и суммарные (за длительный период - месяц, квартал, полугодие, год) в тоннах.

Контроль максимальных выбросов осуществляется только для загрязняющих веществ, на которые установлен норматив выбросов в граммах в секунду.

Категорирование источников по инструментальному контролю выбросов устанавливается для каждого загрязняющего вещества (таблица) в зависимости от параметров Φ и Q , определяемых по формулам:

$$\Phi = \frac{M}{H \times \text{ПДК}} \times \frac{100}{100 - \eta};$$

$$Q = q \frac{100}{100 - \eta},$$

где M - максимальный выброс загрязняющего вещества из источника, г/с;

H - высота источника выброса, м;

ПДК - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, мг/м³;

η - эффективность газоочистки, %;

Q- приземная концентрация загрязняющего вещества на границе СЗЗ или ближайшей жилой застройки, ед. ПДК.

Условия отнесения источника загрязнения атмосферы к той или иной категории приведены в таблице 3.

Контроль выбросов подразделяется на систематический, осуществляемый непрерывно или периодически, и разовый.

Непрерывный систематический (аналитический) контроль с определением максимальных и годовых выбросов из дымовых труб осуществляется с помощью стационарных автоматических газоанализаторов, пылемеров и расходомеров дымовых газов.

Установки сероулавливания и азотоочистки должны оснащаться автоматическими стационарными газоанализаторами в обязательном порядке.

Допускается определение объема дымовых газов расчетным методом по расходу топлива и содержанию кислорода в дымовых газах при условиях регистрации расхода топлива и содержания кислорода прямыми или косвенными методами.

В случае временного отсутствия стационарных газоанализаторов и пылемеров систематический контроль осуществляется периодически по плану-графику с применением переносных газоанализаторов и пылемеров или расчетными методами. Частота контроля выбросов устанавливается в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Категория источника выброса по частоте контроля

Категория источника выброса	Частота контроля выброса	Одновременное условие параметров*	
		Φ	Q
I	1 раз в квартал	>0,010	>0,5
		>0,100	>5,0
II	2 раза в год	>0,001	<0,5
		>0,010	<0,5
III	1 раз в год	>0,001	<0,5
		>0,010	<0,5
IV	1 раз в 5 лет	>0,001	<0,5
		>0,010	<0,5

* Для источника II категории дополнительное условие - наличие разработанных мероприятий по сокращению выброса загрязняющего вещества.

Примечание. Для каждой из категорий источника первая строка значений параметров Φ и Q дана для $H \geq 10$ м, а вторая - $H < 10$ м.

При систематическом периодическом контроле:

- максимальные выбросы диоксида серы при наличии сероочистной установки, золы твердого топлива, оксидов азота, оксида углерода определяются расчетом с использованием результатов плановых инструментальных измерений содержания этих веществ в дымовых газах; при отсутствии сероочистных установок максимальные выбросы диоксида серы допускается определять расчетными методами без инструментальных измерений;

- максимальные выбросы мазутной золы (в пересчете на ванадий), сажи, бенз(а)пирена и годовые выбросы всех веществ определяются расчетными методами с использованием (при наличии таковых) зависимостей содержания вещества в дымовых газах от нагрузки котла.

Разовый контроль выбросов из дымовой трубы осуществляется:

- после выхода котла, его пылегазоочистного оборудования из капитального ремонта;
- после реализации воздухоохраных мероприятий (включая мероприятия, предназначенные для реализации при неблагоприятных метеоусловиях) для оценки их эффективности;
- при переводе котла на длительное использование нового топлива;
- после реконструкции, замены, изменения режима работы пылегазоочистного оборудования;
- по завершении пусконаладочных и режимно-наладочных работ.

Разовый контроль осуществляется путем инструментального измерения содержания в дымовых газах золы твердого топлива, оксида азота, оксида углерода, диоксида серы (при реализации мероприятий, связанных с изменением его выброса), а также расчетными методами.

При инструментальном измерении используются стационарные и переносные приборы, прошедшие сертификацию и аттестацию, и методы из числа включенных в «Перечень методик измерения концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий», допущенных к применению.

Расчетные методы применяются из числа включенных в «Перечень методических документов по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух». Допускается использовать другие расчетные методики по согласованию с местным органом Росприроднадзора РФ.

Определение количества выбросов

Измерения при контроле с использованием стационарных и переносных приборов должны производиться в дымовой трубе или газоходе за газоочистой установкой, а при отсутствии установки - за последней поверхностью нагрева котла.

При наличии рециркуляции дымовых газов расходомер объема дымовых газов должен устанавливаться в газоходе за местом отбора дымовых газов на рециркуляцию. Допускается установка двух расходомеров: одного до места отбора на рециркуляцию, другого на линии рециркуляции.

Сечения для инструментальных измерений следует выбирать, руководствуясь рекомендациями «Методики испытаний золоулавливающих установок тепловых электростанций и котельных: РД 34.27.301-91».

При измерении содержания газообразных загрязняющих веществ в дымовых газах допускается отбирать пробы из шунтовых труб на участках газоходов.

Место отбора проб должно быть оборудовано всем необходимым для работы (площадкой, штуцерами, подводом сжатого воздуха и др.).

Периодические инструментальные измерения целесообразно проводить при максимальных нагрузках, имеющих место в установленный период измерения.

Периодические измерения содержания загрязняющих веществ проводятся при максимальной или близкой к максимальной нагрузке котла, группы котлов, подключенных к трубе, при этом измерения проводятся на тех видах топлива, которые составляют не менее 5% всего сжигаемого в течение года на котле топлива.

Периодические измерения должны проводиться одновременно на всех котельных установках, подключенных к трубе и выбрасывающих данное загрязняющее вещество. Исключение допустимо для одинаковых установок, работающих в этот момент на одинаковом топливе и имеющих одинаковую нагрузку и режим работы газоочистных установок. В этом случае достаточно проведения измерений на одной из котельных установок, результаты измерений при этом распространяются на остальные установки.

Объем дымовых газов при периодических измерениях определяется с помощью прибора определения объема дымовых газов, а при его отсутствии — косвенным методом: по нагрузке котельной установки и содержанию кислорода в дымовых газах.

Независимо от периодичности инструментальных измерений контроль расчетными методами осуществляется не реже 1 раза в месяц.

При расчетных методах определения суммарных выбросов за месяц используются следующие показатели, входящие в расчетные формулы:

- содержание оксидов азота в дымовых газах в зависимости от нагрузки котла (при наличии такой зависимости на ТЭС);
- средние за месяц зольность, сернистость, влажность, калорийность топлива — по данным химической лаборатории, а при их отсутствии — по удостоверениям о качестве и паспортам топлива;
- эксплуатационная среднемесячная степень очистки дымовых газов от золы в золоуловителях;
- расход топлива, средняя эксплуатационная нагрузка котлов, избытки воздуха — по ежемесячному «Отчету электростанции о тепловой экономичности оборудования. Макет 15506-1»;

- содержание ванадия в мазуте - по данным нефтеперегонных заводов (при наличии данных);
 - остальные показатели - по данным испытаний котла или по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)».

При расчетном определении максимального в течение месяца выброса используются следующие показатели, входящие в расчетные формулы:

- максимальный суточный расход наиболее загрязняющего данным веществом топлива всей группы котлов, подключенных к дымовой трубе, и ТЭС в целом (для различных загрязняющих веществ и источников выбросов это могут быть разные топлива);

- остальные показатели (но усредненные за сутки, когда имел место максимальный расход наиболее загрязняющего топлива).

Таблица 4 - План-график контроля соблюдения нормативов выбросов

Номер источника выбросов, наименование	Точка отбора пробы	Контролируемое загрязняющее вещество	Периодичность контроля	Периодичность контроля при НМУ	Норматив, выбросов, г/с	Исполнитель	Метод контроля, используемые приборы
1, труба № 1 2, труба № 2	-	Диоксид серы	Ежемесячно	1 раз в сутки	250 320	Инженер режимно-наладочной группы ПТО	Расчетный по "Методике определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС: РД 34.02.305-98" (М.: ВТИ, 1998)
3, труба № 3	Перед дымососом котлов № 5 и 6	Зола	Расчет - ежемесячно, измерения - 1 раз в год	Тоже	595	Расчет - инженер режимно-наладочной группы. Измерения - РНП энергосистемы	Расчетный по той же Методике с использованием плановых измерений по "Методике испытаний золоулавливающих установок тепловых электростанций и котельных: РД 34.27.301-91" (М.: СПО ОР-ГРЭС, 1991)
1, труба № 1 2, труба № 2 3, труба № 3	Перед дымососом всех котлов, подключенных к трубе	Диоксид азота	Расчет ежемесячно, измерения - 2 раза в год	1 раз в сутки	440 537 525	Расчет - инженер режимно-наладочной группы ПТО. Измерения - инженер санитарно-промышленной лаборатории	Расчетный по РД 34.02.305-98 с использованием плановых измерений переносным газоанализатором типа...
4, угольный склад	-	Пыль угольного склада	1 раз в год при составлении годового отчета по форме № 2-тп (воздух)	То же	10	Инженер режимно-наладочной группы ПТО	Расчетный по "Методическому пособию по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов" (Новосибирск: НПО Со-

Номер источника выбросов, наименование	Точка отбора пробы	Контролируемое загрязняющее вещество	Периодичность контроля	Периодичность контроля при НМУ	Норматив, выбросов, г/с	Исполнитель	Метод контроля, используемые приборы
							юзстромэкология, 1989)
<p>Примечания: 1. Контроль выбросов при НМУ в отсутствие стационарных приборов осуществляется расчетным методом.</p> <p>2. Контроль оксида азота и оксида углерода не проводится, так как нормы в граммах в секунду на эти вещества не установлены.</p> <p>3. Контроль выбросов золы с золоотвала не проводится, так как выемка сухой золы не производится.</p>							

Допустимая погрешность определения валового выброса составляет $\pm 25\%$ в соответствии с «Методикой выполнения измерения валовых выбросов с использованием автоматических, полуавтоматических и экспрессных газоанализаторов» (СПб.: НИИ Атмосфера, 1991).

Погрешность инструментального определения выброса складывается из среднеквадратичной суммы погрешностей измерения концентрации загрязняющего вещества и объемного расхода дымовых газов. Допустимая погрешность при этом обеспечивается соблюдением режима поверки и профилактики приборов, качественным выполнением импульсных линий.

Погрешность расчетного определения выброса складывается из среднеквадратичной суммы погрешностей определения входящих в расчеты параметров, основные из которых содержатся в «Нормах погрешности измерений технологических параметров тепловых электростанций и подстанций: РД 34.11.321-96» (М.: Ротапринт ВТИ, 1997).

Учет выбросов и отчетность по контролю выбросов

По согласованию с Управлением социальной статистики Госкомстата РФ ведение первичного учета выбросов на ТЭС осуществляется по журналам, указанным в данных Правилах.

Для учета выбросов в атмосферу ТЭС должна вести два журнала: учета выбросов и измерений выбросов.

В первом журнале (учета выбросов) учет выбросов ведется по дымовым трубам, складу угля, золоотвалу и по ТЭС в целом.

В этот журнал на основании обработки информации измерений, а при их отсутствии на основании расчетов ежемесячно записываются:

- выброс за месяц в тоннах;
- максимальный в течение месяца выброс в граммах в секунду (при отсутствии стационарных газоанализаторов и пылемеров - наибольшее из значений расчетного выброса и выброса, рассчитанного с использованием данных инструментальных измерений, если таковые проводились в этот месяц) для веществ, на которые установлен норматив выброса в граммах в секунду.

Если в течение месяца выброс не производился, то в соответствующей графе следует ставить 0 (ноль).

Запись производится не позднее чем через 5 суток после окончания месяца.

На основании записей в журнале учета выбросов определяется выброс в атмосферу (в тоннах) для отчета ТЭС по формам № 2-тп (воздух).

Выброс за отчетный период M определяется по формуле

$$M = (M_{m1} + M_{m2} + \dots + M_{mn}),$$

где M_{m1} , M_{m2} , M_{mn} - месячные выбросы в течение отчетного периода, т;

n - число месяцев в отчетном периоде.

Максимальный выброс за любой отрезок времени больше месяца определяется по наибольшему значению из максимальных за месяц выбросов в течение интересующего периода из журнала учета выбросов.

Журнал измерений выбросов ведется хронологически. Записи производятся не позднее чем через 5 суток после проведения измерений.

Пример журнала и его заполнения дан в таблице 5.

Таблица 5 – Журнал измерений выбросов

Дата (число, месяц, год)	Ингреди- ент	Выбрасывается с дымовыми газами		Вид топлива (для смеси - соотно- шение)	Производи- тельность котла во время измерений, т/ч, Гкал/ч	Место измерения	Концентра- ция загрязняюще- го вещества, г/нм ³ , в пересчете на O ₂ =6% (α=1,4)	Метод опре- деления	Подпись от- ветственного лица
		из тру- бы номер	от кот- лов номер						
08.01.97г	Диоксид азота	1	1-3	Газ	80 Гкал/ч	Перед дымосо- сом	0,25	Газоанализа- тор типа_____	
17.01.97г	Зола	3	5,6	Уголь с мазутом (15 %)	600 т/ч	За золо- уловите- лем	1,28	Экспресс- метод	

Оценка соблюдения нормативов при контроле промышленных предприятий

Основным методом оценки соблюдения нормативов при контроле выбросов промышленных предприятий является сравнение фактических выбросов ИЗА, полученных с помощью непосредственных измерений или расчетных методов с нормативами предельно допустимых выбросов. Значения массовых выбросов, полученные с помощью измерений, сравнивают с контрольными значениями ПДВ в граммах в секунду. Значения массовых выбросов, полученные с помощью расчетных методов, сравнивают либо с контрольными значениями ПДВ в граммах в секунду, либо с ПДВ в тоннах в год в зависимости от размерности этой величины в расчетной методике. Когда определить массовый выброс для источника выбросов невозможно по конструктивным или технологическим условиям, можно определять массовые выбросы для всех источников выделения, относящихся к ИЗА, с последующим суммированием полученных значений по всем источникам выделения.

Нарушение нормативных значений выбросов фиксируют, учитывая погрешность метода определения валовых выбросов, т.е. при выполнении условия:

$$M_{\text{опр}} > M_{\text{ПДВ}} + \Delta M,$$

где $M_{\text{опр}}$ - значение массового выброса, определенное с помощью непосредственных измерений или расчетных методов;

$M_{\text{ПДВ}}$ - нормативное значение выброса;

ΔM - погрешность метода определения массового выброса.

Для принятия решения о применении санкций к предприятию, имеющему сверхнормативные выбросы, можно использовать информацию о загрязнении атмосферы, полученную при подфакельных и маршрутных наблюдениях или от стационарных постов контроля атмосферного воздуха. Эту информацию используют при принятии решения, если можно достоверно установить влияние промышленного предприятия на состояние воздуха (например, для отдельно стоящих предприятий или для предприятий, выбрасывающих специфические ЗВ, отсутствующие в ИЗА других предприятий на контролируемой территории).

Критерии принятия решений при контроле выбросов предприятий

По результатам контроля промышленных предприятий инспектирующие органы могут принять решения об ограничении, приостановке или прекращении эксплуатации отдельных установок, цехов, производств, а также о применении санкций к должностным лицам и руководящим ра-

ботникам предприятий (депремирование, меры административного воздействия, уголовная ответственность).

При принятии решения о прекращении эксплуатации оборудования, остановки цехов предприятий учитывают следующее загрязнение атмосферы, формируемое сверхнормативными выбросами рассматриваемого источника:

- 1) превышение ПДК_{мр} (ОБУВ) в 30 и более раз, установленное более 2 раз в течение года;
- 2) систематическое превышение ПДК_{мр} при повторяемости более 50% общего объема наблюдений за срок более месяца;
- 3) превышение в среднем за полугодие в 5 раз и более ПДК_{сс};
- 4) экстремально высокое загрязнение атмосферного воздуха.

Для атмосферного воздуха критерием экстремально высокого уровня загрязнения является содержание одного или нескольких ЗВ: 1) превышающее ПДК в 50 раз и более; 2) в 30-49 раз при сохранении этого уровня концентрации 8 ч и более; 3) в 20-29 раз при сохранении этого уровня более 2 сут.

При выбросе в атмосферу веществ, для которых не установлены ПДК или ОБУВ, или систематическом повышении содержания в атмосфере дурнопахнущих веществ решение о приостановке принимают на основе данных об ухудшении показателей здоровья населения, поражениях растительности. При повторении таких негативных явлений принимают решение о прекращении эксплуатации оборудования, цехов, участков и производств.

Решение о приостановке или прекращении эксплуатации оборудования, цехов, участков и производств принимают для предприятий, допустивших технологические и другие нарушения, приводящие к сверхнормативным выбросам или сверхнормативным уровням загрязнения атмосферы, в том числе к предприятиям:

- 1) выбрасывающим ЗВ в атмосферу без разрешения (ввиду отсутствия или невыполнения сроков разработки нормативов ПДВ и разрешения на выброс по вине предприятия);
- 2) не осуществившим в полном объеме мероприятий по сокращению выбросов ЗВ и создающим повышенные уровни загрязнения атмосферы в период неблагоприятных метеорологических условий;
- 3) не обеспечившим разработку и осуществление мероприятий по предотвращению залповых выбросов, создающих высокие и экстремально высокие уровни загрязнения атмосферы;
- 4) допустившим аварийную ситуацию на предприятии и аварийное отключение крупных пылегазоочистных установок;
- 5) нарушившим правила эксплуатации и не использовавшим установки очистки газов или не обеспечившим своевременное и в полном объеме выполнение заданий директивных органов по охране атмосферы;
- 6) приступившим к эксплуатации технологического оборудования с незавершенным строительством установок очистки газа и систем снижения выбросов ЗВ;
- 7) выпустившим продукцию, в том числе двигатели, с нарушением стандартов на содержание ЗВ в отходящих и отработанных газах;
- 8) нарушившим правила складирования промышленных и иных отходов, транспортировки, хранения и применения средств защиты растений, стимуляторов их роста, минеральных удобрений и других препаратов, повлекших или могущих повлечь загрязнение атмосферы;
- 9) допустившим производство передвижных ИЗА с нарушением требований нормативно-технической и конструкторской документации (в объеме более 10% транспортных средств из проверенной партии);
- 10) допустившим эксплуатацию транспортных средств, если выбросы от более 30% автомашин проверенной партии превышают установленные нормативы, и допустившим отсутствие контроля содержания ЗВ в отходящих газах.

Превышение нормативов ПДВ является достаточным основанием для принятия немедленных запретительных мер для эксплуатируемого оборудования, установок, цехов и предприятия в целом. Решения о санкциях принимают, учитывая неблагоприятное воздействие выбрасываемых

вредных веществ на состояние воздуха в городе или районе (при наличии наблюдений на стационарных постах контроля загрязнения атмосферы, при проведении подфакельных и маршрутных наблюдений).

Рекомендуется следующий порядок учета наблюдаемых превышений санитарно-гигиенических нормативов качества воздуха при вынесении санкций предприятию.

Ограничивают выбросы или приостанавливают эксплуатацию оборудования, установок, цехов и предприятий в следующих случаях:

1) если в результате сверхнормативных выбросов рассматриваемого источника содержание одного или нескольких веществ в воздухе превышает максимально разовую ПДК_{мр} или ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) в 5 раз и более, не менее чем за два срока наблюдений в течение суток;

2) если в течение месяца наблюдается систематическое превышение ПДК_{мр} при повторяемости более 20% общего объема наблюдений;

3) если в среднем за полугодие зафиксированы превышения среднесуточной ПДК_{сс} в 3 раза и более.

Запрет эксплуатации оборудования, установок и цехов, являющихся источниками повышенной опасности для окружающей среды (атмосферы), надо сопровождать принятием экономически обоснованного решения по:

- 1) реконструкции производства или предприятия;
- 2) выносу части производств или всего предприятия за пределы населенной территории;
- 3) перепрофилированию предприятия.

3. Контроль концентраций ЗВ в выбросах автотранспорта.

Методология контроля автотранспортных средств с бензиновыми двигателями

Измерение содержания СО и $\sum C_x H_x$ в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями необходимо проводить в строгом соответствии с «ГОСТ Р 52033-2003. Государственный стандарт Российской Федерации. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» (утв. Постановлением Госстандарта РФ от 27.03.2003 N 100-ст) (ред. от 02.05.2012).

Методология контроля дымности отходящих газов автомобилей с дизельным двигателем

Дымность автомобилей с дизельным двигателем необходимо измерять строго согласно «ГОСТ Р 52160-2003. Национальный стандарт Российской Федерации. Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 18.12.2003 N 375-ст) (ред. от 02.05.2012). При контроле используют технические средства определения дымности отходящих газов, приведенные в разделе 6 Руководства.

Техника безопасности при контроле выбросов автотранспорта

Содержание ЗВ в отходящих газах автомобилей надо проверять, как правило, на контрольно-регулируемых пунктах или в специально отведенном месте. При отсутствии такого места для проведения измерения и при выборочной проверке автомобилей на линии подбор места должен исключать возможность наезда автомобилей на лиц, проводящих измерения.

Места, выбираемые для проведения инструментального контроля токсичности и дымности отходящих газов автомобилей, должны обеспечивать санитарно-гигиенические требования к воздуху в зоне измерений по ГОСТу 12.1.005-88, иметь естественную или принудительную вентиляцию.

На месте проведения инструментального контроля должны находиться только лица, имеющие непосредственное отношение к работам.

Очередной автомобиль для проведения измерений должен останавливаться не ближе 2 м от автомобиля, находящегося на проверке. Скорость движения автомобилей на подъездных путях к

месту проведения замеров не должна быть больше 10 км/ч; в помещениях и в непосредственной близости от места измерения должна быть не более 5 км/ч.

Непосредственно перед проведением инструментального контроля необходимо убедиться в соблюдении водителем мер предосторожности, исключающих самопроизвольное движение автомобиля.

К работе с приборами контроля допускается обслуживающий персонал, ознакомленный с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации используемого измерительного прибора, прошедший инструктаж и имеющий право пользования электрическими и электроизмерительными приборами.

4. Контроль газоочистного оборудования (ГОУ)

Основные сведения о типах газоочистного оборудования (ГОУ), применяемого в отечественной промышленности

Отечественная промышленность серийно выпускает широкую номенклатуру различных типов газоочистных установок (ГОУ) (рисунок 16).

Инерционные пылеуловители

Простейшим методом удаления твердых частиц из газопылевого потока является их осаждение под действием силы тяжести. На этом принципе работают все аппараты сухого инерционного обеспыливания газов: пылеосадительные камеры, жалюзийные аппараты, циклоны различных модификаций, дымососы-пылеуловители и др. Из всей разновидности инерционных аппаратов наиболее распространены циклоны. Применение пылеосадительных камер и простейших по конструкции пылеуловителей инерционного типа оправдано лишь для предварительной очистки газов от частиц размером более 100 мкм.

Пылевые камеры

Пылевые камеры относятся к простейшим устройствам для улавливания крупных частиц сырья или пыли. Они действуют по принципу осаждения частиц при медленном движении пылегазового потока через рабочую камеру, поэтому основными размерами камеры являются ее высота и длина. Типичными представителями инерционных пылеуловителей являются “пылевые мешки”, которые широко применяют в металлургии. Характерной особенностью этого аппарата является возможность его использования при высоких рабочих температурах и агрессивных средах.

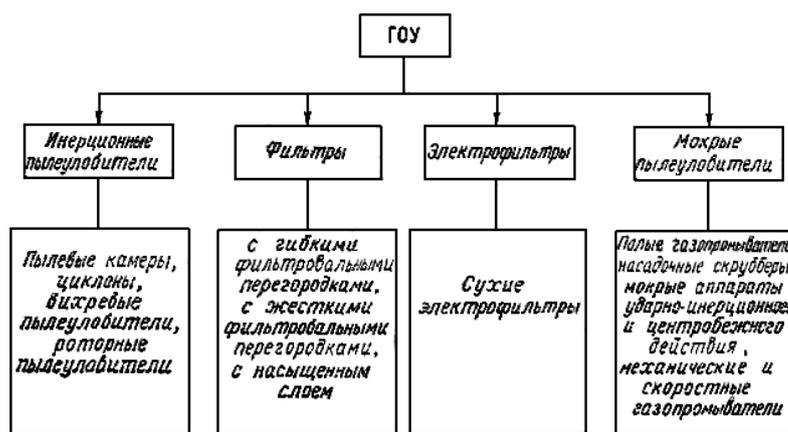


Рисунок 16 - Типы газоочистного оборудования

Циклоны

Циклоны являются наиболее распространенным типом механического пылеуловителя. Циклоны-пылеуловители имеют ряд преимуществ перед другими аппаратами: отсутствие движущихся частей, надежная работа при температуре до 500 °С без конструктивных изменений, возможность улавливания абразивных пылей и т.д.

К недостаткам можно отнести большое гидравлическое сопротивление, достигающее (1250-1500) Па, и малую эффективность при улавливании частиц размером менее 5 мкм.

Вихревые пылеуловители

Основным отличием вихревых пылеуловителей от циклонов является наличие вспомогательного закручивающего газового потока. Аналогично циклонам эффективность вихревых аппаратов с увеличением их диаметра снижается. По сравнению с противоточными циклонами вихревые пылеуловители имеют следующие преимущества:

- более высокую степень очистки высокодисперсных пылей;
- отсутствие абразивного износа активных частей аппарата;
- возможность обеспыливания газов с более высокой температурой за счет использования вторичного воздуха.

Роторные пылеуловители

Роторные пылеуловители можно разбить на несколько групп. В первой группе (наиболее многочисленной) запыленный поток поступает в центральную часть колеса, вращающегося в спиралеобразном кожухе. Во второй улавливаемые частицы перемещаются в направлении, обратном движению газов. Из динамических аппаратов наиболее распространен дымосос-пылеуловитель, предназначенный для улавливания частиц пыли со средним размером 15 мкм. Этот аппарат применяют для очистки дымовых газов малых котелен, в литейных производствах и на асфальтобетонных заводах. Его можно использовать в качестве первой ступени очистки перед мокрыми электрофильтрами и тканевыми фильтрами.

Фильтры

В зависимости от назначения фильтровальные аппараты для улавливания твердых аэрозолей принято делить на фильтры для очистки атмосферного воздуха и фильтры для очистки технологических газов и аспирационного воздуха. В фильтрах для технологических газов и аспирационного воздуха можно очищать агрессивные, взрывоопасные и высокотемпературные газы с концентрацией пыли 60 г/м³ и более. Иногда фильтровальные аппараты используют не только для улавливания пылей, но и для химической очистки газов.

Общепромышленные фильтры предназначены для улавливания нетоксичных и невзрывоопасных пылей при температуре газов не более 140 °С. В зависимости от типа фильтровальных перегородок аппараты принято делить на фильтры с гибкими и жесткими фильтровальными перегородками и насыпным слоем.

Фильтры с гибкими перегородками

Конструкции серийно изготавливаемых фильтров с гибкими перегородками в зависимости от основного конструктивного признака - устройства регенерации - подразделяются на следующие основные группы фильтров:

- с регенерацией механическим воздействием;
- с механическим встряхиванием в сочетании с обратной посекционной продувкой;
- с обратной посекционной продувкой;
- с импульсной продувкой;
- с поэлементной струйной продувкой.

Фильтры с жесткими перегородками

Фильтры с жесткими перегородками предназначены для тонкой очистки газов при высоких температуре и давлении, для фильтрования жидкостей и газов в химической и фармацевтической промышленности, очистки сжатого воздуха от масла и твердых частиц в компрессорных установках. Промышленность серийно выпускает рукавные фильтры, в которых используют фильтровальные элементы металлических сеток. Они предназначены для улавливания химических реактивов, особо чистых химических веществ и других ценных продуктов из газов, отходящих от технологических установок распылительного типа, печей кипящего слоя в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности.

Фильтры с насыщенным слоем

Фильтры с насыщенными слоями делятся на фильтры с неподвижным и движущимся насыщенным слоем.

В фильтрах с неподвижным насыщенным слоем достигается наиболее высокая очистка.

В числе фильтров с движущимся насыпным слоем наиболее распространены аппараты с периодическим движением слоя, обеспечивающие относительно высокую очистку. Концентрация пыли в очищаемых газах составляет 5-9 г/м³, а на выходе из фильтра 60-90 мг/м³. В последние годы подобные аппараты используют для очистки газов в небольших котельных установках, работающих на угле.

Электрофильтры

Электрофильтры являются универсальными аппаратами для очистки промышленных газов от твердых и жидких частиц. К преимуществам электрофильтров относятся: высокая очистка, достигающая 99%; низкие энергетические затраты на улавливание частиц; возможность улавливания частиц размером (100-0,1) мкм и менее, при этом концентрация взвешенных частиц в газах может колебаться от долей грамма до 50 г/м³ и более, а их температура может превышать 500 °С.

Электрофильтры широко применяют почти во всех отраслях народного хозяйства: теплоэнергетике, черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, в строительной индустрии, при производстве удобрений и утилизации бытовых отходов, в атомной промышленности и др. В СССР в электрофильтрах очищается более 50% общего объема отходящих газов.

Электрофильтры не применяют, если очищаемый газ является взрывоопасной смесью, так как при работе электрофильтра неизбежно возникают искровые разряды.

По конструкции осадительных электродов разделяют пластинчатые и трубчатые электрофильтры. По виду улавливаемых частиц и способу их удаления с электродов разделяют сухие и мокрые электрофильтры.

Мокрые пылеуловители

Целесообразность использования мокрых аппаратов газоочистки обычно определяется не только задачами очистки газов от пыли, но и необходимостью одновременного охлаждения и осушки (или увлажнения) газов, улавливании туманов и брызг, абсорбции газовых примесей и др. В мокрых пылеуловителях в качестве орошающей жидкости чаще всего применяют воду; при совместном пылеулавливании и химической очистке газов выбор орошающей жидкости (абсорбента) обуславливается процессом абсорбции.

Мокрые пылеуловители разделяют на группы в зависимости от поверхности контакта или по способу действия.

Полые газопромыватели

Наиболее распространенным аппаратом этого класса является полый форсуночный скруббер. Он широко используется как для очистки газов от достаточно крупных частиц пыли, так и для охлаждения газов. В различных системах пылеулавливания аппарат обеспечивает подготовку (кондиционирование) газов. Степень очистки в полном форсуночном скруббере достигает 99% при улавливании частиц размером более 10 мкм и резко снижается при размере менее 5 мкм.

Насадочные газопромыватели

Насадочные газопромыватели следует применять только при улавливании хорошо смачиваемой пыли, особенно когда процессы улавливания пыли сопровождаются охлаждением или абсорбцией газов.

Газопромыватели ударного действия

Наиболее простой по конструкции пылеуловитель ударно-инерционного действия представляет собой вертикальную колонну, в нижней части которой находится слой жидкости. Аппараты ударно-инерционного действия следует устанавливать для очистки холодных или предварительно охлажденных газов.

Газопромыватели центробежного действия

Скрубберные газопромыватели центробежного действия по своей конструкции делятся на два типа: в первом вращательное движение пылегазовому потоку придается за счет тангенциального подвода потока, а во втором закручивателем служит центральное лопастное устройство.

В России наиболее распространены центробежные скрубберы с тангенциальным подводом газопылевого потока и пленочным орошением, создаваемым форсунками. Циклон с водяной пленкой (ЦВП) является типичным представителем этого типа пылеуловителей и предназначен для очистки запыленного вентиляционного воздуха от любых видов нецементирующейся пыли.

Скоростные газопромыватели

Скрубберы Вентури являются эффективными аппаратами мокрого пылеулавливания. Разработан большой ряд конструкций скрубберов Вентури:

- 1) с центральным (форсуночным) орошением,
- 2) с периферийным и пленочным орошением,
- 3) с подводом жидкости за счет энергии газового потока (бесфорсуночные скрубберы Вентури).

Методология контроля газоочистного оборудования

Основной величиной, характеризующей работу газоочистных установок (ГОУ) в промышленных условиях, является степень очистки воздуха, которую определяют по одному из следующих соотношений [3]:

$$\eta = \frac{M_2}{M_1} = \frac{M_1 - M_3}{M_1} = \frac{M_2}{M_2 + M_3} = \frac{C_{\text{вх}} Q_1 - C_{\text{вых}} Q_3}{C_{\text{вх}} Q_1}, \quad (1)$$

где $M_1 - M_3$ - массы химического вещества или частиц пыли, содержащихся в газе до поступления в аппарат, уловленных в аппарате и содержащихся в очищенном воздухе после выхода из аппарата соответственно, кг;

$C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{вых}}$ - средние концентрации вещества или частиц пыли в воздухе на входе в аппарат и на выходе из него соответственно, г/м³;

Q_1 и Q_3 - объемные расходы воздуха, поступившего в аппарат и вышедшего из него, приведенные к нормальным условиям, м³/ч.

Иногда для определения эффективности работы аппаратов применяют упрощенное соотношение:

$$\eta = 1 - C_{\text{вых}} / C_{\text{вх}}, \quad (2)$$

справедливое только при одинаковых объемных расходах воздуха на входе и выходе из аппарата.

Все значения величин, входящих в соотношения (1) и (2), следует определять одновременно.

Для контроля ГОУ необходимо знать характеристики пылегазовых потоков до и после прохождения через каждый аппарат в отдельности и всей газоочистки в целом.

Характеристика пылегазовых потоков включает в себя следующие показатели:

- количество газа на входе и выходе из ГОУ, м³/ч;
- температура газа на входе и выходе, °С;
- влажность газа до и после очистки, г/м³;
- давление или разрежение газов по всему газовому тракту, Па;
- запыленность газа на входе и выходе из ГОУ, г/м³;
- дисперсный состав пыли на входе и выходе из ГОУ.

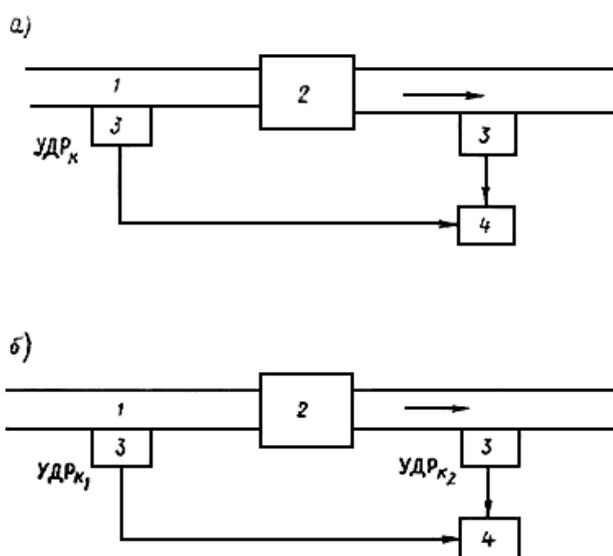
Контроль ГОУ с использованием инструментальных методов в зависимости от типа газоанализаторов осуществляют в двух вариантах:

- 1) с применением газоанализаторов промышленных выбросов;

2) с применением газоанализаторов микроконцентраций.

Контроль ГОУ с применением газоанализаторов промышленных выбросов

Газ отбирают из газохода в точках до и после места расположения ГОУ (рисунок 17). На входе ГОУ в газоход помещают пробоотборный зонд с устройством динамического разбавления газовой пробы. Газовая проба очищается от пыли фильтрующим элементом, помещенным в защитный стальной кожух. При фильтрации пыль задерживается пористой перегородкой фильтрующего элемента, а газовая проба проходит через поры фильтра. Использование металлокерамического фильтра позволяет применять его для отбора пробы из газовых потоков практически любой запыленности с температурой до 400 °С и влажностью до 100%. На выходе ГОУ в газоход помещают пробоотборный зонд без УДР, так как концентрация ЗВ соответствует диапазонам измерения газоанализатора. Для фильтрации используют зонды с внутренней или внешней фильтрацией. При внешней фильтрации для предотвращения выпадения конденсата используют подогревательную манжету фильтра. Газовую магистраль доставки пробы к устройству пробоподготовки надо термостатировать.



1 - газоход, 2 - ГОУ, 3 - пробоотборный зонд,
4 - газоанализатор промышленных выбросов (а) или микроконцентраций (б)

Рисунок 17 - Схема контроля эффективности ГОУ с использованием газоанализаторов промышленных выбросов

Контроль ГОУ с применением газоанализаторов микроконцентраций

При контроле ГОУ с применением газоанализаторов микроконцентраций используют пробоотборные зонды с устройством динамического разбавления пробы $УДР_k$ (см. рисунок 17), где k - коэффициент разбавления пробы. Пробы газа отбирают из газохода перед местом установки ГОУ и после него. Каждую пробу разбавляют чистым воздухом в заданном соотношении (с коэффициентом разбавления k_1 или k_2).

Степень очистки газа определяют из соотношений:

$$\eta = 1 - \frac{C_{ВЫХ}^{ИЗМ}}{C_{ВХ}^{ИЗМ}},$$

$$C_{ВЫХ}^{ИЗМ} = kC'_{ВЫХ}, \quad C_{ВХ}^{ИЗМ} = kC'_{ВХ},$$

где k - коэффициент разбавления пробы;

$C'_{\text{ВЫХ}}$ и $C'_{\text{ВХ}}$ - концентрации ЗВ, измеренные с помощью газоанализатора на выходе и входе газоочистного оборудования соответственно;

$C_{\text{ВХ}}^{\text{ИЗМ}}$ и $C_{\text{ВЫХ}}^{\text{ИЗМ}}$ - концентрации ЗВ в разбавленной пробе, измеренные с помощью газоанализатора соответственно на входе и выходе газоочистного оборудования.

Последнее соотношение справедливо при отсутствии подсосов воздуха в ГОУ.

Контроль ГОУ с переключением коэффициента разбавления

Разбавление газа атмосферным воздухом приводит к появлению в анализируемой смеси новых ЗВ, отсутствующих в газовой пробе, взятой из газохода. Это связано с наличием в воздухе рабочей зоны всех примесей, выбрасываемых предприятием, а не только тех, которые имеются в контролируемых ИЗА. При этом наличие дополнительных примесей увеличивает погрешность определения основного ЗВ. Для повышения точности контроля степени очистки газа от ЗВ используют следующий способ. Пробу газа, отбираемую из газохода до газоочистного оборудования, разбавляют газом, отбираемым из газохода после места установки ГОУ, причем концентрацию разбавленного газа измеряют дважды через заданный промежуток времени с разными коэффициентами разбавления. При этом гарантируется, что газовая проба не будет содержать новых ЗВ, отсутствующих в исходной газовой пробе и вносящих дополнительную погрешность при определении концентрации.

Устройство для контроля степени очистки газа от ЗВ изображено на рисунке 18. Устройство состоит из двух пробоотборных узлов 2 и 13 с зондами, установленных в газоходе 1. Первый пробоотборный узел 2 с зондом установлен в газоходе перед ГОУ. Магистраль транспортировки пробы 3 соединяет пробоотборный узел 2 с переключающим пневмоклапаном 4. Один из выходов пневмоклапана 4 соединен с диафрагмой 5, а второй - с диафрагмой 6, имеющей меньший, чем диафрагма 5, диаметр проходного отверстия. Выходы диафрагм 5 и 6 подключены к первому входу 9 эжектора 11. Второй вход 10 эжектора через побудитель расхода 15 и магистраль транспортировки пробы 14 связан с пробоотборным узлом 13, установленным после ГОУ. Выход эжектора через магистраль транспортировки пробы 7 соединен с газоанализатором 8. Эжектор имеет выход сброса 12, предназначенный для сброса излишка газа, не поступающего на анализ в газоанализатор 8.

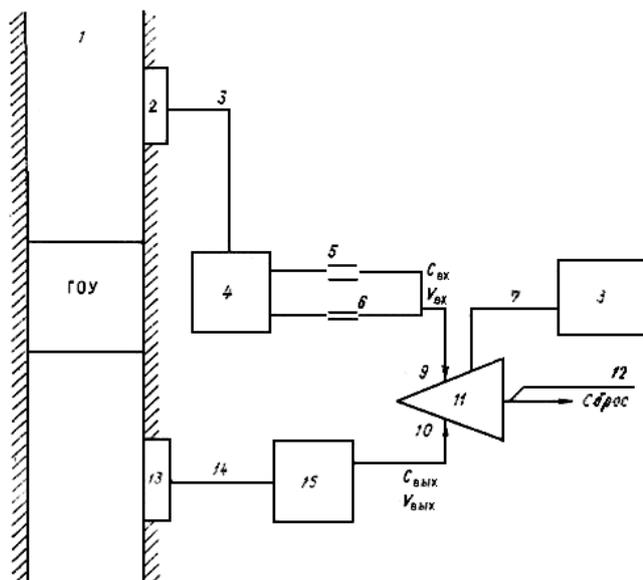


Рисунок 18 - Устройство для контроля эффективности ГОУ

От устройства управления (на схеме не показано) подается команда на переключающий пневмоклапан, по которой пробоотборный узел 2 подключается к диафрагме 5, и запускается побудитель расхода 15. Проба газа с малой концентрацией ЗВ, отбираемая через второй пробоотбор-

ный узел 13, через магистраль транспортировки пробы 14 и побудитель расхода 15 поступает на вход 10 эжектора 11. В камере эжектора создается разрежение, что приводит к поступлению потока газа с большой концентрацией ЗВ из первого пробоотборного узла 2 через магистраль транспортировки пробы 3 и диафрагму 5 на вход 9 эжектора 11. В камере эжектора смешиваются потоки газа с большой и малой концентрацией ЗВ и образуется смесь с концентрацией, определяемой коэффициентом разбавления, т.е. проходным отверстием диафрагмы 5. Полученная смесь поступает через магистраль транспортировки пробы 7 в газоанализатор 8, где определяется концентрация газовой смеси, соответствующая коэффициенту разбавления диафрагмы 5. Через заданное время, необходимое для измерения концентрации в установившемся режиме (20 мин), устройство управления переводит переключающий пневмоклапан в положение, соответствующее подключению диафрагмы 6 к пробоотборному узлу 2. При этом увеличивается коэффициент разбавления и изменяется концентрация разбавленной газовой пробы в эжекторе 11 и на входе в газоанализатор 8. Газоанализатор 8 измеряет новую концентрацию разбавленной газовой смеси, полученной в эжекторе.

Степень очистки газа η рассчитывают по известным коэффициентам разбавления k_1 и k_2 и соответствующим этим коэффициентам концентрациям ЗВ, измеренным газоанализатором по соотношению

$$\eta = \frac{(1 + k_1 + k_2 + k_1 k_2)(C_{\Sigma_2} - C_{\Sigma_1})}{k_1(1 + k_2)C_{\Sigma_1} - k_2(1 + k_1)C_{\Sigma_2}},$$

где k_1 и k_2 - коэффициенты разбавления; C_{Σ_1} и C_{Σ_2} - концентрации ЗВ, измеренные газоанализатором, для значения коэффициента разбавления k_1 и k_2 .

Эффективность работы ГОУ во многом определяется количеством подсасываемого воздуха в газоотводящем тракте и в самих газоочистных аппаратах. Большое количество подсасываемого воздуха по газоходу приводит к снижению эффективности улавливания и отвода газов от технологических агрегатов и повышению нагрузки на газоочистной аппарат, а разбавление газов, содержащих горючие компоненты, может создавать условия для образования взрывоопасных концентраций. Подсос воздуха в самом аппарате, особенно при сухих способах очистки, как правило, приводит ко вторичному пылеуносу и снижению степени очистки газов, а также увеличивает энергозатраты на очистку газа. Для учета подсоса газа на участке выбирают две замерные точки в его начале и конце. В этих точках анализируют концентрацию газа и по ее изменению определяют количество воздуха, подсасываемого в газоход на данном участке.

5. Контроль неорганизованных ИЗА

Эксплуатация ряда объектов в горнодобывающей промышленности, промышленности строительных материалов, нефте- и газодобывающей и перерабатывающей промышленности связана с выделением ЗВ, непосредственно поступающих в атмосферу. Такими объектами являются терриконы и карьеры, буровые установки, узлы погрузки и разгрузки материалов, нефтяные резервуары, пруды-отстойники и т.п. Ввиду многообразия неорганизованных ИЗА и технических трудностей, связанных с их контролем, методология контроля неорганизованных ИЗА в настоящее время разработана недостаточно.

Ниже приведены основные методы контроля неорганизованных ИЗА на примере нефтеперерабатывающей промышленности: инструментально-лабораторные (для определения выбросов из цистерн и открытых площадных ИЗА) и инструментальные (для контроля открытых площадных ИЗА).

Методология определения суммарной концентрации углеводородов методом газожидкостной хроматографии

Для определения концентрации ЗВ в выбросах из железнодорожных и автомобильных цистерн пробу отбирают во время налива нефтепродукта.

Для определения суммарной концентрации алифатических $C_1 - C_8$ и ароматических $C_6 - C_8$ углеводородов в промышленных выбросах с диапазоном концентраций (50-30000) мг/м³ используют газохроматографические методы, основанные на общем детектировании углеводородов пламенно-ионизационным детектором (ПИД).

Пробу исследуемого воздуха вводят без предварительного концентрирования в колонку, заполненную инертным носителем. Количественный анализ основан на том, что чувствительность ПИД пропорциональна числу атомов углерода в молекуле углеводорода.

Суммарную концентрацию углеводородов в газовых выбросах определяют по градуировочным зависимостям высот пиков h (в миллиметрах) от концентрации гексана (в миллиграммах в 1 м³) в пересчете на углерод методом абсолютной калибровки. Градуировочную зависимость строят по МИ 137-77 «Методике по нормированию метрологических характеристик градуировки, поверке хроматографических приборов универсального назначения и суммы точности результатов хроматографических измерений».

Через (2-3) ч приготовленную градуировочную смесь анализируют. Правильность градуировочной зависимости проверяют 1 раз в месяц по МИ 137-77.

Пробу исследуемого воздуха объемом 1 мл вводят в хроматограф шприцем, предварительно промыв шприц исследуемым воздухом. Сигнал ПИД на $\sum C_x H_x$ выходит на хроматограмме одним узким пиком с временем удерживания 13 с. Каждую пробу анализируют 5 раз. Измеряют высоту пиков и за результат принимают среднее арифметическое значение.

Концентрацию гексана или бензола (в миллиграммах в 1 м³) в градуировочной смеси в пересчете на углерод вычисляют по соотношению

$$C = [12mn/(MV)] \cdot 10^3,$$

где m - навеска гексана или бензола, мг;

n - число атомов углерода в молекуле гексана или бензола;

V - объем бутылки, л;

M - относительная молекулярная масса смеси гексана и бензола.

Суммарную концентрацию углеводородов в пересчете на углерод в пробе анализируемого воздуха при нормальных условиях определяют по градуировочной зависимости высот пиков от концентрации гексана или бензола в градуировочной смеси.

Суммарную концентрацию углеводородов в выбросах в пересчете на углерод рассчитывают по соотношению

$$C^1 = C / \alpha,$$

где C - суммарная концентрация углеводородов, определенная по градуировочному графику, мг/м³;

α - коэффициент, рассчитанный по соотношению

$$\alpha = 273p_a / [760(273 + t)],$$

где p_a - атмосферное давление, мм рт. ст.;

t - температура в месте отбора пробы, °С.

Погрешности измерений суммарной концентрации углеводородов оценены при числе измерений $n = 5$ и принятой доверительной вероятности, равной 0,95, в диапазоне измерений (50-30000) мг/м³, доверительные границы случайной погрешности $\pm 5\%$. Относительная суммарная погрешность измерения $\pm 10\%$.

Метод оценки выбросов углеводородов из открытых площадных иза

Метод основан на определении скорости ветра и концентраций ЗВ в газозвдушном потоке по периметру ИЗА с наветренной и подветренной сторон.

Метод предусматривает проведение следующих измерений:

- 1) скоростей и температур газозвдушного потока,
- 2) барометрического давления,
- 3) концентраций углеводородов по периметру ИЗА в точках наветренной и подветренной сторон;
- 4) геометрических размеров объекта.

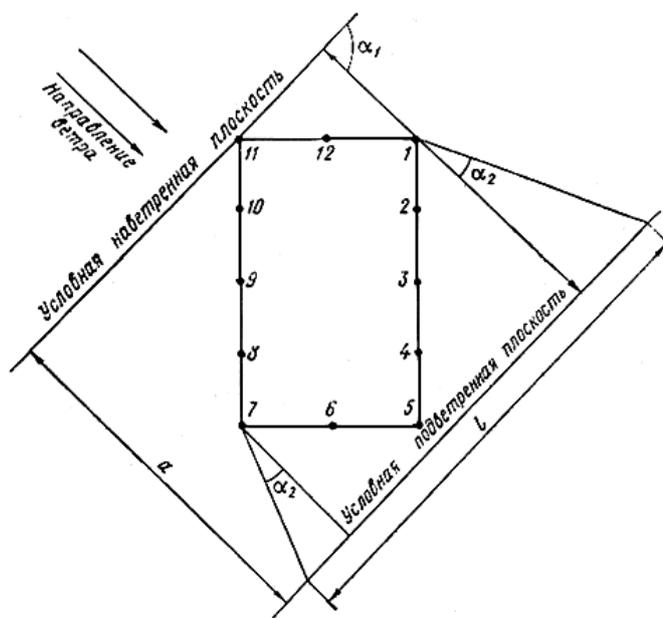
Скорость измеряют анемометром типа АСО-3 по ГОСТ 6376-64 при скорости 1-4 м/с и анемометром типа МС- 13 при скорости 4 м/с и больше.

Температуру измеряют ртутным термометром по ГОСТу 18646-68.

Давление измеряют мембранным манометром по ТУ 23696-79.

Концентрацию углеводородов в пробе измеряют газоанализатором на $\sum C_x H_x$ (без метана) с пределом измерения до 500 ppm.

До начала измерения выбирают проекцию условной наветренной плоскости, проходящей через ближний с наветренной стороны угол источника перпендикулярно направлению ветра (рисунок 19), подготавливают приборы в соответствии с требованиями НТД и выписывают данные о размерах объекта.



1-12 - точки плоскостей

Рисунок 19 - Расположение условных плоскостей:

Измеряют температуру, атмосферное давление и скорость газозвдушного потока на высоте 3 м.

Рассчитывают значения l_y , a и a_i - расстояния от каждой i -й точки до условной наветренной плоскости.

Проводят в пяти-шести точках контроль с наветренной и подветренной сторон источника. Измеряют концентрации во всех выбранных точках.

Массовый выброс рассчитывают по соотношению

$$M_y = 2,31w_y l_y \frac{P_a}{273 + t_y} \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{подв}}^i k(\alpha_i)}{n} - \frac{\sum_{i=1}^m C_{\text{нав}}^i k(\alpha_i)}{m} \right] \cdot 10^{-3},$$

где M_y - массовый выброс, г/с;

w_y - скорость ветра на высоте 3 м, м/с;

l_y - длина подветренной условной плоскости;

P_a - атмосферное давление, мм рт. ст.;

t_a - температура воздуха, °С;

$C_{\text{подв}}^i$ и $C_{\text{нав}}^i$ - концентрация ЗВ в i -й точке с подветренной и наветренной сторон соответственно, мг/м³;

n и m - число точек с подветренной и наветренной сторон соответственно;

$k(\alpha)$ - опытный коэффициент, зависящий от α .

Данные нескольких замеров в одной точке усредняют.

Метод инструментального контроля плоских наземных ИЗА

Данный метод основан на отборе и анализе проб ЗВ, поступающих в атмосферу от очистных сооружений: нефтеловушек, бассейнов, нефтеотделителей и других плоских наземных ИЗА.

Система контроля плоских наземных ИЗА (рисунки 20) состоит из пробоотборников 5, входы которых размещены по периметру ИЗА; переключающих устройств 6 и 8; электромагнитных клапанов 7 и 9 и включенных параллельно на общий коллектор автоматических преобразователей концентраций 12. Необходимые для контроля точки отбора выбирают с помощью блока выбора точек отбора 2, состоящего из многоуровневого компаратора 3 и преобразователя кодов 4.

Вход блока 2 соединен с выходом автоматического измерителя направления ветра 1. Блок 2 имеет два кодовых выхода, передающих код требуемой точки отбора с подветренной и наветренной сторон источника на переключающие устройства 6 и 8 соответственно. Стабилизирующее устройство 13, состоящее из источника опорных импульсов 14 и делителя частоты 15, соединено с управляющими входами клапанов 7 и 9, установленных на выходах устройств 6 и 8. Один из выходов клапанов 7 и 9 связан с коллектором параллельно включенных автоматических преобразователей концентрации 12, а другой - с входом побудителя расхода газа 18. Выходы автоматических преобразователей концентрации 12 можно подключать к входам вычислительного устройства 10, связанного с измерителем скорости ветра 11.

Система работает следующим образом. С выхода автоматического измерителя направления ветра 1 поступает электрический сигнал, пропорциональный углу между направлением ветра и направлением на север. Этот сигнал поступает в блок выбора точек отбора 2, где сравнивается с набором установок (заданных напряжений) во многоуровневом компараторе 3. При этом выбирается поддиапазон, верхняя граница (уставка) которого ограничивает сигнал сверху, а нижняя - снизу. После выбора поддиапазона блоки 6 и 8 подключают соответствующие пробоотборники с наветренной и подветренной сторон ИЗА.

Сигналы от автоматических преобразователей концентраций 12 поступают в вычислительное устройство 10, где по концентрациям ЗВ с наветренной и подветренной сторон ИЗА, по информации, поступающей от автоматического измерителя скорости ветра 11, и по размерам ИЗА, введенным в память, вычисляется массовый выброс от ИЗА по соотношению, аналогичному (1).

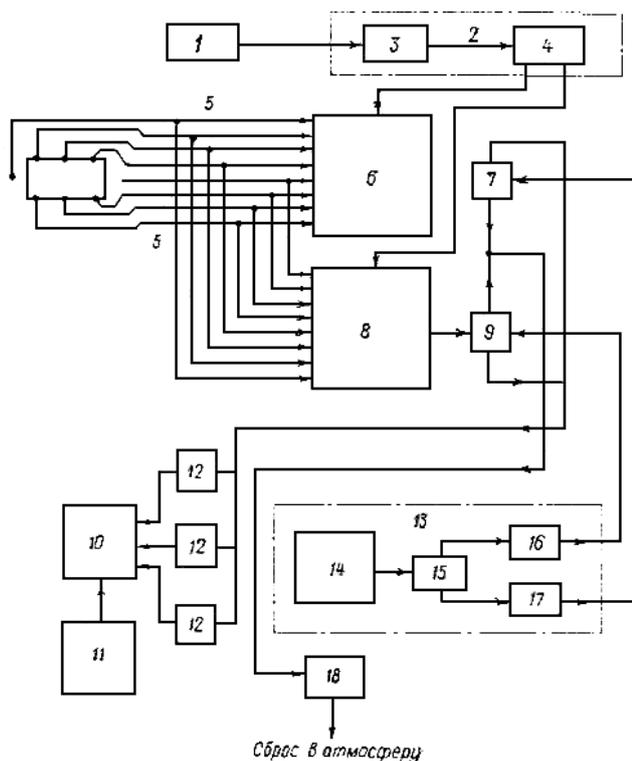


Рисунок 20 - Блок-схема системы отбора и анализа проб воздуха от плоских наземных ИЗА

Тема 8. Методы и средства анализа состава атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны и выбросов

План:

1. Основные области применения газоаналитической техники.
2. Классификация методов газового анализа и газоанализаторов на их основе.
3. Принцип действия основных методов газового анализа, применяемых для решения задач в области мониторинга сред обитания и промышленных выбросов, и структурные методы газоанализаторов на их основе.

1. Основные области применения газоаналитической техники

Газовый анализ - это качественное обнаружение и количественное определение компонентов газовых смесей. Газовый анализ может проводиться, так по лабораторным методикам, так как с помощью специальных газоанализаторов. Газоанализатор - средство измерений содержания одного или нескольких компонентов в газовой смеси (по ГОСТ 13320-81 «Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия»). К большому сожалению, создать один универсальный газоанализатор для решения задач газового анализа невозможно. Контроль различных газов во множестве диапазонов измерений концентраций веществ производится исключительно разными способами и методами измерений. Поэтому данные приборы изготавливаются серийно или индивидуально под свою аналитическую задачу для каждого конкретного случая.

На современном этапе можно выделить следующие основные области применения газоаналитической техники (аналитические задачи):

1. Мониторинг технологических процессов (в том числе и природоохранных).
2. Мониторинг сред обитания.
 - 2.1. Мониторинг атмосферного воздуха.
 - 2.2. Мониторинг воздуха рабочей зоны.
 - 2.3. Мониторинг состава газовых сред замкнутых искусственных экологических систем.
3. Мониторинг источников загрязнения атмосферы.

3.1. Мониторинг промышленных выбросов от стационарных источников загрязнения атмосферы.

3.2. Мониторинг передвижных источников загрязнения атмосферы.

4. Научные исследования.

5. Метрология (образцовые средства метрологического обеспечения).

6. Медицина.

7. Техника военного назначения.

2. Классификация методов газового анализа и газоанализаторов на их основе

Широкий круг газоаналитических задач явился причиной развития большого числа методов газового анализа.

По принципу действия различают физические и физико-химические методы газового анализа.

Физические методы основаны на измерении некоторого физического свойства, зависимость которого от химического состава точно определена (теплопроводность, плотность газа, поглощение электромагнитных волн и т.п.).

Физико-химические методы основаны на измерении некоторых физических явлений, сопровождающих химическую реакцию, в которой определяемый газ либо участвует сам, либо на которую он оказывает существенное влияние. В некоторых случаях анализируемая газовая смесь сама содержит достаточное количество вещества, необходимого для реакции с определяемым газом, а иногда к анализируемой смеси приходится добавлять вспомогательное вещество в газовой или жидкой фазе.

Существуют избирательные и неизбирательные методы измерения. В неизбирательных методах проводится измерение свойств пробы (например, плотности или теплопроводности), которые зависят от относительного содержания всех ее компонентов пробы. Поэтому такие методы могут применяться для анализа бинарных и псевдобинарных газовых смесей, в которых варьируется содержание только определяемого компонента, а соотношение концентраций остальных компонентов не изменяется. В избирательных методах измеряемое свойство пробы зависит преимущественно от содержания определяемого компонента.

Стандартизированной классификации методов газового анализа на данный момент не существуют и в литературе имеются по этому вопросу много предложений. Одним из вариантов предложена следующая классификация физико-химических методов и физических методов газового анализа:

I. Физико-химические методы:

1. Хроматографический метод;

2. Эмиссионные методы:

2.1. С использованием теплового эффекта химической реакции;

2.2. С использованием молекулярной люминесценции;

3. Электрохимические методы:

3.1. Кондуктометрический метод;

3.2. Кулонометрический метод;

4. Колориметрический методы;

4.1. Фотоколориметрический метод;

4.2. Линейно-колористический.

II. Физические методы:

1. Оптический метод:

1.1. Абсорбционный метод;

1.1.1. Недисперсный абсорбционный метод (для реализации метода применяются лазеры, газовые фильтры, твердотельные фильтры (интерференционные, дифракционные и т.п.) и т.п.);

1.1.2. Дисперсный абсорбционный метод (для реализации метода применяются дифракционные решетки, призмы и т.п.);

1.2. Флуориметрический метод;

- 1.3. Интерферометрический метод;
- 1.4. Рефрактометрический метод.
2. Масс – спектральный метод;
3. Акустический метод;
4. Метод, основанный на эффекте сорбции на твёрдых сорбентах;
5. Метод, основанный на парамагнитных свойствах газов;
6. Метод, основанный на измерении теплопроводности;
7. Метод, основанный на измерении плотности.

В последнее время развиваются биологические методы. Однако широкого применения для решения задач мониторинга среды обитания человека они не нашли, несмотря на то что они обладают рядом преимуществ по сравнению с выше перечисленными методами.

Все приборы газового анализа, реализующие выше перечисленные методы, могут быть классифицированы:

1) *по функциональным возможностям* (индикаторы, течеискатели, сигнализаторы, газоанализаторы). Индикаторы газа дают лишь качественную оценку газовой смеси о наличии в ней контролируемого компонента. Они работают по принципу «много-мало». В большинстве случаев индикаторы – это портативные приборы, отображающие информацию при помощи линейки точечных светодиодов. Например, при большом количестве контролируемого вещества светится вся линейка диодов. Течеискатели, как правило, горючих газов, фреона и других хладагентов имеют в составе пробоотборник или зонд. Как правило, эти устройства показывают себя как простые в эксплуатации, удобные в применении и надежные приборы. В то же время, портативные течеискатели представляют собой сигнализаторы для профессионального использования, имея высокую чувствительность и избирательность. Сигнализаторы загазованности (газосигнализаторы) позволяют весьма приблизительно оценить концентрацию контролируемых веществ, имея при этом один или несколько порогов срабатывания сигнализации. Как правило, неотъемлемой частью стационарного сигнализатора либо газосигнализатора является блок реле или блок коммутации, которые служат для коммутации внешних устройств, в том числе принудительной вентиляции, при достижении порогов срабатывания. По функциональным возможностям газоанализаторы представляют вершину эволюции в области газового анализа. Они могут давать не только количественную оценку концентрации измеряемого вещества с цифровой индикацией показаний, но и снабжаются по желанию потребителя различным вспомогательным функционалом;

2) *в зависимости от возможности перемещения в процессе эксплуатации газоанализаторы* (ГОСТ 13320-81): стационарные; передвижные; переносные; носимые (индивидуальные). Характерными особенностями переносных и индивидуальных газоанализаторов принято считать небольшие массогабаритные показатели, что позволяет их применять практически на любом рабочем месте. Переносные и индивидуальные приборы газового анализа, как правило, имеют цифровую индикацию результатов измерения, а также светозвуковую сигнализацию о превышении порогов опасных концентраций газов. Основным и важным назначением переносных газоанализаторов для контроля параметров воздуха рабочей зоны принято считать обследование замкнутого пространства и подземных объектов на предмет дефицита кислорода, наличия токсичных веществ и горючих газов, например, при оформлении допуска рабочих для осуществления работ. Для контроля опасных факторов непосредственно в самом месте нахождения человека используются индивидуальные приборы, необходимые для рабочего персонала при выполнении различных работ на потенциально опасных территориях или в помещениях.

Для газоанализаторов стационарного типа масса и габариты, как правило, не важны и не являются критичными, зато к ним предъявляются высокие требования к стабильности показаний и надёжности работы. Стационарные приборы могут быть оснащены средствами сигнализации о превышении пороговых значений концентрации, интерфейсом для передачи данных на компьютер, а также средствами выключения либо включения исполнительных устройств, например, с помощью блоков реле из состава газоанализаторов.

Как переносные и индивидуальные, так стационарные и передвижные газоанализаторы могут иметь общепромышленное, взрывобезопасное исполнение с различными типами взрывозащи-

ты, а также широкий спектр степени герметичности, защиты от воздействия атмосферы, влаги и пыли (IP);

3) *по количеству измеряемых компонентов* (однокомпонентные и многокомпонентные). Однокомпонентные газоанализаторы – это, как правило, простые приборы, которые комплектуются одним датчиком или сенсором и рассчитаны для измерений концентрации только одного вещества. Газоанализаторы на один компонент могут иметь портативное, переносное либо стационарное исполнение конструкции. Многокомпонентные газоанализаторы применяются для измерения и контроля одновременно нескольких разных веществ. В таких мультигазовых анализаторах обычно используются отличные друг от друга типы сенсоров или электрохимические ячейки. В зависимости от количества и типа установленных чувствительных элементов многокомпонентный газоанализатор способен индицировать на экране цифрового дисплея свои показания от 1 до 6 газов одновременно;

4) *по количеству каналов измерения* (одноканальные и многоканальные). Одноканальные газоанализаторы – это приборы, предназначенные для контроля концентрации одного определённого вещества и имеющие один датчик или один измерительный канал, либо одну точку для отбора пробы. Выделяют стационарные моноблочные одноканальные газоанализаторы, объединяющие в одном корпусе измерительный сенсор, электронный преобразователь, а также световые либо цифровые индикаторы; стационарные одноканальные приборы с информационным пультом и одним выносным датчиком либо измерительным преобразователем на конкретный газ. Одноканальные газоанализаторы стационарного типа могут работать как автономно, так и в составе измерительной газоаналитической системы, которая объединяет необходимое количество газоанализаторов. Кроме того, одноканальными газоанализаторами могут быть и компактные переносные приборы, в том числе персональные (индивидуальные). Многоканальные газоанализаторы – это приборы для одновременного контроля до 16 и больше каналов измерения. В одном таком газоанализаторе допускается сочетание каналов измерения разных газов в произвольном наборе. В случае газоанализаторов с измерительными датчиками проточного типа проблему многоточечного контроля можно решить при помощи вспомогательных устройств специального типа: газовых распределителей, обеспечивающих поочередную подачу пробы к датчику из нескольких точек пробоотбора;

5) *по назначению* (для обеспечения безопасности работ, для контроля технологических процессов, для контроля промышленных выбросов, для контроля выхлопных газов автомобилей, для экологического контроля и т.п.). В зависимости от назначения по ГОСТ 13320-81 газоанализаторы различают по:

- наименованиям определяемого компонента;
- диапазонам измерений;
- наименованиям неопределяемого компонента;
- в зависимости от режима работы газоанализаторы подразделяют на (ГОСТ 13320-81):
- непрерывного действия;
- циклического действия.

б) *в зависимости от воздействия окружающей среды* газоанализаторы подразделяют на исполнения (по ГОСТ 13320-81 и ГОСТ 12997-84 «Изделия ГСП. Общие технические условия»:

- обыкновенное;
- защищенное от попадания внутрь изделия твердых тел (пыли);
- защищенные от попадания внутрь изделия воды;
- защищенные от агрессивной среды;
- взрывозащищенные;
- защищенные от других внешних воздействий;

7) *по устойчивости к механическим воздействиям* газоанализаторы подразделяют на исполнения (по ГОСТ 13320-81 и ГОСТ 26883-86 «Внешние воздействующие факторы. Термины и определения»):

- виброустойчивое;
- вибропрочное;
- удароустойчивое;

- ударопрочное.

Прочность изделия - свойство изделия сохранять работоспособное состояние после воздействия на него определенного внешнего воздействующего фактора (вибрации или удара) в пределах заданных значений. Устойчивость изделия – это свойство изделия сохранять работоспособное состояние во время действия на него определенного внешнего воздействующего фактора (вибрации или удара) в пределах заданных значений.

3. Принцип действия основных методов газового анализа, применяемых для решения задач в области мониторинга сред обитания и промышленных выбросов, и структурные схемы газоанализаторов на их основе

Физико-химические методы газового анализа

1. Хроматографический метод

Хроматографический метод состоит в разделении адсорбционным способом газовой смеси при пропускании её совместно с потоком газа-носителя через слой пористого сорбента и последующим поочерёдным измерением содержания каждого выделившегося компонента физическими методами. Физические свойства отдельных компонентов, входящих в состав пробы, неодинаковы, поэтому существует различие в скоростях их передвижения через хроматографическую колонку. По мере продвижения пробы вдоль хроматографической колонки происходит процесс разделения компонентов на ряд отдельных, представляющих собой бинарные смеси каждого из компонентов с газом-носителем, разделенные между собой зонами чистого газа-носителя. Физические свойства газового потока, выходящего из хроматографической колонки, фиксируются детектором (детекторы используют разные, в зависимости от класса химического вещества). Выход компонентов фиксируется на хроматограмме в виде пиков, расположенных на нулевой линии, представляющей собой регистрацию сигналов детектора во времени выхода из колонки чистого газа-носителя (например, на рисунке 21 приведена хроматограмма газовой смеси из двух компонентов). Хроматограмма является источником качественной (какой газ) и количественной (концентрация газа) (высота или площадь пика) информации.

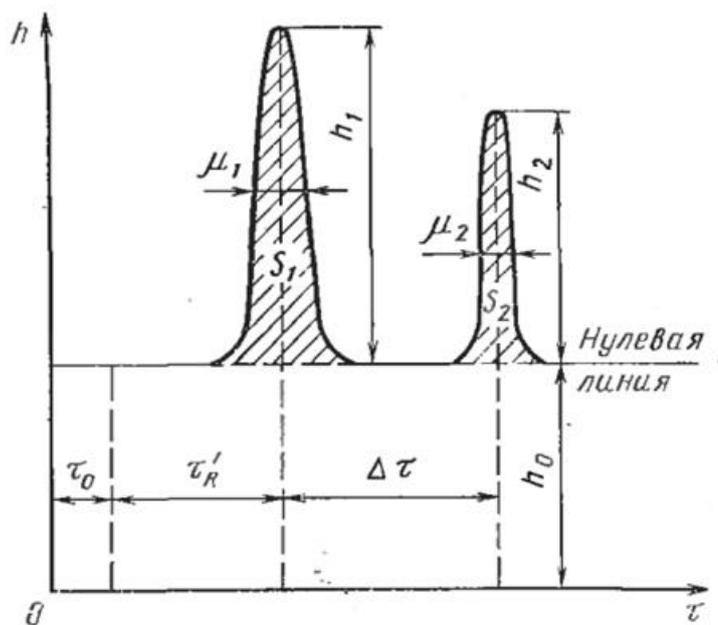


Рисунок 21 – Хроматограмма двухкомпонентной смеси

Структурная схема хроматографа приведена на рисунке 22.

Газовая система хроматографа включает в себя баллон с газом-носителем, редуктор и блок подготовки газов. В качестве газа-носителя обычно применяют сжатые до давления - 15 МПа газы, поставляемые в баллонах емкостью 40 дм³ (позиция 1 на рисунке22). Требования к газу носителю:

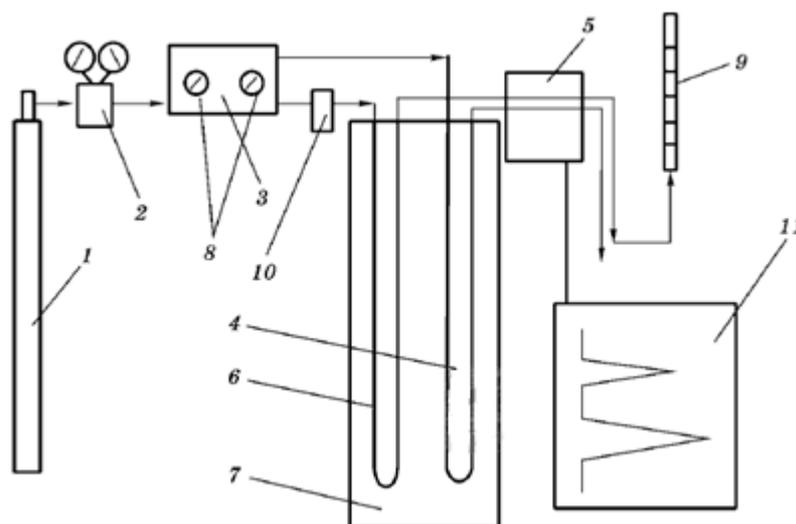
- инертность к разделяемым веществам и неподвижной фазе колонки;
- малая вязкость, необходимая для поддержания минимального перепада давлений в колонке;
- обеспечение высокой чувствительности детектора;
- доступность.

Выбор того или иного газа-носителя определяется в первую очередь доступностью (низкой его стоимостью) и обеспечением высокой чувствительности применяемого детектора. Если в работе используется *катарометр*, то предпочтительнее применять гелий, так как его теплопроводность сильно отличается от теплопроводности большинства веществ, что обеспечивает более высокую чувствительность детектора, чем при работе с более дешевым азотом. Детектор электронного захвата имеет большую чувствительность при работе с аргоном и азотом, нежели с гелием. При использовании ПИД можно применять дешевый азот, так как влияние свойств газа-носителя на чувствительность детектора здесь минимально и т. д. Баллоны с газами принято маркировать, как это приведено в таблице 6. *Редуктор* (позиция 2 на рисунке22) понижает давление с15 до (0,15–0,5) МПа. Входной манометр редуктора показывает давление в баллоне, выходной - давление на входе в блок подготовки газов. *Блок подготовки газов* (позиция 3 на рисунок22) включает в себя:

- 1) систему очистки — фильтры, очищающие газ от пыли, и колонки с адсорбентом (молекулярные сита), очищающие газ от воды, масла и т. п.;
- 2) регуляторы расхода газа-носителя — они позволяют поддерживать определенную объемную скорость – газа-носителя, протекающего через хроматографические колонки.

Таблица 6 – Маркировка баллонов с газами

Наименование газа	Цвет баллона	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черный	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтый	Черный	—
Аргон сырой	Черный	Белый	Белый
Аргон технический	Черный	Синий	Синий
Аргон чистый	Серый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белый	Красный	—
Бутилен	Красный	Желтый	Черный
Водород	Зеленый	Красный	—
Гелий	Коричневый	Белый	—
Закись азота	Серый	Черный	—
Кислород	Голубой	Черный	—
Кислород медицинский	Голубой	Черный	—
Сероводород	Белый	Красный	Красный
Сжатый воздух	Черный	Белый	—
СО ₂	Черный	Желтый	—
Фреон-11	Серебристый	Черный	Синий



1 - баллон с газом-носителем; 2 - редуктор; 3 - блок подготовки газов;
 4-колонка сравнения; 5 - детектор; 6 - рабочая колонка; 7 - термостат колонок;
 8 - манометры; 9- пенный расходомер; 10 - испаритель;
 11 – потенциометр или экран монитора.

Рисунок 22 – Структурная схема газового хроматографа

Очистка газов. Аргон обычно поставляют достаточно чистым, и он не нуждается в дополнительной очистке. Азот, применяемый в хроматографии, обычно имеет степень чистоты, равную 99,99%, поэтому его также не следует дополнительно очищать. То же относится и к гелию при использовании катарометра или ПИД. Однако в случае применения гелиевого ионизационного детектора газ не должен содержать даже следов примесей. Присутствие примесей в газах обычно не влияет на сам процесс разделения, однако они могут оказывать вредное воздействие на неподвижную фазу в колонке. Так, кислород и водяной пар при температурах выше 100⁰С могут разлагать полигликоли, полиэфиры и некоторые силиконовые фазы, что приводит к изменению термостойкости и хроматографических свойств неподвижных фаз.

Для осушки газов обычно применяют молекулярные сита. Они обладают большой емкостью (до 30% от собственной массы), способностью адсорбировать воду даже при температурах выше температуры ее кипения и легко регенерируются. Кислород, водород, углекислый газ обычно удаляют из газов с помощью каталитических реакций. Так, для очистки водорода или газов, содержащих водород, от следов кислорода систему пропускают через палладиевый катализатор, работающий уже при комнатной температуре. Образующаяся при этом вода улавливается молекулярными ситами. Следы углекислого газа, метана и других углеводородов удаляют с помощью медного или никелевого катализаторов, нагретых до 600⁰С.

Ввод газовых проб осуществляют либо с помощью шприца, либо с помощью крана-дозатора.

Достоинства метода:

1. Высокая селективность (избирательность) метода;
2. Метод позволяет производить анализ органических газов, которые нельзя разделить ни одним другим методом.

Недостатки метода:

1. Чувствительность (в основном определяется типом используемого детектора);
2. Тип используемого детектора определяет класс определяемых компонентов (например, для анализа органических соединений используется пламенно-ионизационные детекторы (ПИД));

3. Для каждого класса определяемых компонентов требуется своя неподвижная фаза в хроматографической колонке;

4. Низкое быстродействие.

Анализируемые компоненты:

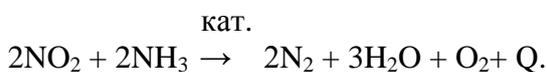
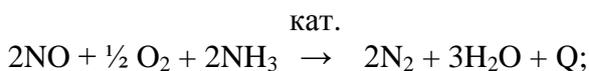
Данный метод позволяет производить анализ как органических, так и неорганических соединений.

2. Эмиссионные методы

Эмиссионные методы основаны на измерении интенсивности излучения, которая сопровождается химической реакцией. Для анализа используют как спектры теплового излучения, так и молекулярную люминесценцию.

2.1. Использование теплового эффекта химической реакции.

Например, для определения содержания NO_x (NO , NO_2) используют следующие химические реакции:



Данные реакции являются экзотермическими и общее количество тепла, выделившееся в результате этих химических реакций, будет зависеть от концентрации NO_x в анализируемой пробе.

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность метода;
2. Высокое быстродействие;
3. Простота конструкций и низкая стоимость приборов, используемых в данном методе.

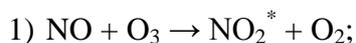
Недостатки метода:

1. Низкая селективность метода;
2. Необходимость строго поддерживать постоянство соотношений расхода реагирующих компонентов;
3. Изменение активности катализатора.

2.2. Использование молекулярной люминесценции

Сущность метода состоит в том, что исследуемые молекулы тем или иным способом приводят в состояние оптического возбуждения и затем регистрируют интенсивность люминесценции, возникающей при возвращении их в равновесное состояние.

Данный метод в настоящее время является одним из основных методов измерения, используемый при контроле оксидов азота:



Знак * говорит о том, что молекула NO_2 находится в возбужденном состоянии.



где h – постоянная Планка;

ν – волновое число (частота), см^{-1} .

Волновое число связано с длиной волны соотношением

$$\lambda = \frac{10^4}{\nu} \text{ (мкм)}.$$

В результате протекания реакции возникает люминесцентное свечение в диапазоне длин волн (600-3000) нм с максимумом свечения при 1200 нм.

Этим методом можно определять и NO_2 , если предварительно с помощью специальных катализаторов восстановить его до NO (температура восстановления $(300-600)^\circ\text{C} + \text{NH}_3 + \text{катализатор}$). Структурная схема газоанализатора приведена на рисунке 23.

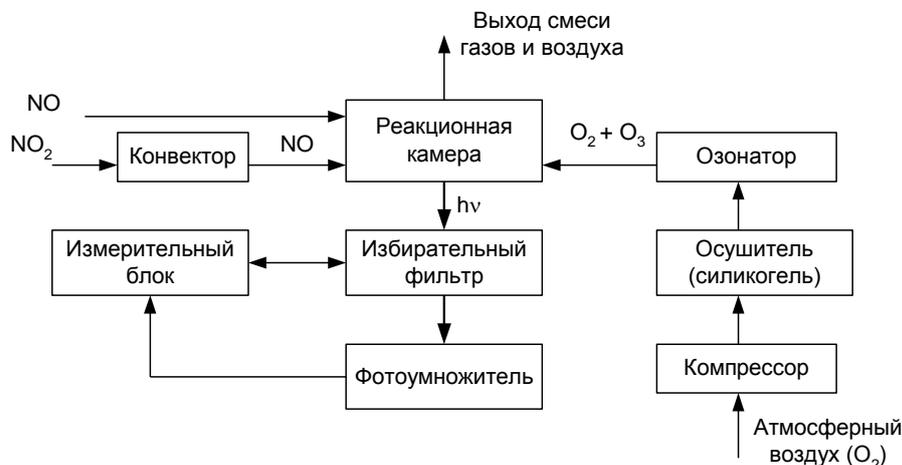


Рисунок 23 - Структурная схема хемилюминесцентного газоанализатора

Избирательный фильтр выделяет определённый спектральный интервал из спектра, генерируемого источником излучения, по энергии которого можно оценить концентрацию измеряемого компонента. Для этих целей применяют интерференционные фильтры, дисперсионные фильтры и пр. Спектральное пропускание интерференционного фильтра приведено на рисунке 24.

Спектральное пропускание интерференционного фильтра описывается следующей формулой:

$$\tau = \tau_m \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{2(\lambda - \lambda_0)}{\delta\lambda_{0.5}} \right)^2} \right]$$

где τ_m - максимальное пропускание интерференционного фильтра, %;

$\delta\lambda_{0.5}$ - полуширина интерференционного фильтра, мкм;

λ - длина волны, мкм.

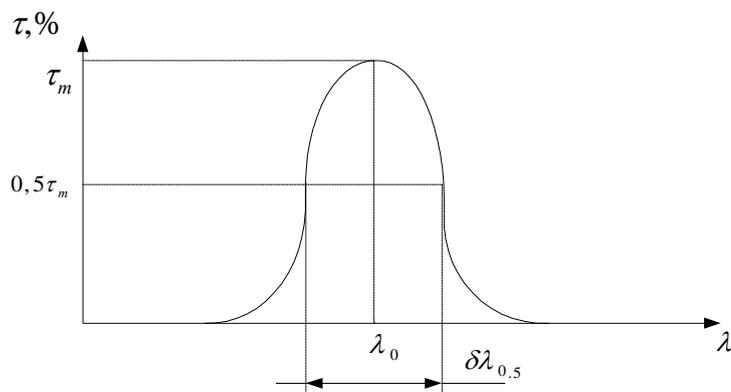


Рисунок 24 – Спектральное пропускание интерференционного фильтра

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность;
3. Работоспособность детекторов вплоть до температуры 300 °С;

Недостатки метода:

Для работы газоанализатора требуются расходные компоненты (например, как в примере NH₃). Для определения концентрации углеводородов и оксидов азота необходимо использовать озон, для определения озона - этилен, кроме того для увеличения скорости реакции газовая смесь озон-этилен облучается ультрафиолетом.

Анализируемые компоненты: NO, NO₂, $\sum NO_x$, O₃, некоторые углеводороды.

3. Электрохимические методы

Электрохимические методы анализа - это совокупность методов качественного и количественного анализа, основанных на электрохимических явлениях, происходящих в исследуемой среде или на границе раздела фаз и связанных с изменением структуры, химического состава или концентрации анализируемого вещества.

В электрохимических методах измеряют параметры системы, состоящей из жидкого или твердого электролита, электродов и определяемого компонента газовой смеси или продуктов его реакции с электролитом.

Электрохимические методы анализа (ЭХМА) основаны на процессах, протекающих на электродах или межэлектродном пространстве. Результатом этих процессов является изменение ряда параметров системы - потенциал, сила тока, количество электричества, полное сопротивление, электрическая емкость, электрическая проводимость, диэлектрическая проницаемость. Их достоинством является высокая точность и сравнительная простота как оборудования, так и методик анализа. Высокая точность определяется весьма точными закономерностями используемыми в ЭХМА. Большим удобством является то, что в этом методе используют электрические воздействия, и то, что результат этого воздействия (отклик) тоже получается в виде электрического сигнала. Это обеспечивает высокую скорость и точность отсчета, открывает широкие возможности для автоматизации. ЭХМА отличаются хорошей чувствительностью и селективностью, в ряде случаев их можно отнести к микроанализу, так как для анализа иногда достаточно менее 1 мл раствора.

По разновидностям аналитического сигнала подразделяют на:

- 1) кондуктометрию - измерение электропроводности исследуемого раствора;
- 2) потенциометрию - измерение бестокового равновесного потенциала индикаторного электрода, для которого исследуемое вещество является потенциоопределяющим;
- 3) кулонометрию - измерение количества электричества, необходимого для полного превращения (окисления или восстановления) исследуемого вещества;
- 4) вольтамперометрию - измерение стационарных или нестационарных поляризационных характеристик электродов в реакциях с участием исследуемого вещества;
- 5) электрогравиметрию - измерение массы вещества, выделенного из раствора при электролизе.

3.1. Кондуктометрический метод

Данный метод основан на регистрации изменений электропроводности раствора, возникающих в результате поглощения определяемого компонента раствором.

Сигнал формируется в межэлектродном пространстве электрохимической ячейки и возникает за счёт:

- диссоциации молекул на ионы;
- миграции ионов под действием внешнего источника напряжения.

По этой причине методом кондуктометрии можно анализировать только растворы электролитов.

3.2. Кулонометрический метод

Кулонометрия – электрохимический метод анализа, основанный на измерении количества электричества, необходимого для электрохимического превращения определяемого вещества. Это

простой, надежный, высокочувствительный метод, позволяющий проводить анализ с достаточно высокой точностью и экспрессностью, что позволяет автоматизировать процесс аналитического контроля и дает возможность управлять им дистанционно.

В основе кулонометрического метода анализа лежит процесс электролиза, при котором на поверхности электрода, опущенного в анализируемый раствор, под действием электрического тока происходит окисление или восстановление определяемого вещества. При этом электрическая энергия переходит в энергию окислительно-восстановительной реакции.

Различают два основных вида кулонометрических определений:

- прямую кулонометрию;
- кулонометрическое титрование.

В прямой кулонометрии электрохимическому превращению подвергается непосредственно анализируемое вещество.

В кулонометрическом титровании, независимо от электрохимической активности определяемого вещества, в испытуемый раствор вводят электрохимически активный вспомогательный реагент, продукт электрохимического превращения которого (кулонометрический титрант) количественно взаимодействует с определяемым веществом.

Кулонометрию можно проводить при постоянном потенциале рабочего электрода (потенциостатический режим) или при постоянной силе тока электролиза (амперостатический режим).

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокое быстродействие;
3. Простота конструкции, малые габариты.

Недостатки метода:

1. Низкая селективность;
2. Необходимость периодической замены электрохимических ячеек;
3. Необходимость предварительной очистки анализируемой газовой смеси от мешающих примесей.

Анализируемые компоненты: O_2 , CO_2 , H_2S , SO_2 , HCl , O_3 , NH_3 , галогены, Cl_2 , HF и прочие электрохимически активные газы.

4. Колориметрический метод

Принцип действия данного метода основан на использовании специфических реакций, сопровождающихся образованием или изменением окраски взаимодействующих веществ (определяемый компонент и химический реагент).

ГОСТ 12.1.014-84*. ССБТ. «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками» устанавливает ускоренный метод измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны индикаторными трубками.

Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом (газом или паром) в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку. Измерение концентрации вредного вещества производится:

1) по длине изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка в трубке (линейно-колористическая индикаторная трубка - индикаторная трубка, позволяющая измерять концентрацию вредного вещества в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку, по длине изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка в трубке);

2) по его интенсивности (колориметрическая индикаторная трубка - индикаторная трубка, позволяющая судить о наличии вредного вещества в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку, в концентрации, большей концентрации срабатывания для данной индикаторной трубки по интенсивности окраски индикаторного порошка путем сравнения с контрольным образцом индикационного эффекта).

На рисунке 25 приведена линейно-колористическая индикаторная трубка на аммиак, а на рисунке 26 насос-пробоотборник НП-3М, с помощью которого можно отобрать заданный объем пробы.

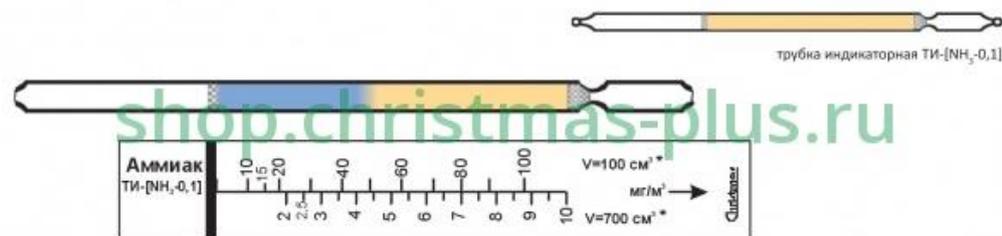


Рисунок 25 - Линейно-колористическая индикаторная трубка на аммиак



Рисунок 26 – Насос-пробоотборник (с сумкой и ЗИП) НП-3М

Индикаторные трубки применяются при контроле вредных веществ в воздухе и газовых средах в различных областях хозяйственной деятельности:

- для производственного лабораторного и технологического экспресс-контроля на предприятиях химической, машиностроительной, нефтегазовой, пищевой, металлургической, горнодобывающей, горно-обогатительной, топливно-энергетической и других отраслей промышленности;
- для санитарно-химического, экологического и специального химического экспресс-контроля, контроля условий труда и специальной оценки условий труда, мониторинга газовых выбросов и т.п.;
- при химическом экспресс-контроле загрязнений воздушной и газовой среды в аварийных и чрезвычайных ситуациях.

Достоинства метода:

1. Быстрота проведения анализа и получение результатов непосредственно на месте отбора проб, что приводит к существенному сокращению трудовых затрат;
2. Простота метода и аппаратуры, что позволяет проводить газовый анализ лицам, прошедшим лишь вводный инструктаж (механики, операторы, лаборанты и т.п.);
3. Малый вес и габариты, а также низкая стоимость аппаратуры;
4. Достаточная чувствительность и точность анализа (погрешность не более 25%, с учетом влияния неконтролируемых факторов в сравнительно широких диапазонах температуры, давления и влажности воздуха);
5. Удобства при подготовке и выполнении измерений - в частности, не требуется регулировка и настройка аппаратуры перед проведением анализа;
6. Не требуются источники электрической и тепловой энергии. Это позволяет эффективно применять индикаторные трубки для автономного химического экспресс-контроля токсичных, взрыво- и пожароопасных веществ не только в ходе плановых производственных лабораторных исследований, но и в аварийных чрезвычайных ситуациях, в замкнутых помещениях и на открытых пространствах;
7. Применение индикаторных трубок на начальном этапе работ позволяет рационализировать аналитический процесс, получить первичную информацию и свести к минимуму затраты на

получение всего массива аналитической информации, а в ряде случаев – и ограничиться полученной информацией, что способствует значительной экономии средств;

8. Отсутствие необходимости в стационарном оборудовании;
9. Отсутствие необходимости в высококвалифицированных специалистах;
10. Низкая стоимость выполнения анализа исследуемого объекта;

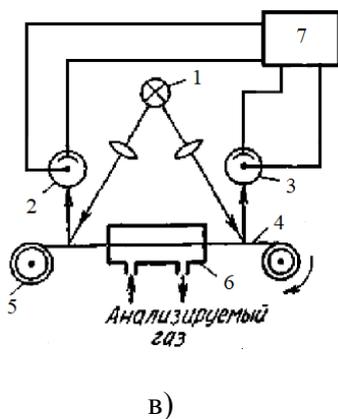
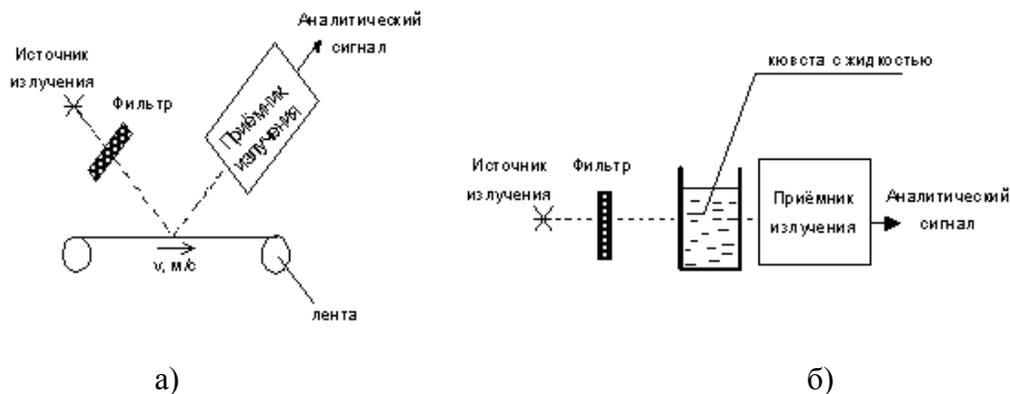
11. Возможность проведения исследований так часто, как это необходимо для оптимизации технологических процессов, создания комфортных условий труда персонала и как результат продления безаварийного интервала работы оборудования и получения максимально качественной конечной продукции.

Недостатки метода:

1. Индикаторные трубки одноразовые;
2. Для каждого определяемого компонента необходим свой колориметрический реагент а, следовательно, и индикаторная трубка;
3. Ограниченный срок хранения индикаторных трубок (пол года, 1 год, два года, три года – в основном 1 год).

Анализируемые компоненты: NO_2 , CO_2 , H_2S , NH_3 , Cl , пары бензина и другие газы, способные с определённым реагентом давать колориметрическую реакцию.

Автоматизация выше рассмотренного метода привела к развитию *фотоколориметрического метода*. По фотоколориметрическому оптическому методу предварительно проводят цветную реакцию контролируемого компонента с подходящим реагентом в газовой фазе, в индикаторном реакторе или на поверхности твердого носителя (в виде ленты, таблетки, порошка) и измеряют интенсивность окраски продуктов реакции. В фотоколориметрическом методе образование или изменение окраски фиксирует фотодатчик, который измеряет прошедший или отражённый поток излучения (возможные схемы приведены на рисунке 27).



- 1 – источник излучения; 2 – приемник опорного канала; 3 – приемник рабочего канала; 4 - индикаторная лента; 5 – катушка с индикаторной лентой; 7 – блок обработки аналитического сигнала

Рисунок 27 – Структурные схемы фотоколориметров

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность.

Недостатки метода:

1. Большая погрешность результата измерения вследствие неравномерности пропитки индикаторной ленты;
2. Зависимость показаний от температуры;
3. Ограниченное количество одновременно определяемых газов.

Метод применяют для избирательного определения оксидов азота, CO, CS₂, NH₃, ацетилена, фосгена, формальдегида и др. компонентов, для которых можно реализовать колориметрическую реакцию.

Физические методы газового анализа

1. Масс-спектральный метод

Метод исследования вещества, основанный на определении отношения массы к заряду ионов, образующихся при ионизации представляющих интерес компонентов пробы. Образующиеся ионы сортируются по величинам их отношения масса/заряд (m/z), затем регистрируется число ионов для каждого значения этого отношения в виде масс-спектра. Масс-спектр - это зависимость интенсивности ионного тока (количества вещества) от отношения массы к заряду (природы вещества). Поскольку масса любой молекулы складывается из масс составляющих её атомов, масс-спектр всегда дискретен (рисунок 28).

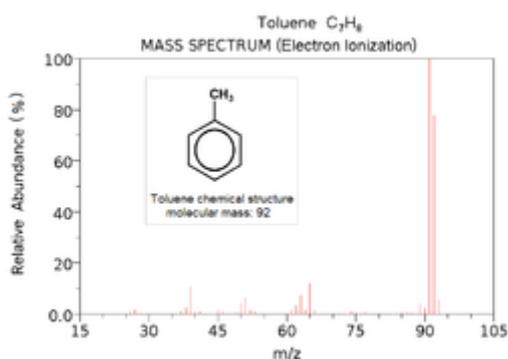


Рисунок 28 – Пример масс-спектра

На рисунке 29 приведена структурная схема масс-спектрометра.



Рисунок 29 - Структурная схема масс-спектрометра

Разделение происходит в условиях высокого вакуума в электрических и магнитных полях, имеет своей целью определение масс молекул (атомов) и относительного содержания в анализируемом веществе компонентов, различных по массе.

Масс-спектральный анализ сводится, в основном, к следующим операциям:

1. Превращение атомов вещества в положительные ионы.
2. Создание ионного пучка или групп ионов в статическом или импульсном электростатическом полях.
3. Пространственное или временное разделение потока частиц в магнитном и электрическом полях.
4. Раздельное измерение и регистрация интенсивности каждого компонента потока.

Аналитическое применение масс-спектрометрии, требующее получения высокой чувствительности и селективности определения, реализуется путем сочетания ее с эффективными методами разделения, такими как газовая хроматография.

Достоинства метода:

1. Высокая селективность (с предварительным хроматографическим разделением);
2. Высокая чувствительность.

Недостатки метода:

1. Сложное, громоздкое и дорогое оборудование;
2. Необходимость в квалифицированном обслуживании;
3. Трудоёмкость и сложность обработки результатов измерений;
4. Высокие эксплуатационные требования.

Анализируемые компоненты: возможно определение практически всех веществ.

2. *Термокондуктометрический метод (по теплопроводности)*

Принцип работы основан на зависимости теплопроводности газовой смеси от её состава (см. таблицу 7).

Чувствительными элементами анализаторов являются тонкие платиновые нити. В зависимости от состава газа меняется температура чувствительного элемента, возникает ток, сила которого пропорциональна концентрации контролируемого компонента.

Таблица 7 – Теплопроводность некоторых газов

Газ	λ_r , кВт/(м·°С)	λ_r/λ_n	Газ	λ_r , кВт/(м·°С)	λ_r/λ_n
Азот	23,72	0,996	Оксид углерода	22,94	0,965
Аммиак	21,33	0,879	Сернистый ангидрид	8,17	0,344
Водород	169,60	7,130	Сероводород	12,79	0,538
Воздух	23,78	1,000	Углекислый газ	14,59	0,614
Двуокись азота	42,71	1,796	Хлор	7,65	0,322
Кислород	24,16	1,016	Водяной пар (при 100 °С)	23,15	0,973
Метан	31,38	1,320			

Примечание: λ_r и λ_n – теплопроводности соответственно газового компонента и воздуха.

Для практического применения зависимость теплопроводности газовой смеси от состава удовлетворительно описывается уравнением, аддитивным относительно теплопроводностей отдельных компонентов смеси:

$$\lambda_{см} = C_1\lambda_1 + C_2\lambda_2 + \dots + C_n\lambda_n,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – концентрации компонентов в долях единицы;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – теплопроводности компонентов.

Как следует из последнего уравнения, для бинарной газовой смеси с различными теплопроводностями компонентов теплопроводность смеси является однозначным критерием состава. Это справедливо и для квазибинарной многокомпонентной смеси, в которой теплопроводность λ_1 определяемого компонента с концентрацией C_1 значительно отличается от теплопроводности $\lambda_{нк}$ неопределяемых компонентов:

$$\lambda_{см} = \lambda_1 C_1 + \lambda_{нк}(1-C_1).$$

Простейшая принципиальная схема термокондуктометрического анализатора приведена на рисунке 30. В плечи измерительного неуравновешенного моста включены одинаковые терморезисторы 5. Два из них размещены в рабочих камерах 1 и 3, через которые проходит анализируемый газ, и включены в противоположные плечи моста, а два других размещены в сравнительных камерах 2 и 4, заполненных или продуваемых сравнительным газом известного и постоянного состава (например, воздухом).

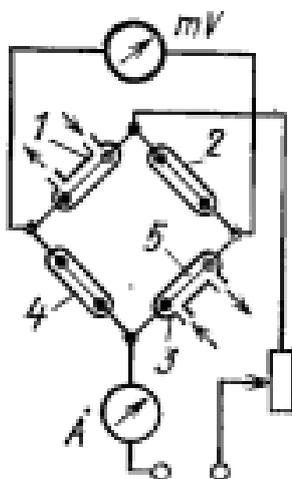


Рисунок 30 - Схема термокондуктометрического газоанализатора

Если анализируемая газовая смесь отличается по теплопроводности от сравнительного газа, то температура, а, следовательно, и сопротивление терморезисторов в рабочих камерах отличаются от температуры и сопротивления терморезисторов в сравнительных камерах. Сила тока в диагонали моста зависит от величины разбаланса моста, т.е. от содержания искомого компонента в газовой смеси.

Для неуравновешенного моста сила тока в диагонали

$$I \approx \left(\frac{I_0}{2}\right) (\Delta R / (R + R_{мв})),$$

где I_0 – сила тока питания моста;

R – сопротивление терморезисторов 5;

ΔR – изменение сопротивлений плеч моста в рабочих камерах 1 и 3;

$R_{мв}$ – сопротивление милливольтметра.

Из этого уравнения видно, что измерения следует проводить при $I_0 = \text{const}$, так как только в этом случае I однозначно зависит от ΔR , т.е. от содержания искомого компонента в газовой смеси.

Причины погрешностей в термокондуктометрических газоанализаторах: колебания температуры окружающей среды, вызывающие изменение температуры стенки измерительных камер; колебания напряжения источника питания измерительного моста; изменение скорости продувки га-

зовой смеси через рабочие камеры. Наличие неопределяемых компонентов, в частности, водяных паров.

Основной недостаток этих приборов заключается в том, что они одинаково реагируют на все газы, имеющие близкие по значению теплопроводности. Поэтому область применения термокондуктометрических газоанализаторов весьма ограничена и сводится в основном к анализу двухкомпонентных смесей или многокомпонентных, у которых все компоненты, кроме определяемого, обладают приблизительно одинаковой теплопроводностью, а теплопроводность определяемого компонента значительно отличается.

Достоинства метода:

1. Простота конструкции;
2. Высокая надёжность и нетребовательность к эксплуатационным условиям.

Недостатки метода:

1. Неселективный анализ бинарных или квазибинарных смесей;
2. Низкая чувствительность;
3. Необходимость иметь в наличии сравнительный газ (сухой воздух, H_2 , N_2);
4. Зависимость результата от колебаний температуры и расхода газовой смеси;
5. Большая инерционность.

Анализируемые компоненты: термокондуктометрические газоанализаторы применяют для определения H_2 , He, CO_2 , SO_2 , NH_3 , Ar, Cl_2 , HCl в технологических смесях различного состава.

3. Оптический метод

В оптических методах измеряют оптическую плотность (абсорбционные методы), интенсивность излучения (эмиссионные методы), коэффициент преломления (рефрактометрический). Абсорбционные методы, основанные на измерении селективного поглощения ИК, УФ или видимого излучения контролируемым компонентом

3.1. Интерферометрический метод

Интерферометрический оптический метод основан на измерении смещения интерференционных полос в результате изменения оптической плотности газовой смеси при изменении концентрации определяемого компонента.

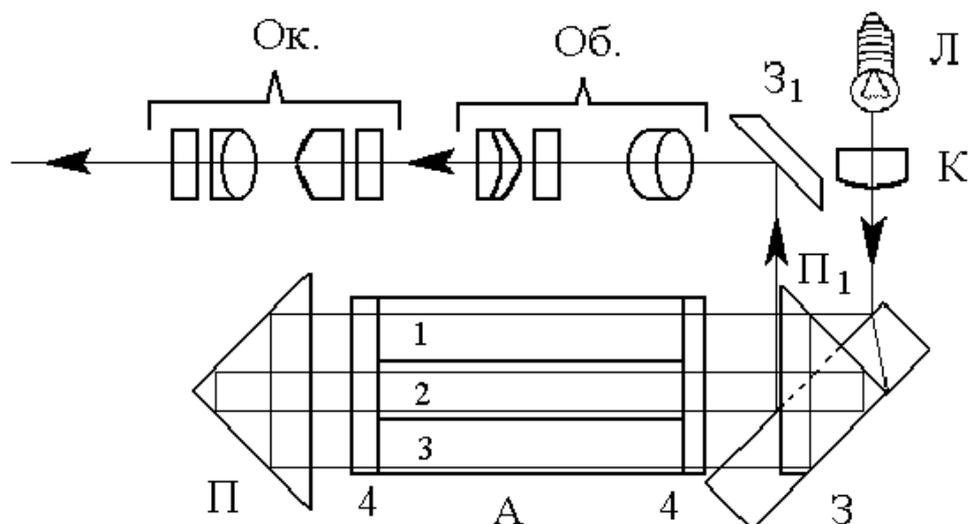
Данный метод не нашёл широкого применения.

В настоящее время шахты оснащены интерферометром ШИ-10, ШИ-11, ШИ-12 и ШИ-6. Приборы ШИ-10 и ШИ-11 (рисунок 31) предназначены для определения содержания CH_4 и CO_2 в рудничном воздухе в пределах от 0 до 6 % по объёму. Прибор ШИ-12 предназначен для измерения высоких (до 100 %) концентраций метана (например, в дегазационных трубопроводах). Прибор ШИ-6 служит для измерения содержания CH_4 , CO_2 и кислорода в шахтном воздухе.



Рисунок 31 - Шахтный интерферометр ШИ-11

Оптическая схема интерферометра представлена на рисунке 32.



Л - лампа накаливания; К - конденсорная линза; З - плоскопараллельная пластина (зеркало); А - подвижная газоздушная камера, имеющая три сквозных полости 1,2,3, ограниченные плоскопараллельными стеклянными пластинами 4; П, П₁ призмы полного внутреннего отражения; зрительная труба с объективом Об, окуляром Ок и щелевой диафрагмой с отсчётной шкалой Ш.

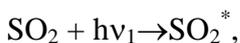
Рисунок 32 - Оптическая схема интерферометра

Анализируемые компоненты (в воздухе шахт): CO₂; CH₄.

3.2. Флуорометрический метод

Флуорометрический метод анализа основан на возбуждении электронных спектров испускания молекул определяемого вещества при внешнем УФ-облучении и измерении интенсивности их фотолюминесценции.

Например:



где h – постоянная Планка.

Для SO₂ возбуждающее ультрафиолетовое излучение находится в диапазоне длин волн от 220 нм до 240 нм.

Возбуждённая молекула SO₂^{*} переходит в основное состояние с излучением кванта света:

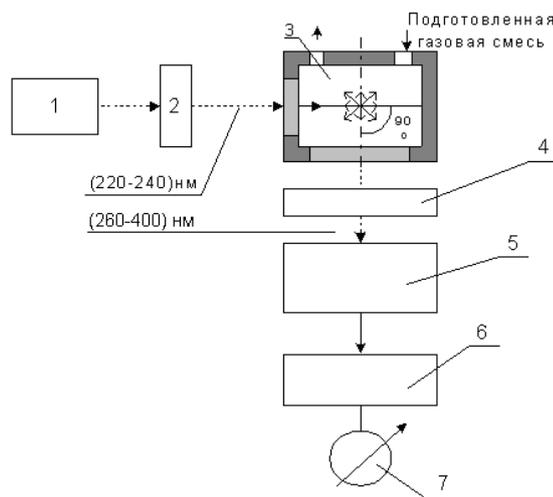


Излучение при флуоресценции находится в диапазоне длин волн от 260 нм до 400 нм.

Интенсивность излучения зависит от концентрации диоксида серы в анализируемой пробе.

Структурная схема флуоресцентного газоанализатора приведена на рисунке 33.

Газоанализатор работает в циклическом режиме. В течение 30 секунд на источник излучения не подается напряжение и в это время измеряется фоновый сигнал с приемника излучения 5. В следующие 30 секунд на лампу подается напряжение и измеряется сигнал, который является суммой фонового сигнала и сигнал флуоресценции. Разность сигналов, измеренных в течении первых 30 секунд и последующих 30 секунд несет информацию о концентрации SO₂ в анализируемой пробе.



1 – источник излучения (импульсная ксеноновая лампа); 2 – первичный светофильтр (220-240) нм; 3 – флуоресцентная камера; 4 – вторичный светофильтр (260-370) нм; 5 – приемник излучения (фотоэлектронный умножитель - ФЭУ); 6 – блок обработки аналитического сигнала; 7 – показывающий прибор.

Рисунок 33 - Структурная схема флуоресцентного газоанализатора

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность.

Недостатки метода:

1. Только измерение концентрации газов, способных к флуоресценции.

Анализируемые компоненты: NO, NO₂, SO₂, CO, некоторые органические соединения.

3.2. Абсорбционный метод

Абсорбционный метод спектрального анализа газов основан на свойстве веществ избирательно поглощать часть проходящего через них электромагнитного излучения. Спектры поглощения различных веществ (газов, жидкостей, твёрдых тел) охватывают все диапазоны электромагнитного излучения от лучей до радиоволн. Для газового анализа в настоящее время используют в основном ультрафиолетовый ($\lambda \approx (0,2-0,4)$ мкм) и инфракрасный ($\lambda \approx (2-10)$ мкм) диапазоны электромагнитного спектра. Полосы поглощения в инфракрасной (ИК) области спектра определяются колебательным и колебательно-вращательным движениями атомов и групп атомов внутри молекул. Абсорбционный спектр в ультрафиолетовом (УФ) диапазоне обусловлен избирательным поглощением энергии внешними электронами.

Специфичность спектра поглощения позволяет качественно определять состав газовых смесей, а интенсивность абсорбционного спектра связана с количеством поглощающего энергию вещества. Количественное соотношение между концентрацией C определяемого компонента и изменением интенсивности поглощаемого этим компонентом излучения устанавливается законом Бугера–Ламберта:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-K(\lambda)lC},$$

где $K(\lambda)$ – спектральный коэффициент поглощения на длине волны λ ;

C – концентрация газа в анализируемой пробе;

$I_0(\lambda)$ – интенсивность излучения до прохождения слоя на длине волны λ ;

$I(\lambda)$ – интенсивность после прохождения слоя на длине волны λ .

Если газовая смесь состоит из n компонентов, то поглощение излучения подчиняется закону Бугера-Ламберта-Бера (рисунок 34):

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-l\sum_{j=1}^N K_j(\lambda)c_j},$$

где j – номер компоненты в газовой смеси.

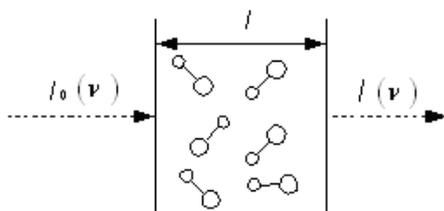


Рисунок 34 – К пояснению закона Бугера-Ламберта-Бера

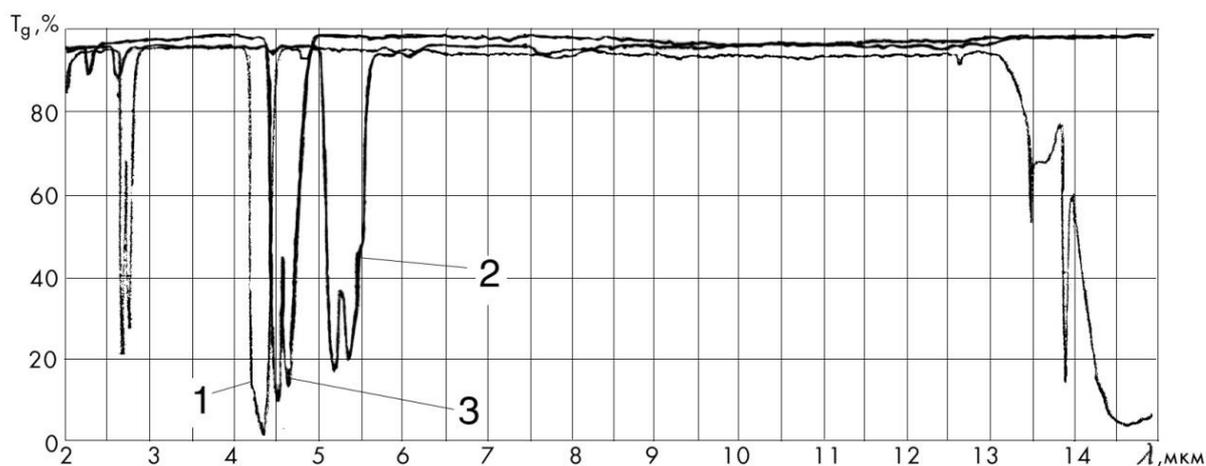
Пропускание газовой смеси равно

$$T(\lambda) = (I(\lambda)/I_0(\lambda)) = e^{l\sum_{j=1}^N K_j(\lambda)c_j},$$

а спектральное поглощение

$$A(\lambda) = 1 - T(\lambda).$$

Например, на рисунке 35 показано спектральное пропускание для газов CO , CO_2 , NO .



1 – CO_2 (0,92 атм); 2 – NO (0,93 атм); 3 – CO (0,94 атм).

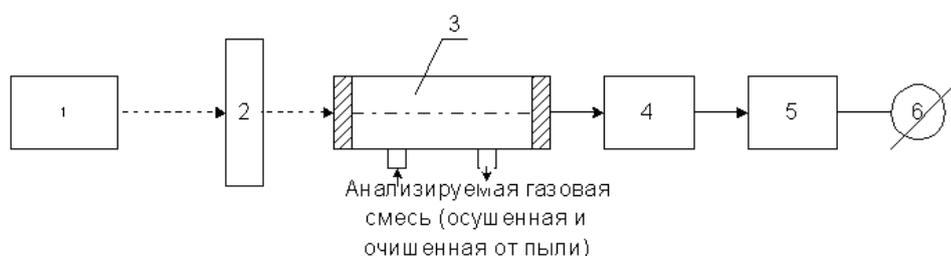
Рисунок 35– Спектральное пропускание CO , CO_2 , NO

В зависимости от способа выделения требуемого спектрального интервала, в котором определяемый газ поглощает излучение, различают следующие методы:

1. Недисперсные методы – анализ основан на выделении нужной спектральной области без разложения излучения в спектр. Для этого используют лазеры, газовые фильтры, интерференционные фильтры и т.п.

2. Дисперсионные методы – основаны на выделении нужной спектральной области в результате разложения излучения в спектр. В качестве диспергирующего элемента используют призмы, решётки, интерферометры и т.п.

Структурная схема простейшего абсорбционного газоанализатора приведена на рисунке 36. Для выделения спектрального интервала, в котором определяемый компонент поглощает излучение используется оптический фильтр, например, с характеристикой приведенной на рисунке 24.



1 – источник излучения; 2 – фильтр; 3 – газовая кювета; 4 – приёмник излучения; 5 – блок обработки информации; 6 – показывающий прибор;

Рисунок 36 – Структурная схема простейшего абсорбционного газоанализатора

Выше приведенная схема газоанализатора не позволяет обеспечить необходимую точность измерения. Для этих целей разработаны различные схемы оптических абсорбционных газоанализаторов, которые позволяют измерять концентрации загрязняющих веществ в воздухе с требуемой точностью. Одна из таких схем такого газоанализатора приведена на рисунке 37.

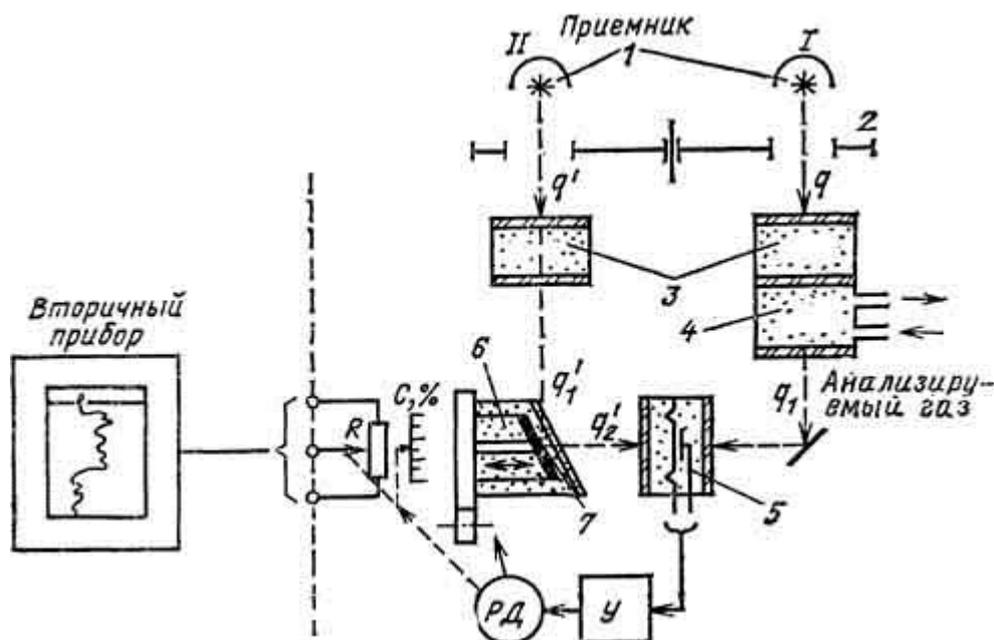


Рисунок 37 - Схема автоматического опико-акустического газоанализатора

От источников излучения 1 потоки пульсирующего инфракрасного излучения q , q' через обтюратор (прерыватель) 2 поступают в два оптических канала: рабочий I и сравнения II. Оба канала содержат фильтровые камеры 3, заполненные неопределяемым компонентом, имеющим спектр

поглощения, частично перекрывающий спектр поглощения анализируемого газа. Введение фильтровых камер, заполненных газом с близким спектром поглощения, позволяет устранить из потока излучения ту часть длин волн, интенсивность которых зависела бы от концентрации неопределяемого компонента.

Первый оптический канал включает рабочую камеру 4, через которую протекает анализируемый газ. Вследствие поглощения излучения в рабочей камере на ее выходе световой поток q_1 меньше потока q_1' в канале сравнения. Поскольку в приборе используется компенсационный метод измерения, сравнительный канал II включает в себя компенсационную камеру б, заполненную определяемым компонентом. Внутри камеры находится подвижный поршень, передняя грань 7 которого является отражающей поверхностью. Длина пути потока q_1' внутри камеры б, а следовательно, и его ослабление зависит от положения поршня. Поток q_2' и q_1 поступают в лучеприемник 5, заполненный анализируемым компонентом и содержащий конденсаторный преобразователь микрофонного типа.

Стенки камер 3-6 по ходу потоков излучения выполнены из светофильтров, имеющих полосу пропускания, соответствующую спектру поглощения анализируемого компонента. При равенстве потоков q_1 и q_2' пульсации давления в обеих частях лучеприемной камеры 5 происходят с одинаковой амплитудой, не вызывая изменения емкости конденсатора. При увеличении концентрации определяемого компонента поток q_1 уменьшается, при этом снижается амплитуда пульсаций давления в правой половине камеры 5 и конденсатор изменяет свою емкость. На выходе усилителя появляется сигнал, вызывающий вращение реверсивного двигателя РД. Последний перемещает цилиндр 7, увеличивая длину пути потока q_1' и снижая q_2' до восстановления равенства потоков. Положение цилиндра компенсирующей камеры, однозначно зависящее от концентрации анализируемого компонента, определяет положение движка реохорда R и связанного с ним указателя вспомогательной шкалы приемника.

В качестве вторичного прибора используется автоматический уравновешенный мост. Оптические газоанализаторы типа ОА, предназначенные для измерения концентраций CO, CO₂, CH₄ в газовых смесях, имеют при нулевом нижнем верхние пределы измерения 1; 2; 5; 10; 20; 30; 50; 70; 100 %, предельная погрешность газоанализаторов составляет ±2,5 % диапазона измерения.

Рассмотренный способ компенсации потока излучения, прошедшего через рабочую камеру, называется газовым. Существуют другие способы компенсации, связанные с изменением мощности источника излучения во втором канале либо с введением ослабляющего светофильтра во второй канал. Эти методы называются соответственно электрической и оптической компенсацией.

Погрешность измерения концентрации двухканальными газоанализаторами существенно зависит от симметрии оптических каналов, изменения излучательной характеристики источников световых потоков, загрязнения светофильтров. В связи с этим существует ряд модификаций газоанализаторов с одноканальными измерительными схемами.

Схема приемника инфракрасного излучения представлена на рисунке 38.

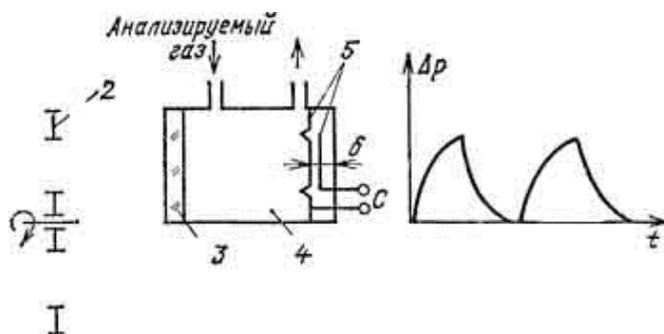


Рисунок 38 - Принципиальная схема оптико-акустического приемника излучения

Источником 1 создается постоянное излучение, которое с помощью вращающегося диска с отверстиями (обтюратора) 2 и светофильтра 3 преобразуется в пульсирующее монохроматическое

излучение. Анализируемый компонент, находящийся в камере 4, поглощает излучение, при этом в камере возникают пульсации температуры, а следовательно, и давления, изображенные на том же рисунке.

Пульсации давления в камере воспринимаются микрофонным чувствительным элементом 5, представляющим собой конденсатор, образованный подвижной мембраной и неподвижной пластиной. Под действием давления мембрана перемещается, вызывая изменения емкости конденсатора C вследствие изменения зазора δ .

Схема такого приемника излучения представляет конструкцию конденсаторного микрофона, в связи с этим они получили название оптико-акустических.

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность, однако, необходимо учитывать перекрывание полос поглощения определяемого и мешающих компонентов газовой смеси.

3. Высокое быстродействие;

4. Возможность создания многокомпонентных газоанализаторов.

Недостатки метода:

1. Некоторые типы газоанализаторов имеют сложную конструкцию, значительны по массе, габаритам и имеют жесткие эксплуатационные требования.

Анализируемые компоненты: NO, NO₂, SO₂, CO, CO₂, органические соединения и другие газы и пары, молекулы которых состоят из двух и более различных атомов.

Тема 9. Мониторинг загрязнения (поверхностных) вод суши

План:

1. Общие положения.
2. Формирование сети пунктов наблюдений.
 - 2.1. Установление местоположения пунктов наблюдений.
 - 2.2. Установление местоположения створов в пункте наблюдений.
 - 2.3. Установление местоположения вертикалей в пункте наблюдений.
 - 2.4. Установление местоположения горизонтов отбора проб в пункте наблюдений.
3. Установление категоричности пунктов наблюдений.
4. Установление определяемых показателей и видов программ наблюдений.
 - 4.1. Определяемые показатели.
 - 4.2. Виды программ наблюдений.
 - 4.3. Установление периодичности сроков проведения наблюдений.
 - 4.3.1. Периодичность сроков проведения наблюдений по гидрохимическим показателям.
 - 4.3.2. Периодичность и сроки проведения наблюдений по гидробиологическим и токсикологическим показателям.
 - 4.3.3. Периодичность и сроки проведения наблюдений за загрязнением донных отложений.
 - 4.3.4. Планирование наблюдений.
5. Проведение наблюдений. Анализ проб.

1. Общие положения.

Для организации государственной наблюдательной сети, осуществляющей подготовку и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши и донных отложений предназначен руководящий документ РД 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши». Донные отложения - это донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно в результате внутриводоемных физических, химических и биологических процессов, в которых участвуют вещества как естественного, так и антропогенного происхождения.

Мониторинг поверхностных вод суши (ПВС) является составной частью государственного мониторинга и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов

Российской Федерации, муниципальных образований, физических и юридических лиц.

Наблюдения за состоянием и загрязнением ПВС проводятся организациями ряда министерств и ведомств. Среди них особое место занимает Росгидромет, имеющий обширную и хорошо апробированную сеть пунктов наблюдений.

Основными задачами наблюдений за состоянием и загрязнением ПВС, являются:

а) проведение регулярных наблюдений за состоянием и загрязнением ПВС; оценка и прогнозирование происходящих в воде изменений;

б) единство нормативно-методического обеспечения получения, сбора, обработки, хранения, передачи данных, создания и ведения банков данных о состоянии ПВС, их загрязнении и распространения полученной в результате наблюдений информации;

в) обеспечение предоставления федеральным органам исполнительной власти, органам государственной власти субъектов Российской Федерации, органам местного самоуправления, а также юридическим и физическим лицам текущей, экстренной или прогностической информации о состоянии ПВС;

г) представление в Единый государственный фонд данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении (ЕГФД) необходимой информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнении.

Наблюдения за состоянием и загрязнением ПВС и донных отложений по:

- гидрохимическим (физическим и химическим);

- гидрологическим;

- гидробиологическим - гидробиологические показатели и показатели, полученные при биотестировании;

- токсикологическим показателям

осуществляют организации наблюдательной сети Росгидромета, являющейся составной частью государственная система наблюдений за состоянием окружающей среды (ГНС).

Формирование ГНС и обеспечение ее функционирования являются одними из основных направлений государственного регулирования деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях и осуществляются Росгидрометом в соответствии с РД 52.04.567 через территориальные органы и научно-исследовательское учреждение (НИУ).

Формирование наблюдательной сети проводится на основе принципов, разработанных головными НИУ и утвержденных Росгидрометом, с учетом сложившихся экономических и социальных условий, при соблюдении требований Федерального закона РФ «О техническом регулировании».

Непосредственное руководство работой наблюдательной сети осуществляют Федеральное государственное бюджетное учреждение «Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (УГМС), Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды УГМС (ЦМС) и Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, филиал УГМС (ЦГМС) в соответствии со своими уставами и они же отвечают за:

а) организацию работы;

б) надежное функционирование наблюдательных подразделений;

в) полноту, достоверность, качество наблюдений и получаемой информации о состоянии окружающей среды и ее загрязнении.

Общий надзор за работой организаций наблюдательной сети осуществляют Департаменты Росгидромета по ФО и УГМС в соответствии с РД 52.04.567.

Научно-методическое руководство работами по наблюдениям за состоянием и загрязнением ПВС по гидрохимическим и токсикологическим показателям осуществляет Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт» (ГХИ), по гидробиологическим - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ИГКЭ), по гидрологическим - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный гидрологический институт» (ГГИ).

Деятельность ГНС по проведению режимных наблюдений регламентируют руководящий документ РД52.04.567 и ГОСТ 17.1.3.07.

Формирование ГНС осуществляется на основе принципов, разработанных головными НИУ и утвержденных Росгидрометом, а также с учетом сложившихся экономических и социальных условий.

При построении ГНС учитывают минимизацию материальных и финансовых затрат, а также эффективность использования информации.

ГНС подразделяется в соответствии с РД 52.04.567 на:

1) основную - основная наблюдательная сеть представляет собой минимально необходимую с точки зрения научной, хозяйственной и экономической целесообразности сеть, предназначенную для изучения режима и состояния ПВС, их загрязнения по стране в целом или по крупным ее регионам;

2) дополнительную - дополнительная наблюдательная сеть предназначена для решения локальных задач по изучению состояния ПВС, их загрязнения в особых физико-географических и климатических районах.

Наблюдательная сеть базируется на наземных пунктах наблюдений. Возможно использование дистанционных средств контроля (в особенности для проведения оперативных наблюдений), однако пока они не нашли широкого применения.

В основе организации и проведения наблюдений лежат следующие основные принципы:

а) комплексность и систематичность наблюдений;

б) согласованность сроков их проведения с характерными фазами гидрологического режима водных объектов;

в) определение состава и свойств воды едиными или сопоставимыми методиками.

Комплексность наблюдений обеспечивается одновременностью проведения наблюдений по гидрохимическим, гидрологическим, и биологическим показателям и определением в донных отложениях таких загрязняющих веществ, как хлорорганические пестициды (ХОП), нефтяные углеводороды, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и тяжелые металлы.

Целесообразно дополнить набор определяемых в ПВС и донных отложениях перечисленных показателей токсикологическими (биотестовыми) показателями.

В зависимости от целей наблюдения подразделяются на следующие виды:

а) режимные;

б) специальные;

в) оперативные.

Цель режимных наблюдений:

а) получение систематической информации о состоянии ПВС, уровне их загрязненности по гидрохимическим, гидрологическим и гидробиологическим показателям;

б) предоставление государственным органам и заинтересованным организациям информации и прогнозов о загрязненности воды водных объектов и экстренной информации о резких изменениях загрязненности воды.

Специальные наблюдения проводят в ПВС, донных отложениях, а также по гидробиологическим показателям для решения конкретных задач.

Организация и проведение специальных видов наблюдений регламентируются в РД 52.24.354, РД52.24.508, РД52.24.618, РД 52.24.620, РД 52.24.626, РД 52.24.633, РД 52.24.635, Р 52.24.566, Р 52.24.581, Р 52.24.661, Р 52.24.776, Р 52.24.819 и др.

Оперативные наблюдения предназначены для оперативного выявления (обнаружения) опасных ситуаций, вызываемых аварийным загрязнением водных объектов или их участков.

Цель оперативных наблюдений:

а) своевременное выявление резких изменений состояния водных объектов (участков), которые могут привести к существенному экономическому и экологическому ущербу;

б) предварительное определение масштабов изменений, причине их возникновения и возможных последствий;

в) выдача оперативной информации об опасном явлении и рекомендаций по оперативным мероприятиям, направленным на защиту водной экосистемы.

Оперативные наблюдения базируются на режимных наблюдениях с дополнительным опе-

ративным проведением комплекса работ в случае выявления чрезвычайных ситуаций.

Каждый из видов наблюдений базируется на своей сети пунктов наблюдений, предназначенной для выполнения поставленных задач. Можно использовать один пункт для решения задач нескольких видов наблюдений. В зависимости от этого пункты наблюдений подразделяются на целевые и многоцелевые.

4.13 Режимные наблюдения являются поставщиком основной информации о состоянии и загрязненности ПВС, донных отложений и их состояния по гидробиологическим показателям.

Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях осуществляется согласно РД 52.24.609; гидробиологических наблюдений - согласно Руководству по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем/ Под ред. В.А. Абакумова,- СПб.: Гидрометеиздат, 1992.-318 с.

2. Формирование сети пунктов наблюдений.

2.1 Установление местоположения пунктов наблюдений.

Режимные наблюдения за состоянием и загрязнением ПВС и донных отложений водоемов и водотоков, в том числе по гидробиологическим и токсикологическим показателям, проводят в пунктах наблюдений.

Пункты наблюдений организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами.

На незагрязненных сточными водами водоемах и водотоках или их участках создаются пункты для фоновых наблюдений.

Пункты наблюдений устанавливаются с учетом существующего использования водоема или водотока для нужд хозяйства, а также перспектив его развития на основании предварительных исследований.

Предварительные исследования заключаются в подборе и анализе следующих сведений:

- а) о водопользователях;
- б) об источниках загрязнения вод;
- в) об имевших место аварийных сбросах загрязняющих веществ;
- г) о водном, ледовом и термическом режиме;
- д) о физико-географических, морфометрических признаках водоема или водотока.

При необходимости проводятся обследования водных объектов или их участков.

Пункты наблюдений организуют на водоемах и водотоках в следующих районах:

- а) расположения городов и крупных рабочих поселков, сточные воды которых сбрасываются в водоемы и водотоки;
- б) сброса сточных вод отдельно расположенными крупными промышленными предприятиями (заводы, рудники, шахты, нефтепромыслы, электростанции и т.п.), территориально-производственными комплексами, организованного сброса сельскохозяйственных сточных вод;
- в) мест нереста и зимовья ценных и особо ценных видов промысловых организмов;
- г) предплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;
- д) пересечения государственной границы;
- е) пересечения границ субъектов Российской Федерации;
- ж) замыкающих створов больших и средних рек;
- и) устья загрязненных притоков больших водоемов и водотоков;
- к) не подверженных прямому антропогенному воздействию, в том числе на водоемах и водотоках, расположенных на территории государственных заповедников и природных национальных парков, являющихся уникальными природными образованиями (для изучения природных процессов и определения фонового состояния воды водоемов и водотоков).

Наблюдения за загрязнением донных отложений организуют в пунктах режимных наблюдений, которые удовлетворяют требованиям РД 52.24.609 (пункт 5.1.1).

2.2. Установление местоположения створов в пункте наблюдений

В пунктах наблюдений организуют один или несколько створов. Местоположение створов в зависимости от типа водного объекта устанавливают в соответствии с таблицей 8 согласно «Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах.- Л.: Изд. ГГИ, 1973. -101 с.», а также с учетом следующего:

- а) гидрометеорологических и морфометрических особенностей водоема или водотока;
- б) расположения источников загрязнения;
- в) количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод;
- г) интересов водопользователей.

Только один створ на водотоках организуют в следующих случаях:

- а) при отсутствии организованного сброса сточных вод в устьях загрязненных притоков;
- б) на незагрязненных участках водотоков;
- в) на предплотинных участках рек;
- г) на замыкающих участках рек;
- д) в тех местах, где водоток пересекает государственную границу или границу между субъектами Российской Федерации.

Два или более створа организуют на водотоках при наличии организованного сброса сточных вод следующим образом:

- а) первый (условно фоновый) створ располагают выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод);
- б) остальные створы располагают ниже источника (или группы источников) загрязнения.

Состав и свойства воды в пробе, отобранной в условно фоновом створе, характеризуют для данного пункта наблюдений фоновое значение показателей состава и свойств воды водотока.

Сравнение фоновых значений показателей с показателями воды в пробе, отобранной ниже источника загрязнения с учетом времени добегания, позволяет судить о характере и степени загрязненности вод под влиянием источников загрязнения.

Изменение состава воды в пробах, отобранных также с учетом времени добегания в первом после сброса сточных вод створе и в расположенных ниже створах, позволяет оценить самоочищающую способность водотока.

Первый створ устанавливают на 1 км выше источника загрязнения (обычно на этом расстоянии исключается возможность влияния на водоток поступающих со сточными водами загрязняющих веществ).

Месторасположение створов ниже источника (или группы источников) загрязнения выбирают с учетом всего комплекса условий, влияющих на характер распространения загрязняющих веществ в водотоке.

При выборе створа ниже источника загрязнения необходимо, чтобы он характеризовал состав воды в целом по сечению, т.е. его следует располагать в том месте, где сточные воды достаточно полно (не менее, чем на 80 %) смешиваются с водой водотока.

Полученное расчетным путем расположение створов полного смешения рекомендуется уточнить во время обследования участка, измеряя содержание консервативных химических веществ, характерных для оценки смешения данных сточных и речных вод, или используя трассеры.

Учитывая, что створ полного смешения мигрирует вдоль русла водотока, оптимальным следует считать такой вариант, когда створ наблюдений устанавливается в створе гарантированного в течение года практически полного смешения сточных вод с водой водотока.

На реках, где створ гарантированного смешения (СГС) находится далеко от источника загрязнения, процесс трансформации части загрязняющих веществ может завершаться еще до того, как они достигнут створа смешения. В этом случае их влияние на физические свойства и химический состав воды в СГС можно и не обнаружить из-за малых расходов сточных вод по сравнению с расходом воды в реке. В такой ситуации створ устанавливают, исходя из хозяйственных интересов в ближайшем створе водопользования.

На реках, используемых для нужд рыбного хозяйства, такой створ устанавливают в зависимости от условий смешения, но не далее 0,5 км от места сброса сточных вод в соответствии с требованиями правил.

При наличии группы источников загрязнения верхний створ располагают выше первого источника, нижний - ниже последнего. Исходя из интересов хозяйства, между створами выше и ниже источников загрязнения можно устанавливать дополнительные створы, которые должны охарактеризовать влияние отдельных источников загрязнения.

При наличии на водотоке нескольких рукавов створы располагают на тех из них, где наблюдаются наибольшие расходы воды и/или нарушения норм качества воды водотоков.

На водоемах наблюдения проводят по водоему в целом или на его отдельных загрязненных участках.

При наблюдениях по водоему в целом с учетом геоморфологии береговой линии и других факторов устанавливают не менее трех створов, по возможности равномерно распределенных по акватории.

При наблюдениях на отдельных загрязненных участках водоемов створы устанавливают так, чтобы учесть условия водообмена в них.

На водоемах с интенсивным водообменом (более 5 раз в год согласно ГОСТ 17.1.1.02) расположение створов аналогично расположению их на водотоках:

Таблица 8 - Створы в пункте наблюдений и характеристики, определяющие выбор их местоположения

Тип водного объекта	Характеристика источника загрязнения	Количество створов	Расположение створов
Водоем	Отсутствие организованного сброса сточных вод или равномерная загрязненность водоема	Не менее 3 по водоему в целом	По возможности равномерно распространенные по акватории с учетом геоморфологии береговой линии и других факторов
Водоем	Организованный сброс сточных вод	Не менее 3 на водоеме с интенсивным водообменом	Выше источника загрязнения примерно на 1 км (вне влияния сточных вод). Ниже источника загрязнения – не менее двух: а) один - на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод; б) остальные - непосредственно за границей зоны загрязненности
Водоем	То же	Не менее 6 на водоеме с умеренным и замедленным водообменом	Один – в неподверженной загрязнению части водоема Один – в створе сброса сточных вод Не менее двух по обе стороны от сброса сточных вод: а) один - на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод; б) остальные - непосредственно за границей зоны загрязненности
Водоток	Отсутствие организованного сброса сточных вод	1	С учетом гидрометеорологических и морфометрических особенностей водотока и интересов водопользователей
Водоток	Организованный сброс сточных вод	Не менее 2	Выше источника загрязнения примерно на 1 км (вне влияния сточных вод) Ниже источника загрязнения: а) в створе достаточно полного (не менее 80 %) смешения сточных вод с водой водотока; б) в створе с учетом интересов водопользователей (в зависимости от условий смешения, но не далее 0,5 км от сброса сточных вод – на используемых для нужд рыбного хозяйства водотоках)

а) один створ устанавливают примерно в 1 км выше источника загрязнения (вне влияния сточных вод);

б) остальные створы (не менее двух) устанавливают ниже источника загрязнения:

1) один - на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод;

2) другой - непосредственно за границей зоны загрязненности. Границу зоны загрязненности (той части водоема, в которой нарушены нормы качества воды по одному или нескольким показателям) устанавливают по размерам максимальной зоны загрязненности, определенной расчетным путем согласно правилам [22] и уточненной при проведении обследования водоема.

На водоемах с умеренным (от 0,1 до 5 раз в год) и замедленным (до 0,1 раза в год) водообменом согласно ГОСТ 17.1.1.02 створы располагают следующим образом:

а) один створ устанавливают в неподверженной загрязнению части водоема;

б) второй створ совмещают со створом сброса сточных вод;

в) остальные створы (не менее двух) устанавливают параллельно второму по обе стороны от него: один - на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод, а другой - непосредственно за границей зоны загрязненности.

Створы наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях, согласно РД 52.24.609 «Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов», совмещают со створами наблюдений в поверхностных водах.

Пробы донных отложений отбирают в местах их максимального накопления согласно перечислениям а) и б), а также где обмен загрязняющими веществами между водной массой и донными отложениями может характеризоваться экстремальными значениями согласно перечислениям в) - е):

а) в местах поступления сточных вод;

б) в зонах подпора боковых притоков;

в) на судовом ходу;

г) на участках водоемов с глубинами до 10 м;

д) на участках ветрового перемешивания вод;

е) на перекатах рек и др.

На водотоках отбор проб донных отложений производят выше и ниже места сброса сточных вод.

На водоемах отбор проб донных отложений производят в зоне влияния сброса сточных вод, в зоне верхнего бьефа гидроузла, в районе истока реки (канала) из исследуемого водоема или в замыкающих створах питающих их водотоков.

2.3. Установление местоположения вертикалей в пункте наблюдений

Количество вертикалей в створе на водоеме устанавливают в зависимости от ширины зоны загрязненности (см. таблицу 9):

а) первую вертикаль располагают на расстоянии не далее 0,5 км от места сброса сточных вод или от берега;

б) последнюю вертикаль располагают непосредственно за границей зоны загрязненности.

Количество вертикалей в створе на водотоке устанавливают в зависимости от условий смешения речных вод со сточными водами или водами притоков:

а) при неоднородности химического состава вод в створе устанавливают не менее трех вертикалей: одну - на стрежне, две остальные обычно на расстоянии 0,1 и 0,9 ширины реки от левого берега (далее ш. р.). Допускается иное расположение вертикалей у берегов с целью избежать при отборе проб воды возможности попадания в них взмученных донных осадков;

б) при однородном химическом составе вод устанавливают одну вертикаль на стрежне реки.

2.4. Установление местоположения горизонтов отбора проб в пункте наблюдений

Количество горизонтов на вертикали устанавливают в зависимости от глубины водоема или водотока в месте измерения (таблица 10):

а) при глубине до 5 м устанавливается один горизонт:

- 1) летом - у поверхности воды на глубине от 0,2 до 0,5 м;
 - 2) зимой - у нижней поверхности льда;
 - б) при глубине от 5 м до 10 м устанавливают два горизонта: один - у поверхности, а второй - в 0,5 м от дна;
 - в) при глубине более 10 м устанавливают три горизонта: один - у поверхности, второй - в 0,5 м от дна, третий (дополнительный промежуточный) - на половине глубины.
- На глубоких водоемах устанавливают следующие горизонты:
- а) у поверхности;
 - б) на глубине 10, 20, 50, 100 м;
 - в) у дна.
- В стратифицированном водоеме назначается дополнительный горизонт, расположенный в слое скачка плотности воды.

Таблица 9 - Вертикали в створе пункта наблюдений и характеристики, определяющие выбор их местоположения

Тип водного объекта	Факторы, определяющие количество вертикалей	Количество вертикалей	Расположение вертикалей
Водоем	Ширина зоны загрязненности водоема	Не менее 2	Первая - не далее 0,5 км от места сброса сточных вод; последняя – непосредственно за границей зоны загрязненности
Водоток	Неоднородность химического состава воды в створе	Не менее 3	Две - на расстоянии 0,1 и 0,9 ш. р. от левого берега ¹⁾ , одна - на стрежне водотока
	Однородность химического состава воды в створе	1	На стрежне водотока

¹⁾ В отдельных случаях допускается иное расположение вертикалей с целью исключения попадания взмученных донных осадков в пробы воды.

Таблица 10 - Горизонты на вертикали пункта наблюдений и характеристики, определяющие выбор их местоположения

Тип водного объекта	Глубина водоема или водотока в месте отбора проб, м	Количество горизонтов	Расположение горизонтов
Водоем	До 5 включ.	1	У поверхности
	Св. 5 до 10 включ.	2	У поверхности; у дна
	« 10 до 20 »	3	У поверхности; на глубине 10 м; у дна
	« 20 до 50 »	4	У поверхности; на глубине 10, 20 м; у дна
	« 50 до 100 »	5	У поверхности; на глубине 10; 20 и 50 м; у дна
	Св. 100	6	У поверхности; на глубине 10; 20; 50 и 100 м; у дна
Водоток	До 5 включ.	1	У поверхности
	Св. 5 до 10 включ.	2	У поверхности; у дна
	Св. 10	3	У поверхности; на половине глубины; у дна
<p>Примечание – В стратифицированном водоеме назначается дополнительный горизонт, расположенный в слое скачка плотности.</p>			

3. Установление категоричности пунктов наблюдений

5.2.1 Пункты наблюдений подразделяются на четыре категории (таблица 11). Категорию пункта наблюдений устанавливают с учетом комплекса следующих факторов:

- а) хозяйственного значения водного объекта;
- б) состояния воды;
- в) размера и объема водоема;
- г) размера и водности водотока и др.

Пункты наблюдений категории 1 располагают на средних и больших водоемах или водотоках (по ГОСТ 17.1.1.02), имеющих важное хозяйственное значение:

- а) в районах городов с населением свыше 1 млн. жителей;
- б) в местах нереста и зимовья особо ценных видов промысловых организмов;
- в) в районах повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ и заморных явлений среди водных организмов;
- г) в районах организованного сброса сточных вод, в результате чего, согласно РД 52.24.643 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», наблюдается высокая загрязненность воды.

Допускается располагать пункты наблюдений категории 1 на малых водоемах и водотоках.

Пункты наблюдений категории 2 располагают на водоемах и водотоках в следующих местах:

- а) в районах городов с населением от 0,5 до 1,0 млн. жителей;
- б) в местах нереста и зимовья ценных видов промысловых организмов;
- в) на важных для рыбного хозяйства предплотинных участках рек;
- г) в местах организованного сброса дренажных сточных вод с орошаемых территорий и промышленных сточных вод;
- д) в тех местах, где водоток пересекает государственную границу;

е) в районах организованного сброса сточных вод, в результате которого, согласно РД 52.24.643, наблюдается средняя загрязненность воды.

Таблица 11 - Категории пунктов наблюдений и факторы, определяющие их установление

Категория пункта наблюдений	Характеристика района расположения пункта наблюдений	Характеристика загрязненности воды водоема или водотока в районе пункта наблюдений
1 ¹⁾	Районы городов с населением более 1 млн. жителей Места нереста и зимовья особо ценных видов промысловых организмов ²⁾	Повторяющиеся аварийные сбросы загрязняющих веществ и заморные явления водных организмов Высокая степень загрязненности воды ³⁾
2	Районы городов с населением от 0,5 до 1 млн. жителей Районы важного рыбохозяйственного значения (места нереста и зимовья ценных видов промысловых организмов ²⁾ , предплотинные участки рек) Районы пересечения водным объектом государственной границы ⁴⁾	Систематическая средняя степень загрязненности воды ³⁾
3	Районы городов с населением менее 0,5 млн жителей Замыкающие створы больших и средних рек ⁵⁾ Устья загрязненных притоков больших рек и водоемов ⁵⁾ Районы пересечения водным объектом границы между субъектами Российской Федерации ⁶⁾	Систематическая низкая степень загрязненности воды ³⁾
4 ⁷⁾	Районы территории государственных заповедников и национальных парков; водоемы и водотоки, являющиеся уникальными природными образованиями. Незагрязненные участки водоемов и водотоков	Водоемы и водотоки, а также их участки, не подверженные антропогенному воздействию
<p>¹⁾ Пункты наблюдений категории I располагают на средних и больших водоемах и водотоках (по ГОСТ 17 1 1 02), имеющих важное хозяйственное значение. Допускается располагать пункты наблюдений категории I на малых водоемах и водотоках в случае обоснованной необходимости.</p> <p>²⁾ К группе особо ценных видов промысловых организмов относятся виды, дающие продукцию особой ценности вне зависимости от наличия их промысла и его масштабов на данном водном объекте (например, лососевые, осетровые); к группе ценных видов относятся виды, являющиеся важными объектами промысла или организованного любительского лова (например, лещ, вобла, судак).</p> <p>³⁾ Степень загрязненности воды определяется в соответствии с РД 52.24.643.</p> <p>⁴⁾ В отдельных случаях допускается категория 3.</p> <p>⁵⁾ В соответствии с ГОСТ 17.1.1.02 к большим рекам относятся реки с площадью водосбора более 50000 км² и расходом воды более 100 м³/с, к средним – реки с площадью водосбора от 2000 до 50000 км² и расходом воды от 5 до 100 м³/с, к большим водоемам относятся водоемы с площадью водной поверхности от 101 до 1000 км² и объемом от 1,1 до 10 км³.</p> <p>⁶⁾ В отдельных случаях допускается категория 4.</p> <p>⁷⁾ Категория 4 допускается в пунктах наблюдений с организованным сбросом сточных вод при низкой степени загрязненности воды.</p> <p>Примечание - Пункты наблюдений, расположенные в районах сброса сточных вод отдельных крупных промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, а также в районах организованного сброса сточных вод с орошаемых территорий, относятся к одной из четырех категорий в зависимости от уровня загрязненности воды водоема или водотока в пункте наблюдений.</p>		

Пункты наблюдений категории 3 располагают на водоемах и водотоках в следующих местах:

- а) в районах городов с населением менее 0,5 млн. жителей;
- б) на замыкающих участках больших и средних рек (по ГОСТ 17.1.1.02);

- в) в устьях загрязненных притоков больших рек и водоемов (по ГОСТ 17.1.1.02);
 - г) в районах организованного сброса сточных вод, в результате чего, согласно РД 52.24.643, наблюдается низкая загрязненность воды;
 - д) в тех местах, где водоток пересекает границу между субъектами Российской Федерации.
- Пункты наблюдений категории 4 располагают в следующих местах:
- а) на незагрязненных участках водоемов и водотоков;
 - б) на водоемах и водотоках, расположенных на территории государственных заповедников и природных национальных парков, являющихся уникальными природными образованиями.

4. Установление определяемых показателей и видов программ наблюдений

4.1. Определяемые показатели

Наблюдения в пунктах наблюдений производят комплексно по гидрохимическим (физическим и химическим), гидробиологическим, токсикологическим показателям. Одновременно с проведением этих наблюдений определяют гидрологические показатели.

Для всех пунктов наблюдений в соответствии обязательным является определение в ПВС следующих показателей:

- а) физических;
- б) химических;
- в) гидрологических.

Наблюдения за содержанием пестицидов, относящихся к химическим показателям, допускается проводить не во всех пунктах наблюдений.

Наблюдения за содержанием пестицидов проводят согласно РД 52.18.263 «Положение. Охрана природы. Геосфера. Организация и порядок проведения наблюдений за содержанием остаточных количеств пестицидов, регуляторов роста растений и основных токсичных продуктов их разложения в объектах природной среды» с учетом особенностей их поступления, миграции и трансформации в водной среде в следующих местах:

- а) в районе применения пестицидов;
- б) в районе населенных пунктов, в которых имеются предприятия, производящие пестициды;
- в) на участках водотоков и водоемов с повторяющимися случаями нарушения норм качества воды пестицидами, выявленными по результатам режимных наблюдений и обследований;
- г) в районе пересечения государственной границы;
- д) в пунктах наблюдений, определенных в качестве опорных для наблюдений за содержанием хлорорганических пестицидов (ХОП) в воде водоемов и водотоков;
- е) в пунктах наблюдений, совпадающих с пунктами специальных наблюдений (для оценки состояния водоемов и водотоков в районе пересечения границ административно-структурных подразделений Российской Федерации, для оценки влияния мелиорации и т. д.).

В каждой зоне и горной области в соответствии с физико-географическим районированием страны должно быть установлено не менее одного пункта наблюдения за содержанием пестицидов.

Наблюдения за содержанием пестицидов в воде водоемов и водотоков, расположенных в районе населенных пунктов, допускается проводить на одном створе, установленном выше населенного пункта, при следующих условиях:

- а) содержание пестицидов в створах, расположенных выше и ниже населенного пункта, существенно не различается;
- б) в населенном пункте отсутствует предприятие, производящее пестициды.

Наблюдения по гидробиологическим и токсикологическим показателям допускается проводить не во всех водоемах, водотоках, пунктах наблюдений, створах и вертикалях.

Наблюдения по гидробиологическим показателям рекомендуется проводить на водоемах и водотоках в следующих случаях:

- а) на водоемах и водотоках, а также на их участках, имеющих важное хозяйственное значение;
- б) в пунктах наблюдений, где при рекогносцировочном обследовании выявлены наиболее заметные изменения состояния сообществ водных организмов;
- в) на водоемах и водотоках, а также на их участках, не подверженных антропогенному воздействию, расположенных на территории государственных заповедников и природных национальных парков, являющихся уникальными природными образованиями;
- г) в пунктах фоновых наблюдений.

Наблюдения по токсикологическим показателям рекомендуется проводить на водоемах и водотоках в пунктах наблюдений, подвергающихся наиболее значительной антропогенной нагрузке.

Наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях допускается проводить в соответствии с РД 52.18.263 и РД 52.24.609 не во всех пунктах наблюдений и створах.

Перечень определяемых показателей состояния воды водоемов и водотоков устанавливаются, учитывая следующие условия:

- а) целевое использование водоема или водотока;
- б) состав сбрасываемых сточных вод;
- в) требования, устанавливаемые потребителями информации.

5.3.1.7 Перечень химических показателей включает в себя загрязняющие вещества, обязательные для определения во всех пунктах наблюдений и характерные для воды в конкретном пункте (таблица 12).

Перечень определяемых в пунктах наблюдений пестицидов устанавливаются с учетом следующего:

- а) перечня приоритетных пестицидов (таблица 13);
- б) объемов и масштабов применения пестицидов на территории района расположения пункта наблюдений и выше по течению реки;
- в) основных сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории района;
- г) сведений о предприятиях, производящих пестициды (местоположение, ассортимент пестицидов);
- д) сведений о складах и местах захоронения пестицидов;
- е) концентрации пестицидов и частоты их обнаружения в воде водоемов и водотоков в районе наблюдений.

Перечень определяемых гидробиологических показателей устанавливаются для каждого водоема и водотока, учитывая региональные особенности, уровень загрязненности и экологические последствия антропогенного воздействия (антропогенное эвтрофирование и экологический регресс, экологическое неблагополучие):

Программа проведения наблюдений по гидробиологическим показателям предусматривает определение следующих параметров согласно руководству:

- а) по фитопланктону:
 - общей численности клеток, 103 кл./см³;
 - общего числа видов;
 - общей биомассы, мг/дм³;
 - численности основных групп, 103 кл./см³;
 - биомассы основных групп, мг/дм³;
 - численности синезеленых, 103 кл./см³;
 - доли синезеленых в общей численности, %;
 - биомассы синезеленых, мг/дм³;
 - доли синезеленых в общей биомассе, %;
 - числа видов в группе;
 - массовых видов и видов-индикаторов сапробности (наименование, процент от общей численности);

- индекс сапробности;
- класс качества воды;
- б) по зоопланктону:
 - общей численности организмов, экз./м³;
 - общего числа видов;
 - общей биомассы, мг/м³;
 - численности основных групп, экз./м³;
 - биомассы основных групп, мг/м³;
 - числа видов в группе;
 - массовых видов и видов-индикаторов сапробности (наименование, процент от общей численности);
- индекс сапробности;
- класс качества воды;
- в) по зообентосу:
 - общей численности организмов, экз./м²;
 - общей биомассы, г/м²,
 - количества групп по стандартной разборке;
 - числа видов в группе;
 - общего числа видов;
 - биомассы основных групп, г/м²;
 - численности основных групп, экз./м²;
 - индекс Вудивисса;
 - индекс Гуднайта-Уитлея;
 - индекс сапробности;
 - класс качества воды;
- г) по перифитону:
 - общего числа видов;
 - массовых видов, частоты встречаемости, сапробности;
- д) по микробиологическим показателям:
 - общего количества бактерий, 10⁶ кл./см³ (кл./мл);
 - количества сапрофитных бактерий, 10³ кл./см³ (кл./мл);
 - отношения общего количества бактерий к количеству сапрофитных бактерий;
 - класс качества воды;
- е) по степени трофности и интенсивности «цветения» воды:
 - по содержанию хлорофилла, мкг/дм³;
 - по фитопланктону;
- ж) по активности щелочной фосфатазы и эстераз сестона, мкмоль/(дм³ч) или мкмоль/(лч альфа-нафтола);
- и) по макрофитам:
 - проективного покрытия опытной площадки (100 м²);
 - характера распространения растительности;
 - общего числа видов,
 - преобладающих видов (наименование, проективное покрытие, фенофаза, аномальные признаки);
 - индекс сапробности.

Компонентный состав определяемых в донных отложениях загрязняющих веществ включает в себя:

- а) ХОП, в их числе:
 - 1) α , β и γ -изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ);
 - 2) дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты (дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЭ) и дихлордифенилдихлорметилметан (ДДД)); 3) гексахлорбензол (ГХБ);
- б) хлорорганические пестициды, в их числе:

- 1) диметоат;
- 2) малатион (карбофос);
- 3) фозалон;
- в) трифлуралин;
- г) нефтепродукты, в их числе:
 - 1) углеводороды;
 - 2) смолистые вещества (смолы и асфальтены);
- д) ПАУ, в их числе наиболее стойкие и токсичные 4-7-ядерные ароматические углеводороды;

Таблица 12 - Виды программ проведения наблюдений по гидрологическими гидрохимическим (физическим и химическим) показателям

Наименование показателя	Программа			
	обязательная (ОП)	сокращенная (СП)		
		№ 1	№ 2	№ 3
Визуальные наблюдения	+	+	+	+
<i>Гидрологические показатели</i>				
Расход воды на водотоках	+	+	+	+
Скорость течения воды (на водотоках) ¹⁾	+			+
Уровень воды (на водоемах)	+	+	+	+
<i>Физические показатели</i>				
Температура	+	+	+	+
Цветность	+			
Прозрачность	+			
Запах	+			
Окислительно-восстановительный потенциал	+			
Удельная электрическая проводимость		+	+	
<i>Химические показатели</i>				
Взвешенные вещества	+		+	+
Водородный показатель	+		+	+
Растворенный кислород, % насыщения воды кислородом	+	+	+	+
Диоксид углерода	+			
Хлоридные ионы ^{2),3)}	+			
Сульфатные ионы ^{2),3)}	+			
Гидрокарбонатные ионы ^{2),3)}	+			
Кальция ионы ^{2),3)}	+			
Магния ионы ^{2),3)}	+			
Жесткость ^{2),3)}	+			
Натрия ионы ^{2),3)}	+			
Калия ионы ^{2),3)}	+			
Сумма ионов ^{2),3)}	+			
Азот аммонийный ³⁾ , нитритный ³⁾ , нитратный ³⁾	+			
Фосфор фосфатный ³⁾	+			
Железо общее ³⁾	+			
Кремний ³⁾	+			
БПК ₅	+		+	+
ХПК	+		+	+
Нефтепродукты ³⁾	+			
Фенолы (летучие) ³⁾	+			
Тяжелые металлы ^{3),4)}	+		+	+
Загрязняющие вещества ^{3),4),5)}	+		+	+

¹⁾ Сведения о скорости течения воды представляют в случае совмещения отбора проб и опорных измерений расходов воды.

²⁾ Если ниже источника загрязнения имеются несколько створов, то содержание главных ионов допускается измерять только в первом после сброса сточных вод створе.

³⁾ К характерным загрязняющим веществам могут относиться также главные ионы, биогенные вещества, широко распространенные загрязняющие вещества. В таком случае эти вещества определяют по СП № 2 и/или СП № 3.

⁴⁾ Перечень тяжелых металлов и других загрязняющих веществ, характерных для вод данного пункта наблюдений, которые должны определяться по СП № 2 и СП № 3, устанавливают на основании данных о химическом составе сбрасываемых в районе пункта наблюдений сточных вод и предварительных обследований водного объекта.

⁵⁾ По СП № 3 определяют все характерные для данного пункта наблюдений загрязняющие вещества, по СП № 2 определяют два-три наиболее характерных загрязняющих веществ.

В первом после выпуска сточных вод створе ежедневно проводят наблюдения по СП № 1 и отбор проб воды в объеме не менее 5 л для хранения в течение 5 сут на случай необходимости провести анализ при чрезвычайных обстоятельствах (заморных явлениях, гибели рыбы и других водных организмов, аварийных сбросах загрязняющих веществ)

Примечание – Знаком «+» отмечены показатели, которые следует определять

Таблица 13 - Перечень пестицидов, рекомендуемых для наблюдения в воде водоемов и водотоков

Наименование действующего вещества пестицида согласно ИСО	Назначение	Синонимы, названия торговых и препаративных форм пестицидов
Ацетохлор	Гербицид	Аценит, ацетал, беркут, клоцет, трофи 90, харнес
Гексахлорбензол,	Протравитель	Гамма-гексан, гексатиурам
Гексахлорциклогексан; ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры)	Инсектоакарицид	Гексахлоран, гексатиурам, гексатокс, линдан, тигам, фентиурам
Глифосат	Гербицид, Десикант, Дефолиант	Алаз, глидер, глифАлт, глифор, глифос, напалм, раундап, РАП, ураган Форте
2,4-Д (кислота, соли)	Гербицид	Аминопелик, биатлон, 2,4-Дактив, дуплет Гранд, дротик, октимет, чисталан Экстра, 2,4-Д аминная соль, аминка, диакем, диален Супер, дикопур Ф, луварам, трезор Гранд, фенфиз
ДДТ	Инсектоакарицид	Азотокс, дикол, дуст, полидофен
Дельтаметрин		Атом, децис, сплендер, суперметрин, ФАС
Десмедифам, фенмедифам	Гербицид	Бета Супер, бетагран Трио, бетакс Дуо, бетан Форте, бетанал, бетаниум, бетарен Дуплет, бетарус, бицелс 22
Диазинон	Инсектоакарицид	Базудин, баргузин, гризли, диазол, медветокс, почин, практик, рикошет
Дикамба	Гербицид	Банвел, диакем, диален Супер, дианат, дикамерон Гранд, дифезан, ковбой, оптимум, прополол, рефери, титус Плюс, трезор Гранд, фенизан, чисталан
Диметоат	Инсектоакарицид	Би-58 Новый, бином, данадим, дитокс, кинфос, рогор С, тагор, фостран
Лямбда-цигалотрин	Инсектицид	Алтын, брейк, бретер, гладиатор, каратэ, самум, титус Плюс, цигалотрин
Малатион	Инсектоакарицид	Алатар, бунчук, искра М, карбофос, карбофорт, новоактион
Металаксил	Протравитель, Фунгицид	Апрон Голд, арцерид, максим Голд АП, ридомил Голд
Тебуконазол	Протравитель, Фунгицид	Агросил, бункер, виал ТТ, дозор, доспех, зенон Агро, колосаль, раксил Ультра, скарлет, тир, титул Дуо, фаворит
Трифлуралин	Гербицид	Анонс, гербитреф, нитран Экстра, олитреф, трефлан
Флуазифоп-П-бутил		Легионер, фюзилад Супер, фюзилад Форте
Фозалон	Инсектоакарицид	Бензофосфат, золон
Хлорсульфурон	Гербицид	Дикамерон Гранд, димогран, дифезан, ковбой, корсаж, круг, метиген, прополол, тулиген, фенизан, фенфиз, хардин
Циперметрин	Инсектоакарицид	Аккорд, алатар, вега, искра, кинмикс, фастак, фитозан, циперон, циткор, шарпей

е) тяжелые металлы, в их числе (с учетом источников загрязнения и приоритетности для определения):

- 1) ртуть;
- 2) мышьяк;
- 3) кадмий;
- 4) свинец;
- 5) медь;
- б) цинк;
- 7) хром;
- 8) никель;
- 9) марганец.

Выбор этих веществ обусловлен их свойствами:

- а) высокой токсичностью для гидробионтов;
- б) биохимической устойчивостью;
- в) сорбцией на взвешенных веществах;
- г) аккумуляцией донными отложениями, водными растениями и животными.

В перспективе перечень загрязняющих веществ подлежит дальнейшему расширению.

Перечень определяемых в воде и донных отложениях токсикологических показателей включает биотесты на дафниях, цериодафниях, водорослях, парамециях, коловратках и рыбах:

1) Программа проведения наблюдений по токсикологическим (биотестовым) показателям для определения токсичности воды предусматривает использование методик из комплекса, включенного в Р 52.24.566 и других методов анализа, утвержденных документами Росгидромета (Р 52.24.662, РД 52.24.670, Р 52.24.695; Р 52.24.734; Р 52.24.741; Р 52.24.763). Допускается использование документов по методам определения токсичности, установленных на федеральном уровне (ГОСТов, ФР, ПНДФ). Для оценки токсического влияния фитоценозов планктона (в связи с цветением воды и интенсивным развитием синезеленых водорослей) рекомендуется использовать Р 52.24.809.

Биотестирование проводят на различных тест-объектах:

- а) дафниях;
- б) цериодафниях;
- в) водорослях;
- г) парамециях;
- д) коловратках;
- е) рыбах.

Для анализ одной пробы рекомендуется использовать набор биотестов на 2-3 тест-объектах, например, на дафниях и на водорослях или на дафниях, коловратках и на водорослях.

Для биотестирования могут быть использованы лабораторные культуры и природные популяции водных организмов, отловленные на незагрязненных участках водного объекта.

2) Программа проведения наблюдений по токсикологическим (биотестовым) показателям для определения токсичности донных отложений согласно РД 52.24.635 и Р 52.24.662 включает в себя определение острого, подострого и хронического токсического действия при биотестировании.

Для анализа токсичности нативных (необработанных проб донных отложений) рекомендуется использовать биотест на личинках комаров (хинономидах), так как они являются наиболее простым и доступным тест-объектом.

При биотестировании водных вытяжек донных отложений можно ставить эксперимент на других гидробионтах: дафниях, водорослях, инфузориях, коловратках и т.д. Для биотестирования можно использовать организмы из природных популяций, которые населяют исследуемый водоем и отловлены на незагрязненных участках. Среди них могут быть личинки насекомых, обитающих в воде (комаров, жуков, эфемерид), ручейники, бентические ракообразные (водяной ослик, бокоплав, гаммарусы).

4.3. Установление периодичности и сроков проведения наблюдений

4.3.1. Периодичность и сроки проведения наблюдений по гидрохимическим показателям

Периодичность проведения наблюдений устанавливают в соответствии с категорией пункта наблюдений.

Периодичность проведения наблюдений по гидрохимическим показателям устанавливают в соответствии с таблицей 15.

Таблица 15 - Периодичность проведения наблюдений по гидрохимическим показателям в пунктах наблюдений разной категории

Периодичность проведения наблюдений	Вид программы наблюдений для пункта наблюдений категории			
	1	2	3	4
Ежедневно	Сокращенная программа № 1	Визуальные наблюдения	—	—
Ежедекадно	Сокращенная программа № 2	Сокращенная программа № 1	—	—
Ежемесячно	Сокращенная программа № 3			—
В основные фазы водного режима	Обязательная программа			

В соответствии с таблицами 12 и 15 проводят наблюдения по гидрохимическим показателям:

а) в пунктах наблюдений **категории 1**:

1) ежедневно - в первом после выпуска сточных вод створе по сокращенной программе № 1, при этом отбирают пробы воды в объеме не менее 5 дм³ для хранения в течение 5 суток на случай необходимости проведения химического анализа при чрезвычайных ситуациях (заморных явлениях, гибели рыбы и других водных организмов, аварийных сбросах загрязняющих веществ). Периодичность может нарушаться вследствие неблагоприятных гидрометеорологических и климатических условий, при стихийных бедствиях и других непредвиденных обстоятельствах;

2) ежедекадно - по сокращенной программе № 2;

3) ежемесячно - по сокращенной программе № 3;

4) в основные фазы водного режима - по обязательной программе.

б) в пунктах наблюдений **категории 2**:

1) ежедневно - визуальные наблюдения в первом после выпуска сточных вод створе;

2) ежедекадно - по сокращенной программе № 1;

3) ежемесячно - по сокращенной программе № 3;

4) в основные фазы водного режима - по обязательной программе.

в) в пунктах наблюдений **категории 3**:

1) ежемесячно - по сокращенной программе № 3;

2) в основные фазы водного режима - по обязательной программе.

г) в пунктах наблюдений **категории 4** в основные фазы водного режима по обязательной программе.

Наблюдения по обязательной программе на большинстве водотоков проводят 7 раз в году в следующие сроки:

- а) во время половодья - на подъеме, пике и спаде;
- б) во время летне-осенней межени - при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка;
- в) осенью перед ледоставом;
- г) во время зимней межени.

Периодичность наблюдений по обязательной программе на отдельных водотоках в зависимости от особенности их водного режима может отличаться от указанной для большинства водотоков. К таким водотокам относятся следующие:

- а) с длительным половодьем (больше месяца). При этом количество наблюдений увеличивается до 8 раз в год (пробы следует отбирать на подъеме и пике половодья, а также в начале и конце его спада);
- б) с устойчивой летней меженью, где основной подъем воды выражен слабо, количество наблюдений снижается до 5-6 раз в год;
- в) временные водотоки, т.е. водотоки, движение воды в которых происходит меньшую часть года. При этом количество наблюдений уменьшается до 3-4 раз в год;
- г) водотоки, характеризующиеся паводочным режимом в течение всего года. При этом число наблюдений должно быть не менее 8 раз в год; д) водотоки, расположенные в горных районах. При этом число наблюдений может колебаться от 4 до 11 раз в год и определяется типом водотока.

В случае кризисного сокращения бюджетного финансирования на проведение наблюдений допускается изменение периодичности отбора проб воды путём временной работы пунктов наблюдений по сниженной категории или уменьшения количества отбираемых в основные гидрологические фазы проб до (4-5) раз в год.

Наблюдения по обязательной программе на водоемах проводят 4 раза в год в сроки, соответствующие следующим гидрологическим ситуациям:

- а) зимой при наиболее низком уровне воды и наибольшей толщине льда;
- б) в начале весеннего наполнения водоема;
- в) в период максимального наполнения (при наибольшем уровне воды);
- г) при наиболее низком уровне воды в летне-осенний период.

В пунктах наблюдений категорий 1, 2 и 3 рационально совмещать срок проведения ежемесячных наблюдений со сроком наблюдений по обязательной программе в период прохождения основных гидрологических фазы на водном объекте.

Периодичность проведения наблюдений (количество наблюдений в году) за содержанием в поверхностных водах пестицидов устанавливаются согласно РД 52.18.263 «Положение. Охрана природы. Геосфера. Организация и порядок проведения наблюдений за содержанием остаточных количеств пестицидов, регуляторов роста растений и основных токсичных продуктов их разложения в объектах природной среды» с учетом категории пункта наблюдений и персистентности определяемого пестицида.

Срок проведения наблюдений (фаза гидрологического режима) устанавливаются в соответствии с приложением Л, учитывая следующее:

- а) гидрологическую ситуацию на водоеме или водотоке;
- б) сроки обработки сельскохозяйственных угодий.

4.3.2. Периодичность и сроки проведения наблюдений по гидробиологическим и токсикологическим показателям

Наблюдения по гидробиологическим показателям рекомендуется проводить ежемесячно в течение вегетационного периода. При отсутствии возможности ежемесячного контроля допускается проведение наблюдений в сроки, наиболее показательные для оценки состояния водных экосистем.

Наблюдения по токсикологическим показателям в пунктах наблюдений категории 1-3 рекомендуется проводить ежеквартально.

Сроки отбора проб на анализ по гидробиологическим и токсикологическим показателям следует совмещать со сроками отбора проб на анализ по гидрохимическим показателям.

Таблица 16 - Периодичность и сроки проведения наблюдений за содержанием пестицидов в ПВС

Наименование действующего вещества пестицида	Водоток				Водоем			
	Пункты наблюдений категории 1-3		Пункты наблюдений категории 4		Пункты наблюдений категории 1-3		Пункты наблюдений категории 4	
	Количество наблюдений в году	Фаза гидрологического режима	Количество наблюдений в году	Фаза гидрологического режима	Количество наблюдений в году	Фаза гидрологического режима	Количество наблюдений в году	Фаза гидрологического режима
ХОП: ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры), ДДТ и метаболиты ДДЭ и ДДД; ГХБ, глифосат, лямбда-цигалотрин, металаксил, трифлуралин, флуазифоп-П-бутил, хлорсульфурон, циперметрин	6 ¹⁾	Подъем, пик и спад половодья При наименьшем расходе в летнюю межень При прохождении дождевого паводка в летнюю межень Перед ледоставом	6 ¹⁾	Подъем, пик и спад половодья При наименьшем расходе в летнюю межень При прохождении дождевого паводка в летнюю межень Перед ледоставом	6 ¹⁾	В начале весеннего наполнения В период максимального наполнения При наиболее низком уровне в летне-осенний период В период вегетации при прохождении дождевых паводков (2 пробы). Перед ледоставом.	3 ¹⁾	В начале весеннего наполнения В период максимального наполнения При наиболее низком уровне в летне-осенний период
	4 ²⁾	Пик и спад половодья При прохождении дождевого паводка в летнюю межень Перед ледоставом	4 ²⁾	Пик и спад половодья При прохождении дождевого паводка в летнюю межень Перед ледоставом	4 ²⁾	В начале весеннего наполнения При прохождении дождевого паводка в летнюю межень Перед ледоставом	3 ²⁾	То же
Ацетохлор, 2,4-Д, дельтаметрин, десметрифам, диазинон, дикамба, диметоат, малатион, тебуконазол, фенмедифам, фозалон	5	С апреля по август ежемесячно (рекомендуется после прохождения дождевых паводков)	5	Пик и спад половодья При наименьшем расходе в летнюю межень При прохождении дождевого паводка в летнюю межень. Перед ледоставом	5	С апреля по август ежемесячно (рекомендуется после прохождения дождевых паводков)	3	«

¹⁾ При условии применения пестицидов.
²⁾ При отсутствии применения ХОП.

4.3.3. Периодичность и сроки проведения наблюдений за загрязнением донных отложений

Периодичность проведения наблюдений (количество наблюдений в году) за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях устанавливают в соответствии с таблицей 17.

Срок отбора проб (фаза гидрологического режима) устанавливают, учитывая следующее:

- а) гидрологическую ситуацию на водоеме и водотоке;
- б) время максимального поступления веществ в донные отложения. Сроки отбора проб донных отложений следует совмещать с отбором проб воды в эти периоды.

4.3.4. Планирование наблюдений

Планирование наблюдений осуществляют в соответствии со следующими этапами:

- а) предварительные исследования;
- б) обследование водоемов или водотоков в пункте наблюдений;
- в) анализ полученных материалов, выбор места отбора проб, подготовка материалов для составления программ наблюдений и паспортов пунктов наблюдений.

В процессе предварительных исследований анализируют уже имеющуюся информацию, на основе которой выполняют следующее:

- а) устанавливают основные цели наблюдений:
 - 1) проведение наблюдений за загрязнением воды в районе населенного пункта с организованным сбросом сточных вод;
 - 2) проведение наблюдений в замыкающем створе реки большой или средней категории и т.п.;
- б) выявляют наиболее важные проблемы, характерные для рассматриваемого водоема или водотока в пункте наблюдений:
 - 1) засоление;
 - 2) загрязнение органическими веществами;
 - 3) загрязнение опасными веществами;

- 4) эвтрофирование;
- 5) токсификация и т.п.;
- в) выявляют потребности в информации с учетом существующих и предполагаемых в будущем видов использования воды водоема или водотока;
- г) проводят сбор следующих сведений:
 - 1) источники загрязнения;
 - 2) количество сбросов сточных вод в водоем или водоток в пункте наблюдений, объем и состав сточных вод, режим их сбросов;
 - 3) вид, мощность и эффективность работы очистных сооружений;

Таблица 17 - Периодичность и сроки отбора проб донных отложений для определения загрязняющих веществ в водотоках и водоемах

Наименование загрязняющего вещества	Водоток		Водоем	
	Количество наблюдений в году	Фаза гидрологического режима	Количество наблюдений в году	Фаза гидрологического режима
ХОП	3 ¹⁾	На спаде половодья При прохождении дождевого паводка Перед ледоставом	3 ¹⁾	В начале весеннего наполнения В период максимального наполнения При наиболее низком уровне в летне- осенний период
	2 ²⁾	На спаде половодья В межень	2 ²⁾	В период максимального наполнения При наиболее низком уровне в летне- осенний период
Нефтепродукты, ПАУ	3	На спаде половодья При прохождении дождевого паводка Перед ледоставом	2-3	В период максимального наполнения При наиболее низком уровне в летне- осенний период Желательно при минимальных уровнях во время ледостава
Тяжелые металлы	2-3	На спаде половодья При прохождении дождевого паводка Желательно перед ледоставом	2-3	В период максимального наполнения При наиболее низком уровне в летне- осенний период Желательно при минимальных уровнях во время ледостава
¹⁾ При условии применения ХОП. ²⁾ При отсутствии применения ХОП.				

4) условия, при которых имели место аварийные сбросы загрязняющих веществ;

д) делают обзоры сведений по следующим данным:

1) качеству воды по гидрохимическим, гидробиологическим и токсикологическим показателям;

2) гидрологическому режиму водного объекта;

3) физико-географическим и морфометрическим характеристикам участка исследований;

4) смешению природных и сточных вод;

е) на подобранном картографическом материале (с рекомендуемым масштабом 1:50000-1:500000) указывают территории населенных пунктов, источники загрязнения и намечают возможные места отбора проб;

ж) разрабатывают программу обследований, включающую следующие данные:

1) места отбора проб;

2) перечень гидрохимических, гидробиологических и токсикологических показателей, подлежащих определению в водоеме или водотоке в пункте наблюдений;

3) сроки проведения обследования. Источниками информации могут быть:

а) результаты ранее проводимых наблюдений и исследований;

б) базы данных, содержащих информацию статистического и административного характера;

в) отчеты и другие источники.

Обследование водоемов или водотоков в пункте наблюдений проводят при отсутствии или недостатке информации, полученной в результате проведения предварительных исследований.

Подготовка к проведению полевых работ включает:

а) разработку маршрута следования для выполнения программы проведения работ;

б) составление списка необходимого оборудования и материалов;

в) подбор необходимого оборудования и материалов.

Во время обследования водоема или водотока выполняют следующее:

а) проводят визуальный осмотр состояния водоема или водотока и его прибрежной зоны;

б) уточняют (или выявляют) источники загрязнения, места, характер и режим сброса сточных вод, их объем и состав;

в) выполняют гидрометрические работы и рассчитывают в соответствии с рекомендациями (Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах.- Л.: Изд. ГГИ, 1973. -101 с.) и РД 52.24.634 створ полного смешения природных и сточных вод водотока и зону загрязненности водоема. С учетом этих характеристик определяют (или уточняют) расположение створов, вертикалей, горизонтов в пункте;

г) отбирают пробы воды и донных отложений на анализ по гидрохимическим, гидробиологическим и токсикологическим показателям с целью выявить характерные для данного пункта загрязняющие вещества и представительные биотопы.

При визуальном осмотре необходимо обращать внимание на состояние водного объекта, включая признаки высокого загрязнения и экстремально высокого загрязнения:

а) на явления, характеризующие состояние водоема или водотока:

1) цвет, прозрачность, запах воды;

2) наличие мутных струй, взвешенных веществ, плавающих примесей на поверхности воды, посторонних окрасок, пены, нефтяных или масляных пленок на поверхности воды и в прибрежной полосе;

3) выделение пузырьков донных газов;

4) характер донных отложений, обрастания прибрежных камней, плавающих предметов, искусственных сооружений;

5) распределение и состав зарослей высших водных растений;

6) наличие и интенсивность «цветения» воды;

7) наличие мертвой рыбы и других водных организмов и т. д.;

б) на возможность подъезда к водному объекту для проведения работ и организации пункта наблюдений.

Уточняют имеющиеся сведения об источниках загрязнения, в случае отсутствия сведений выявляют такие источники на месте. Делают уточнения на карте-схеме участка.

Отбор проб воды для последующего анализа рекомендуется проводить во время максимальной загрязненности воды в суточном цикле. Такое время устанавливают на основании материала о режиме сброса сточных вод.

В случае необходимости проводят дополнительные наблюдения путем круглосуточного отбора и анализа проб сточных вод с интервалом от 1 до 3 ч.

При проведении обследований на водотоках створы располагают по тому же принципу, как при проведении режимных наблюдений:

а) при наличии организованного сброса сточных вод один створ располагают выше первого источника, остальные створы располагают ниже последнего источника в створе достаточно полного (не менее 80 %) смешения сточных вод с водами водотока или в ближайшем створе водопользования. На используемых для нужд рыбного хозяйства водотоках створ располагают не далее 0,5 км от места сброса сточных вод;

б) при отсутствии организованного сброса сточных вод достаточно установить один створ.

При проведении обследования по всему водоему предусматривают проведение обследования характерных его участков, различающихся по глубине, проточности и конфигурации берегов:

а) на водоемах правильной формы наблюдения выполняют на ряде створов, которые проходят параллельно друг другу;

б) на водоемах неправильной формы створы обычно располагают перпендикулярно берегу, а также устанавливают отдельные вертикали в центральных частях обособленных заливов или отчлененных участков;

в) на водохранилищах назначают продольный разрез по оси водоема от зоны выклинивания подпора до плотины и несколько поперечных разрезов, проходящих через расширение и узости водоема равной глубины. Вертикали на створах распределяют равномерно.

Проводя обследование на водоеме в местах организованного сброса сточных вод, намечают ряд радиальных створов от места выпуска сточных вод. Вертикали на створах располагают таким образом, чтобы первые из них были на расстоянии 0,5 км от места выпуска стоков, последние - за пределами зоны загрязненности.

Принцип расположения вертикалей и горизонтов при проведении обследований такой же, как и при проведении режимных наблюдений.

При выборе мест отбора проб следует учесть следующие требования:

а) репрезентативность проб;

б) возможность измерять гидрологические показатели;

в) доступности и безопасности места;

г) удаленность от лаборатории, производящей анализ, позволяющая выдерживать предусмотренные нормативными документами сроки хранения проб.

Следует учитывать также помехи, возможные при проведении работ (тепловые полыньи в период ледостава, промерзание или пересыхание водотока и т.п.).

Обследование необходимо проводить в сроки, связанные с основными фазами водного режима для условий минимального и максимального расходов:

а) на водотоках - в половодье, в зимнюю межень и летнюю межень;

б) на водоемах с умеренным и замедленным водообменом - летом или осенью до начала дождей;

в) на водоемах с интенсивным водообменом - весной в период максимального притока и летне-осенние месяцы при минимальных уровнях; г) на водоемах также в зимний период - при наиболее низких уровнях во время ледостава.

В отобранных во время обследования пробах воды определяют все освоенные сетевыми лабораториями Росгидромета гидрохимические, гидробиологические и токсикологические показатели. В пробах донных отложений определяют загрязняющие вещества и токсикологические (биотестовые) показатели. При необходимости (например, в случае чрезвычайных или аварий-

ных ситуаций) для расширения состава определяемых веществ к обследованию могут быть привлечены другие ведомства, имеющие высокоэффективное современное оборудование.

В соответствии с результатами анализа проб воды и донных отложений, отобранных во время проведения обследований, выполняют следующее:

а) проверяют правильность расчета створов смешения природных и сточных вод и зон загрязненности воды, учитывая максимально удаленный створ достаточно полного (не менее 80 %) смешения и максимальных размеров зоны загрязненности. Уточняют расположение створов, вертикалей и горизонтов в пункте наблюдений;

б) определяют категорию пункта наблюдений и с учетом загрязненности воды, выявленной во время обследований;

в) назначают характерные для пункта загрязняющие вещества, которые следует определять при выполнении режимных наблюдений. При этом выбирают те вещества, содержание которых в воде превышает норму;

г) готовят материалы, необходимые для составления программы работ в пункте.

При появлении новых источников загрязнения, изменении мощности, состава и условий сброса сточных вод прежних источников и других сложившихся условий, категорию пункта, периодичность проведения наблюдений и перечень определяемых показателей можно изменить. В этом случае также проводится дополнительное обследование участка водоема или водотока.

5. Проведение наблюдений. Анализ проб

Анализ проб см. дисциплину «Физико-химические методы анализа».

Отбор проб воды и донных отложений, их предварительную обработку, консервацию, упаковку, пересылку и анализ проводят сетевые подразделения Росгидромета. Эти работы, их сроки и состав, а также места отбора проб определяются программой наблюдений, согласованной с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Гидрохимический институт» (по гидрохимическим и токсикологическим показателям) и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (по гидробиологическим показателям).

Отбор проб проводят в соответствии со следующими нормативными документами, устанавливающими требования и положения по отбору проб и пробоотборным устройствам:

а) ГОСТ 17.1.5.01;

б) ГОСТ 17.1.5.05;

в) ГОСТ Р 51592;

г) РД 52.18.351, Р 52.24.353, РД 52.24.609;

д) Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. 1.- Л.: Гидрометеоздат, 1978. - 384 с.;

е) Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 7. - 4.1. - Л.: Гидрометеоздат, 1973. - 476 с.

6.3 Гидрологические показатели получают измерением на гидрологических створах в пунктах наблюдений или расчетным путем согласно документам:

- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч.1. - Л.: Гидрометеоздат, 1978. -384 с.;

- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 7.- 4.1. - Л.: Гидрометеоздат, 1973. -476 с.;

- Лучшева А.А. Практическая гидрометрия - Л.: Гидрометеоздат, 1972.-382 с.

Предварительную обработку проб (фильтрование, консервацию) и определение гидрохимических показателей выполняют в соответствии с методиками, включенными в руководства Лучшева А.А. Практическая гидрометрия - Л.: Гидрометеоздат, 1972.-382 с., Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. Л.В. Боевой. - 4.2: Ростов-на-Дону: Изд-во Южного Федерального Университета, 2012. - 720 с., РД 52.18.595 и другими руководящими документами, содержащими новые, усовершенствованные или пересмотренные

методики измерений, аттестованные, оформленные и утвержденные в порядке, установленном ГОСТ 8.556, ГОСТ Р 8.563, ГОСТ 27384, ГОСТ Р ИСО 5725-6 и РМГ 61.

Допускается применять методики, включенные в реестр (Государственный реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга. 4.1. Количественный химический анализ вод.- М.: Изд. Мин- природы РФ, 1995. - 30 с.), а так же прочие методики, аттестованные и оформленные в соответствии с перечисленными выше стандартами при наличии полученного от Федерального государственного бюджетного учреждения «Гидрохимический институт» разрешения после проведенной им экспертизы методики.

Консервацию проб и определение в пробах гидробиологических и токсикологических показателей выполняют в соответствии с РД 52.24.565, РД 52.24.635, Р 52.24.566.

Выбор средств измерений при анализе напрямую связан с выбором методики, и его осуществляют с учетом определенных требований и условий согласно порядку проведения поверки средств измерений.

Для соблюдения требования единства измерений при метрологической аттестации методик измерений, градуировке и метрологической аттестации средств измерений и контроле погрешности методик измерений используют стандартные образцы согласно ГОСТ 8.315 и аттестованные смеси согласно МИ 858.

Работы выполняют лаборатории, аккредитованные согласно РД 52.18.351 и РД 52.18.598.

Наблюдения проводят с учетом требований техники безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007 и правилами (Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета, - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 316 с.).

Тема 10. Мониторинг загрязнения морей

План:

1. Цель и задачи государственной системы наблюдений и контроля за загрязнением морских вод.
2. Формирование сети пунктов наблюдений.
 - 2.1. Требования к выбору районов и станций наблюдений.
 - 2.2. Принципы деления станций наблюдений по категориям.
 - 2.3. Организация наблюдений.
 - 2.4. Рекогносцировочные обследования.

1. Цель и задачи государственной системы наблюдений и контроля за загрязнением морских вод

Целью системы наблюдений и контроля за загрязнением морских вод (СКЗМ) является получение информации о состоянии загрязнения морских вод для оперативного обеспечения организаций, а также для планирования и осуществления мероприятий по охране и рациональному использованию морских водных объектов.

Основные задачи СКЗМ заключаются в получении сведений для обеспечения:

- штормовой информацией о резких повышениях или высоких уровнях загрязнения (особо опасных и опасных явлениях) в отдельных районах моря и устьевых областях рек;
- систематической информацией о состоянии загрязнения морских вод и устьевых областей рек;
- эпизодической информацией о состоянии загрязнения моря в районах эпизодических наблюдений (осуществляется по отдельным запросам).

Назначение системы наблюдений и контроля состоит:

- в обеспечении организаций штормовой, систематической и эпизодической информацией об уровнях загрязнения морских вод;
- в составлении баланса, прогнозов и предупреждений о возможных изменениях загрязнения морской среды, а также влияния химических загрязнений на трансформацию химического состава морских вод;

- в оценке эффективности мероприятий по защите от загрязнения морской среды;
- в изучении процессов деструкции загрязняющих веществ;
- в планировании и осуществлении мероприятий по охране и рациональному использованию морских и устьевых вод.

2. Формирование сети пунктов наблюдений

Формирование сети пунктов наблюдений за загрязнением морей и устьев рек должно соответствовать Методическим указаниям № 40 по организации системы наблюдений и контроля за загрязнением морей и устьев рек (1977 г.).

2.1. Требования к выбору районов и станций наблюдений

Требования, предъявляемые к выбору районов и расположению станций наблюдений, определяются совокупностью условий:

- характером требуемой информации (штормовая, систематическая, эпизодическая);
- значением района наблюдений (курортно-оздоровительное, рыбохозяйственное);
- назначением информации (прослеживание изменений загрязнений во времени, изучение пространственного распространения, составление баланса и прогноза загрязнений);
- географическим расположением источников загрязнений;
- составом и концентрацией загрязняющих веществ; предшествующим состоянием загрязненного моря или его отдельных районов;
- физико-географическими и гидролого-гидрохимическими условиями.

Общим требованием, предъявляемым к расположению станций наблюдений для получения всех видов информации, служит их репрезентативность, а также охват наблюдениями как загрязненных, так и относительно чистых вод.

Для получения штормовой информации важным является выбор района наблюдений. Чаще всего этими районами будут прибрежные воды, где осуществляется максимум сброса сточных вод от городов, промышленных и сельскохозяйственных комплексов, со стоком рек, а также прибрежные воды, имеющие важное курортно-оздоровительное и рыбохозяйственное значение.

Для получения систематической информации необходимо получение наблюдений по всей акватории моря, характеризующих месячную и сезонную изменчивость загрязнения моря. Частота и расположение станций наблюдений определяется в прибрежных водах объемом и характером поступающих стоков и гидролого-химическими условиями, в открытой части - в основном циркуляционными системами, наличием бароклина и т.п.

Для получения эпизодической информации наблюдения проводятся в локальных районах при обследовании шельфовой зоны во время изыскательских работ.

Сетка станций наблюдений, состоящая из разрезов, должна начинаться от источников загрязняющих веществ (устья рек, города, поселки, промышленные комплексы, предпроливные районы) и заканчиваться в относительно чистых или слабо загрязненных районах (это обычно удаленные от берега открытые районы моря). Сетка станций наблюдений должна охватывать в соответствии с современным районированием либо всю акваторию моря (Балтийское, Белое, Азовское, Черное, Каспийское, Аральское и Японское), либо значительную его часть (Баренцево), либо прибрежную зону (арктические и дальневосточные моря). Однако в арктических морях для более точного установления системы расположения станций необходимо провести рекогносцировочные обследования во всей их акватории.

При определении местоположения станций наблюдений за специфическими загрязняющими веществами необходимо учитывать степень их распространения, объем сбросов, скорость деструкции, форму их нахождения в естественных условиях и физико-химические свойства.

Примеры. Ртуть встречается локально в отдельных загрязненных районах моря, приуроченных к районам сброса, а также в стречных циркуляционных систем. Локальное распространение ртути связано со сравнительно небольшими объемами ее сброса и быстрой коагуляцией и выпадением на дно соединений ртути при солености ниже 10‰. Нефть распределена практически повсеместно. Это связано, во-первых, со значительными объемами ее сброса, во-вторых, с тем, что все

углеводороды разлагаются чрезвычайно медленно, и, в-третьих, с тем, что наличие скачка плотности значительно препятствует осаждению тяжелых фракций нефти в нижние слои моря и на дно. Коагуляция лигнина наиболее интенсивно протекает при высоких значениях солености воды. Поэтому при сбросе лигнина через речные системы или непосредственно в распресненную прибрежную зону он переносится в открытую часть моря, где накапливается в водах с высокой соленостью.

2.2. Принципы деления станций наблюдений по категориям

Станции по составу и частоте наблюдений разделяются на три категории. В основу деления положены важность района моря в культурно-оздоровительном и рыбохозяйственном отношениях и уровень загрязнения водного объекта в районах поступления сточных вод. Категорийность станций также определяется срочностью и характером требуемой информации, сложностью и объемом наблюдений, количеством определяемых загрязняющих ингредиентов и показателей среды.

Станции I категории (единичные контрольные станции) характеризуют обычно ограниченные участки. Они располагаются в районах, постоянно подверженных интенсивному загрязнению, и в районах моря, имеющих большое культурно-оздоровительное и рыбохозяйственное значение (порты и припортовые акватории, места сброса городских сточных вод и сточных вод промышленных и сельскохозяйственных комплексов, районы разработки и добычи полезных ископаемых, замыкающие створы устьев рек, районы курортов, промысла и нереста рыбы и т.п.). В районах поступления сточных вод может наблюдаться загрязнение воды, которое в десятки, а в отдельных случаях и в сотни раз превышает ПДК по какому-либо ингредиенту или в 10 и более раз фоновые уровни загрязнения в данном море.

Станции I категории предназначены для оперативного контроля за состоянием загрязнения моря в районах курортов, рыбных промыслов и для выявления высоких уровней загрязнения моря в местах поступления сточных вод.

Станции II категории (сетка станций, состоящая из разрезов) охватывают значительные акватории моря, устья рек и другие районы, имеющие большое народнохозяйственное значение (курортные зоны, рыбопромысловые районы и районы, куда поступают и могут распространяться сточные воды). Кроме того, такие станции могут быть расположены на трассах интенсивного судоходства.

Наблюдения на станциях II категории проводятся для получения штормовой и систематической информации в целях контроля загрязнения морских и устьевых вод и исследования сезонной и годовой изменчивости.

Станции III категории располагаются в части моря, где не предусмотрены станции I и II категорий и где отмечаются более низкие уровни загрязнения или относительно чистые воды. Наблюдения на станциях III категории организуются для получения систематической информации об уровнях загрязнений с целью изучения их сезонной и годовой изменчивости и для определения элементов баланса химических веществ и т. п. При необходимости наблюдения на станциях II и III категории могут быть использованы для штормовой информации.

При определении категорийности станций наблюдений следует учитывать состояние загрязнения района наблюдений. В случае необходимости возможно изменение местоположения и категорийности станций. Категорийность станций наблюдений может корректироваться в зависимости от динамики уровней загрязнения морской среды, а также в связи с появлением новых объектов контроля. Основанием для корректировки системы станций должны быть специальные рекогносцировочные обследования.

2.3. Организация наблюдений

Наблюдения за загрязнениями и химическим составом вод проводятся по сокращенной или полной программе в зависимости от категории станции.

Сокращенная программа. Сроки наблюдений - один раз в декаду (в середине каждой декады).

Состав наблюдений:

- нефтепродукты;
- растворенный кислород;
- рН;
- и один-два загрязняющих ингредиента, характерные для района наблюдений.

Одновременно проводятся визуальные наблюдения за состоянием загрязнения поверхности моря.

Горизонты отбора проб (таблица 18):

- при глубине до 3 м проба отбирается с одного горизонта (поверхность);
- при глубине до 10 м - с двух горизонтов (поверхность и у дна);
- при глубине до 25 м - с трех горизонтов (поверхность, 10 м и у дна);
- при глубине до 50 м - с четырех горизонтов (поверхность, 10, 25 м и у дна) и т.д..

Таблица 18 - Горизонты отбора проб в зависимости от глубины места

Глубина, м	Горизонт, м						
	Поверхность	10	25	50	100	500	У дна
3	+						
10	+						+
25	+	+					+
50	+	+	+				+
100	+	+	+	+			+
500	+	+	+	+	+		+
> 500	+	+	+	+	+	+	+

Полная программа. Сроки наблюдений - один раз в месяц (в середине месяца). В этом случае наблюдения по сокращенной программе во второй декаде не проводятся.

Состав наблюдений:

- загрязняющие вещества (нефтепродукты, хлорорганические пестициды (хлорорганические пестициды разрешается определять 1 раз в сезон), тяжелые металлы, фенолы, детергенты, а также загрязняющие ингредиенты, специфические для данного района);

- показатели среды (растворенный кислород (O_2), сероводород (H_2S) (H_2S (сероводород) определяется при относительном содержании кислорода 20%-ного насыщения), концентрация водородных ионов (рН), нитритный азот (NO_2), нитратный азот (NO_3), аммонийный азот (NH_4), общий азот, фосфор фосфатный, общий фосфор, кремний (SiO_3), Alk (щелочность определяется только в зонах смешения));

- элементы гидрометеорологического режима (соленость воды, температура воды и воздуха, скорость и направление течений* и ветра, прозрачность, цвет). На станциях, которые одновременно не входят в состав вековых, рейдовых станций и стандартных гидрологических разрезов, определяется только направление течения в поверхностном слое.

Горизонты отбора проб (таблица 18): при глубине до 3 м проба отбирается с одного горизонта (поверхность); при глубине до 10 м - с двух горизонтов (поверхность и у дна); при глубине до 25 м - с трех горизонтов (поверхность, 10 м и у дна); при глубине до 50 м - с четырех горизонтов (поверхность, 10, 25 м и у дна); при глубине до 100 м - с пяти горизонтов (поверхность, 10, 25, 50 м и у дна); при глубине до 500 м - с шести горизонтов (поверхность, 10, 25, 50, 100 м и у дна); при глубинах более 500 м добавляется горизонт 500 м.

Если глубина слоя скачка плотности отличается от стандартного горизонта более чем на 5 м, то наблюдения проводятся на дополнительном горизонте (в слое скачка). Этот горизонт назначается на основании анализа вертикального распределения температуры, рН и электропроводности воды.

При организации наблюдений за концентрацией загрязняющих веществ через речные системы в море необходимо учитывать следующие обстоятельства:

а) независимость формирования стока загрязняющих веществ от формирования речного стока, в связи с чем наблюдения за их концентрациями должны быть систематическими в течение всего года;

б) возможность пространственно-временной разрывности полей загрязняющих веществ по длине рукава с уменьшением их концентрации до 1 ПДК и ниже, в связи с чем систематические наблюдения должны проводиться достаточно часто.

При организации наблюдений за концентрацией загрязняющих веществ на замыкающем гидростворе устьевой области реки необходимо руководствоваться следующим: при ширине реки до 50 м проба воды отбирается на одной вертикали (на стержне); при ширине 50-500 м - на трех вертикалях; при ширине 500-1000 м - на четырех вертикалях; при ширине >1000 м - на пяти вертикалях.

Горизонты отбора проб: при глубинах до 5 м - на двух горизонтах (поверхность, дно); при глубинах до 10 м - на трех горизонтах (поверхность, половина глубины, дно); при глубинах более 10 м - через каждые пять метров, включая придонный горизонт.

В случае, когда наблюдается ярко выраженный слой скачка плотности, отбирается дополнительная проба на горизонте, расположенном непосредственно в слое скачка плотности [2]. В однородном по плотности слое допускается изготовление интегральной пробы, которая составляется из проб одинакового объема, отобранных на всех горизонтах этого слоя. При двух противоположно направленных потоках (слоях) средние концентрации определяются для каждого потока (слоя); кроме того, в таких случаях для потока, направленного в море, во время отбора проб измеряются скорости течений с последующим расчетом расхода воды.

Средняя концентрация загрязняющего вещества по живому сечению реки определяется как средняя взвешенная величина из концентраций на всех горизонтах и вертикалях.

Приток (или отток) загрязняющих веществ при водообмене через проливы рассчитывается аналогичным образом, при этом концентрацию загрязняющих веществ определяют в предпроливном районе.

При анализе годовой характеристики притока и оттока загрязняющих веществ указываются месяцы (сезоны, годы) с минимальным, максимальным притоком загрязняющих веществ и указываются причины этих явлений: увеличение (уменьшение) загрязнения смежной акватории, увеличение сброса загрязняющих веществ, введение в строй новых очистных сооружений, аномальные гидрометеорологические условия, аварийные ситуации и т.п.

На станциях I категории наблюдения проводятся по сокращенной программе (таблица 19) два раза в месяц (в первой и третьей декадах), по полной программе - один раз в месяц (во второй декаде).

Таблица 19 - Порядок проведения гидрохимических работ на станциях

Срок проведения наблюдений	Категория станции		
	I	II	III
Два раза в месяц (I и III декада)	Сокращенная программа	-	-
Один раз в месяц (II декада)	Полная программа	Полная программа	-
Один раз в квартал (II декада второго месяца)	-	-	Полная программа

На станциях II категории наблюдения проводятся по полной программе один раз в месяц (во второй декаде). В период ледостава наблюдения проводятся один раз в квартал.

На станциях III категории наблюдения проводятся по полной программе один раз в квартал.

Внеочередные наблюдения за опасными и особо опасными явлениями проводятся в тех случаях, когда:

1) в результате выполнения очередных наблюдений отмечено увеличение содержания какого-либо загрязняющего вещества в 10 и более ПДК (для веществ, на которые нормами предусмотрено полное отсутствие содержания, условно принимается в качестве ПДК содержание 0,0001 мг/л, т.е. самая минимальная величина ПДК для веществ, лимитирующим показателем вредности

которых является санитарно-токсикологический показатель), что относится к опасным (ОЯ) или особо опасным явлениям (ООЯ);

2) получена информация о катастрофических разливах загрязняющих веществ или их залповых сбросах, о массовой гибели рыбы или других морских животных;

3) по визуальным наблюдениям выявлено покрытие не менее одной трети поверхности прибрежной части моря и береговой полосы нефтяной или масляной пленкой.

Цели внеочередных наблюдений заключаются:

- в установлении пространственного распространения высоких уровней загрязнения;
- в определении динамики и снижении высоких уровней загрязнения до фоновых в результате процессов самоочищения и перемешивания;
- в передаче штормовой информации.

Если известны источник и канал поступления загрязняющего вещества, то наблюдения организуются на сетке станций, охватывающей весь район высокого загрязнения с расположением самых мористых станций за пределами района высокого загрязнения.

Если пространственные ареалы распространения высоких уровней загрязнения не были установлены при выполнении очередных наблюдений, то они должны быть установлены во время первой внеочередной съемки. После их установления определяется программа дальнейших наблюдений, которая схематически представляется следующим образом.

а) **состав наблюдений.** В состав наблюдений входят: загрязняющее вещество, вызвавшее ОЯ (опасные явления) или ООЯ (особо опасные явления), соленость, кислород, рН и стандартный комплекс гидрометеорологических характеристик. В случае загрязнения поверхности моря должны быть организованы в установленном порядке через УГМС визуальные авианаблюдения. Одновременно проводятся визуальные наблюдения с берега или корабля.

б) **размещение сетки станций наблюдений.** После первой полной съемки сетка станций наблюдений должна быть сокращена до трех станций на каждом разрезе (одна у берега, вторая - в зоне максимальных концентраций загрязняющего вещества, третья - за внешней границей зоны высокого загрязнения).

в) **частота наблюдений и отбора проб.** Рекомендуется проводить наблюдения и отбирать пробы на сокращенной сетке станций через каждые пять суток до момента снижения концентраций загрязняющего вещества до значений, которые не подпадают под категории ОЯ или ООЯ. Если высокие уровни загрязнения сохраняются продолжительное время (больше одного месяца), то внеочередные наблюдения прекращаются.

Сведения об ОЯ и ООЯ помещаются в бюллетени, обзоры и справки о состоянии химического загрязнения моря (района) и используются для расчета концентрации загрязняющих веществ.

2.4. Рекогносцировочные обследования

Сетка станций наблюдений может изменяться в зависимости от динамики уровня загрязнения морей и при появлении новых источников загрязнения.

Для выбора местоположения новых станций наблюдений необходимо предварительно провести рекогносцировочные обследования. Целью этих исследований являются:

- оценка репрезентативности станции в районах временных наблюдений;
- корректировка существующей сетки станций наблюдений;
- выявление характерных для данного участка моря загрязняющих веществ;
- составление программы гидрохимических наблюдений.

Рекогносцировочные наблюдения начинаются с подробного изучения материалов по характеристике:

- гидрологического и гидрохимического режима водного объекта;
- источников загрязнения (количество, состав и режим сброса сточных вод; конструкция и составление выпуска сточных вод; вид, мощность и эффективность работы очистных сооружений);
- условий, при которых имели место аварийные сбросы загрязняющих веществ.

После детального ознакомления с имеющимся материалом проводятся рекогносцировочные обследования.

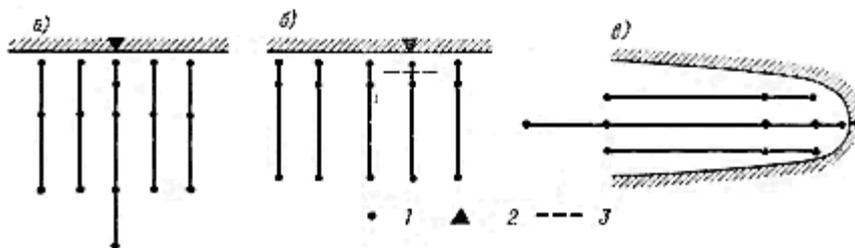
I. Принципы проведения наблюдений:

- наблюдения должны быть комплексными (гидрохимические, гидрологические, метеорологические);

- территориально наблюдения должны носить локальный характер с привязкой к источникам загрязнений;

- наблюдения должны обеспечить составление пространственно-временной характеристики загрязнений.

II. Размещение сетки станций в районах рекогносцировочных обследований (рисунок 39).



1 - станции наблюдений, 2 - источник загрязнения, 3 - направление течений

Рисунок 39 - Схема расположения станций в районах рекогносцировки:

В районе, подлежащем изучению, организуется гидролого-гидрохимическая съемка на станциях разрезов.

Основной разрез начинается у источников загрязнений, направлен от источника в море (приблизительно по нормали к берегу) и оканчивается за пределами самого района загрязнений. Параллельно основному разрезу слева и справа от него проводятся еще два разреза. Система разрезов образует сетку станций, равномерно освещающую акваторию вод, прилегающую к источнику загрязнений. Планирование сетки станций должно опираться на знание динамического режима и рельефа дна района. При отсутствии течений сетка станций планируется по типу рисунок 39а. При наличии постоянных течений сетка станций планируется по типу рисунок 39б. В заливах, бухтах и лиманах расположение сетки станций планируется по типу рисунок 39в.

Если источником загрязнений является устье реки (или рукава), то на замыкающем створе наряду со всеми наблюдениями измеряется и расход реки.

Количество разрезов всякий раз определяется руководителем рекогносцировочных исследований, но работы должны проводиться минимум на трех разрезах: на одном основном и двух дополнительных (левом и правом).

Последние станции на разрезах (со стороны моря), так же как и станции крайних разрезов, должны располагаться в незагрязненных водах или в водах с установившимися фоновыми уровнями загрязнения; исключение могут составить первые станции крайних разрезов, если загрязненная вода узкой полосой распространяется на большие расстояния вдоль берега.

III. Состав наблюдений указан в п. 2.3.

IV. Горизонты отбора проб на загрязнение и гидролого-гидрохимических наблюдений приведены в п. 2.3.

V. Сроки гидрохимических и гидрометеорологических наблюдений.

Сроки отбора проб воды и всего комплекса наблюдений устанавливаются с учетом режима сброса сточных вод и гидрометеорологических условий.

Наблюдения должны отражать состояние загрязнения вод при характерных для каждого района гидрометеорологических условиях (сгоне или нагоне, минимуме или максимуме стока, квад-

ратурном или сизигийном приливе и т.д.). При равномерном режиме сброса сточных вод рекогносцировочные наблюдения необходимо проводить один-два раза в сезон. При неравномерном режиме сброса сточных вод наблюдения учащаются до одного-двух раз в месяц.

Тема 11. Методы и средства мониторинга гидросферы

План:

1. Методы химического анализа.
2. Схема расчета средних значений концентрации загрязняющих веществ.

1. Методы химического анализа

Химические анализы выполняются в соответствии с Руководством по химическому анализу морских вод. Л., Гидрометеиздат, 1977. Для контроля гидросферы применяют инструментально-лабораторные методы (см. дисциплину «Физико-химические методы анализа»).

2. Схема расчета средних значений концентрации загрязняющих веществ

По данным съемки строятся карты пространственного распределения ингредиента в изолиниях для каждого горизонта акватории моря (района). При этом значение интервала между изолиниями выбирается в зависимости от диапазона изменения наблюдавшихся концентраций. Например, диапазон концентрации нефтепродуктов составляет около 1 мг/л. В этом случае интервал между изолиниями должен составлять 0,1 или 0,2 мг/л с тем, чтобы на акватории моря (района) проходило (5-10) изолиний.

Среднюю концентрацию для поверхностного (или другого) горизонта (\bar{C}_Q) рассчитывают по формуле:

$$\bar{C}_Q = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2 + \dots + C_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

где C_i - среднее значение концентрации в зоне между смежными изолиниями;

Q_i - площадь зоны между смежными изолиниями.

Среднюю концентрацию (\bar{C}_W) для всего объема моря (района) рассчитывают по формуле (допускается, что площадь дна моря ниже последнего стандартного горизонта равна площади моря на последнем стандартном горизонте; значения ΔW_i и Q_i определяются по батиметрической кривой моря (района))

$$\bar{C}_W = \frac{1}{W} \left(\frac{\bar{C}_{Q1} Q_1 + \bar{C}_{Q2} Q_2}{Q_1 + Q_2} \Delta W_1 + \frac{\bar{C}_{Q2} Q_2 + \bar{C}_{Q3} Q_3}{Q_2 + Q_3} \Delta W_2 + \dots + \frac{\bar{C}_{Q_{n-2}} Q_{n-2} + \bar{C}_{Q_{n-1}} Q_{n-1}}{Q_{n-2} + Q_{n-1}} \Delta W_{k-1} + \frac{\bar{C}_{Q_{n-1}} + \bar{C}_{Q_n}}{2} \Delta W_k \right),$$

где \bar{C}_{Q_i} - средняя концентрация на i -м горизонте;

Q_i - площадь моря на i -м горизонте;

ΔW_i - объем i -го слоя моря;

W - объем моря.

Если вертикальное распределение концентрации ингредиента, полученное по данным средневзвешенных величин для горизонтов, близко к линейному, то среднюю концентрацию для всего объема моря (района) можно рассчитывать как среднюю арифметическую концентрацию поверхностного и придонного горизонтов. При этом допускается, что площади акватории и дна моря равны.

Для оценки достоверности расчета средней концентрации определяется относительная (в процентах) средняя квадратическая ошибка средней концентрации

$$S'_{(p)} = \frac{S_{(p)}}{\sqrt{n_{(p)}}},$$

где $S_{(p,b)} = \frac{\sigma_{(p,b)}}{\bar{C}_{(p,b)}}$ 100% - коэффициент вариации;

$$\sigma_{(p,b)} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C}_{(p,b)})^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \text{среднеквадратическое отклонение единичного}$$

измерения C_i (или единичного значения средней по объему или площади концентраций, из которых составляется временной ряд за год или сезон);

$\bar{C}_{(p)}$ - средняя концентрация (по площади или объему для единичной съемки, или средняя концентрация временного ряда);

n - количество точек (для данной съемки), или количество значений временного ряда;

P - номер съемки;

b - индекс временного ряда;

$$C_i = \bar{C}_{(p)} \text{ при } \bar{C} = \bar{C}_{(p)}.$$

Пример расчета средних значений концентрации загрязняющих веществ приведен в таблицах 20 и 21.

Таблица 20 - Средние взвешенные по горизонтам значения концентраций (загрязняющего вещества), мг/л

№ гидрохимической съемки	Горизонт, м				
	0	10	25	100	500
1	0	10	25	100	500
2	3,5	1,5	4,5	3,0	4,1
3	2,0	4,1	1,2	2,2	1,5
4	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
5	0,6	3,1	2,8	3,4	3,0
6	3,3	4,2	3,5	3,7	1,0
7	0,4	0,8	1,1	0,9	0,7
8	0,7	0,8	2,0	1,3	1,8
9	4,2	3,7	4,0	4,0	1,5
10	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
11	3,4	2,9	4,0	4,1	3,9

12	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица 21 - Характеристики достоверности определения средних концентраций

№ гидрохимической съёмки	$C_{(p)}$ мг/л	$\sigma_{(p)}$ мг/л	$S_{(p)}$ %	$S'_{(p)}$ %	$\sigma_{(b)}$ мг/л	$S_{(b)}$ %	$S'_{(b)}$ %
1	3,3	1,17	34,45	15,8	1,36	71,6	20,7
2	2,2	1,13	51,36	23,0			
3	0,2	0,09	45,00	20,1			
4	2,6	1,13	43,46	19,4			
5	3,1	1,24	40,00	17,9			
6	0,8	0,26	32,50	14,5			
7	1,3	0,58	44,62	20,0			
8	3,5	1,12	32,00	14,3			
9	0,1	0,50	50,00	22,4			
10	3,7	0,50	13,51	6,0			
11	0,2	0,09	45,00	20,1			
12	1,8	0,52	28,89	12,9			

Тема 12. Мониторинг загрязнения почв

План:

1. Основные положения.
2. Программы наблюдения в системе мониторинга загрязнения почв.
3. Методы химического анализа.

1. Основные положения

Мониторинг почв, подверженных техногенному воздействию представляет собой систему наблюдений за состоянием и изменением почвенного покрова под влиянием химических, механических, биологических и иных загрязнителей, которая обеспечивает сбор и обработку получаемой информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану земель.

Для почвы установлены следующие нормативы:

ПДК_п - предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы, мг/кг. Эта концентрация не должна вызывать прямого и косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Почвы делятся на 2 категории:

- почвы сельхозугодий(с/х) угодий;
- почвы вокруг промышленных объектов.

Поэтому мониторинг загрязнения почв подразделяется на 2 категории:

- а) наблюдения за почвами с/х угодий;
- б) наблюдения за почвами вокруг промышленных объектов.

Критерии определения загрязняющих веществ, подлежащих контролю в почвах:

- 1) токсичность вещества;
- 2) распространённость загрязняющего вещества;
- 3) устойчивость вещества в среде;
- 4) способность накапливаться в с/х продуктах;
- 5) способность к миграции.

В системе мониторинга загрязнения почв определяются следующие загрязняющие вещества:

- пестициды;
- токсичные металлы (Hg, Pb, Cd, As, Va, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Mn, Mo, Be, селен, сурьма);
- органические вещества промышленного происхождения (бенз(а)перен, полициклические ароматические углеводороды).

Кроме почв в данной системе мониторинга объектами наблюдения так же являются атмосферные осадки (дождь, снежный покров). Их анализ позволяет судить о величине потока загрязняющих веществ на земную поверхность. Эти наблюдения относятся к изучению миграционного цикла в системе “атмосфера - Земля”.

2. Программы наблюдения в системе мониторинга загрязнения почв

Почвы 1 категории. Отбор проб осуществляется 2 раза в год:

- весной, после таяния снега до применения пестицидов;
- в конце вегетативного сезона в течение 10 дней после сбора урожая.

Пробы должны отбираться на одних и тех же местах.

Почвы 2 категории. Отбор проб производится 1 раз в год после таяния снега весной в 64-х точках, расположенных равномерно по восьми азимутам в радиусе до нескольких десятков километров от объекта. Кроме того, производится дополнительный отбор проб 1 раз в год осенью после уборки урожая в 16-ти точках по 4-м азимутам.

3. Методы химического анализа

Для контроля почв применяют инструментально-лабораторные методы (см. дисциплину «Физико-химические методы анализа»).

Раздел 3. Мониторинг энергетических загрязнений

Тема 13. Контроль шума

План:

1. Допустимые уровни шума.
2. Микрофоны и их характеристики.
3. Состав и назначение шумомеров, интегрирующих шумомеров, дозиметров шума, анализаторов спектра.
4. Методика измерения шума на рабочих местах.
5. Методика измерения транспортного шума.
6. Методика измерения шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях.
7. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации.

1. Допустимые уровни шума

Шум – беспорядочное сочетание различных по силе и частоте звуков; способен оказывать неблагоприятное воздействие на организм. Источником шума является любой процесс, вызывающий местное изменение давления или механические колебания в твердых, жидких или газообразных средах. Шум один из наиболее распространенных неблагоприятных физических факторов окружающей среды.

Источниками шума могут быть двигатели, насосы, компрессоры, турбины, пневматические и электрические инструменты, молоты, дробилки, станки, центрифуги, бункеры и прочие установки. Кроме того, за последние годы в связи со значительным развитием городского транспорта возрос-

ла интенсивность шума и в быту, поэтому как неблагоприятный фактор он приобрел большое социальное значение.

Шум имеет определенную частоту, или спектр, выражаемый в герцах, и интенсивность – уровень звукового давления, измеряемый в децибелах. Для человека область слышимых звуков определяется в интервале от 20 Гц до 20 000 Гц. Наиболее чувствителен слуховой анализатор к восприятию звуков частотой (1000-3000) Гц (речевая зона). Колебания ниже 20 Гц называют инфразвуком, а выше 20000 Гц – ультразвуком. По способу распространения различают воздушный ультразвук и контактный ультразвук.

Измерение, анализ и регистрация спектра шума (инфразвука, воздушного ультразвука) производят специальными приборами - шумомерами. Поскольку ухо менее чувствительно к низким и более чувствительно к высоким частотам, для получения показаний, соответствующих восприятию человека, в шумомерах используют систему скорректированных частотных характеристик - шкалы А, В, С, D и линейную шкалу, которые отличаются по восприятию. В практике применяется в основном шкала А.

Нормативные значения шума для различных сред обитания человека приведены в следующих документах:

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;

2. СП 51.13330.2011. Свод правил. «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003»;

3. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Классификация шумов приведена в СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

2. Микрофоны и их характеристики

Микрофон – это электроакустический прибор, предназначенный для преобразования энергии акустической волны (звукового давления) в электрический сигнал.

Устройство микрофона

Микрофон состоит из:

- 1) акустико-механической системы;
- 2) механоэлектрической системы.

Свойства акустико-механической системы сильно зависят от того, воздействует ли звуковое давление на одну сторону диафрагмы (микрофон давления) или на обе стороны, а во втором случае от того, симметрично ли это воздействие (микрофон градиента давления) или на одну из сторон диафрагмы действуют колебания, непосредственно возбуждающие её, а на вторую - прошедшие через какое-либо механическое или акустическое сопротивление или систему задержки времени (асимметричный микрофон градиента давления).

Большое влияние на характеристики микрофона оказывает его механоэлектрическая часть.

Принцип работы микрофона

Принцип работы микрофона заключается в том, что давление звуковых колебаний воздуха действует на тонкую мембрану микрофона. В свою очередь, колебания мембраны возбуждают электрические колебания. В зависимости от типа микрофона для этого используются явление электромагнитной индукции, изменение ёмкости конденсаторов, пьезоэлектрический эффект и пр.

Классификация микрофонов по принципу действия (типы микрофонов)

По принципу действия различают следующие типы микрофонов:

- 1) динамические микрофоны:
 - 1.1) катушечный микрофон;
 - 1.2) ленточный микрофон;
- 2) электростатические микрофоны:
 - 2.1) конденсаторный микрофон;
 - 2.2) электретный микрофон;

- 3) угольные микрофоны;
- 4) пьезоэлектрические микрофоны;
- 5) оптоакустические микрофоны.

В шумомерах нашли применение микрофоны типов 2 и 4. По функциональному назначению их называют измерительными микрофонами.

Характеристики микрофонов

Основными характеристиками микрофонов являются:

- 1) чувствительность;
- 2) акустическая характеристика микрофона;
- 3) характеристика направленности;
- 4) амплитудно-частотная характеристика;
- 5) динамический диапазон микрофона.

Чувствительность микрофона

Чувствительность микрофона определяется отношением напряжения на выходе микрофона U (мВ) к звуковому давлению P (Па), как правило, в свободном звуковом поле, то есть при отсутствии влияния отражающих поверхностей. При распространении синусоидальной звуковой волны в направлении рабочей оси микрофона это направление называется осевой чувствительностью:

$$E_0 = U/P \text{ (мВ/Па)}.$$

Рабочей осью микрофона является направление его преимущественного использования и обычно совпадает с осью симметрии микрофона. Если конструкция микрофона не имеет оси симметрии, то направление рабочей оси указывается в технических условиях. Чувствительность современных микрофонов составляет от (1–2) (динамические микрофоны) до (1–50) (электростатические микрофоны) мВ/Па. Чем больше это значение, тем выше чувствительность микрофона.

Акустическая характеристика микрофона

Влияние звукового поля микрофона оценивается акустической характеристикой, которая определяется отношением силы, действующей на диафрагму микрофона, и звуковым давлением в свободном звуковом поле:

$$A = F/P,$$

а потому, что чувствительность микрофона $E = U/P$ можно представить как $U/P = U/F \times F/P$ и выразить через A . Тогда получим:

$$E = A \times U/F.$$

Отношение напряжения на выходе микрофона к силе, действующей на диафрагму U/F , характеризует микрофон как электромеханический преобразователь. Акустическая характеристика определяет характеристику направленности микрофона. По виду акустической характеристики, а, следовательно, и характеристики направленности, отличают три типа микрофонов как приёмников звука: микрофон давления; микрофон градиента давления; комбинированные микрофоны.

Характеристика направленности микрофона

Характеристикой направленности называют зависимость чувствительности микрофона от направления падения звуковой волны по отношению к оси микрофона. Она определяется отношением чувствительности E_α при падении звуковой волны под углом α относительно акустической оси микрофона к его осевой чувствительности E_0 :

$$R(\alpha) = E_\alpha/E_0.$$

Направленность микрофона означает его возможное расположение относительно источников звука. Если чувствительность не зависит от угла падения звуковой волны, то есть $E_\alpha = 1$, то мик-

рофон называют ненаправленным, и источники звука могут располагаться вокруг него. А если чувствительность зависит от угла, то источники звука должны располагаться в пространственном угле, в пределах которого чувствительность микрофона мало отличается от осевой чувствительности.

В ненаправленных микрофонах давления - сила, действующая на диафрагму, определяется звуковым давлением у поверхности диафрагмы. Звуковое поле может действовать только на одну сторону диафрагмы. Вторая сторона конструктивно защищена. Если размеры микрофона малы по сравнению с длиной звуковой волны, то микрофон не изменяет звукового поля. Если размеры соизмеримы с длиной волны, тогда за счёт дифракции звуковых волн микрофон приобретает направленность. На частотах от 5000 Гц и ниже такие микрофоны являются ненаправленными. Преимуществом ненаправленных микрофонов является простота конструкции, расчёта капсюля и стабильности характеристик с течением времени. Ненаправленные капсюли часто используют в составе измерительных микрофонов, в быту могут быть использованы для записи разговора людей, сидящих за круглым столом.

В микрофонах градиента давления - сила, действующая на движущуюся систему микрофона, определяется разностью звуковых давлений на двух сторонах диафрагмы. То есть звуковое поле действует на две стороны диафрагмы. Характеристика направленности имеет вид восьмёрки.

Графическое изображение характеристики направленности (в полярных координатах) называют диаграммой направленности микрофона. Различают следующие виды диаграммы направленности:

- 1) круговая диаграмма направленности (рисунок 40) – характерна для ненаправленных микрофонов;
- 2) кардиоидная диаграмма направленности (рисунок 41) – характерна для однонаправленных микрофонов;
- 3) диаграмма направленности в виде восьмёрки (рисунок 42) - характерна для двунаправленных микрофонов.

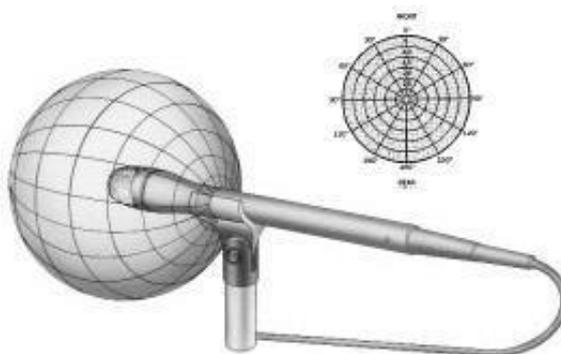


Рисунок 40 - Круговая диаграмма направленности

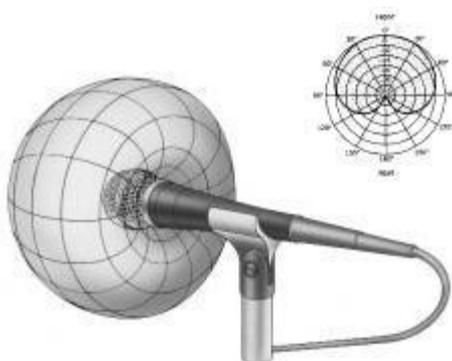


Рисунок 41 - Кордиоидная диаграмма направленности

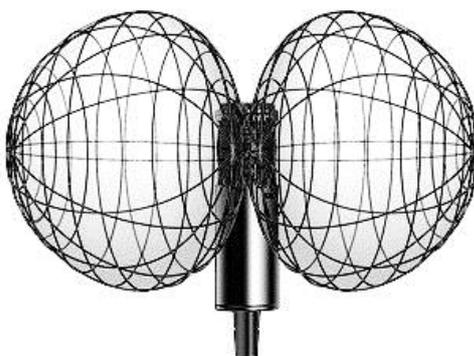


Рисунок 42 - Диаграмма направленности в виде восьмерки

Амплитудно-частотная характеристика микрофона

Частотная характеристика чувствительности (ЧХЧ) (см. рисунок 43) - это зависимость осевой чувствительности микрофона от частоты звуковых колебаний в свободном поле. Неравномерность ЧХЧ, как правило, измеряют в децибелах как двадцать логарифмов (по основанию 10) отношения чувствительности микрофона на определённой частоте к чувствительности на опорной частоте (в основном 1 кГц).

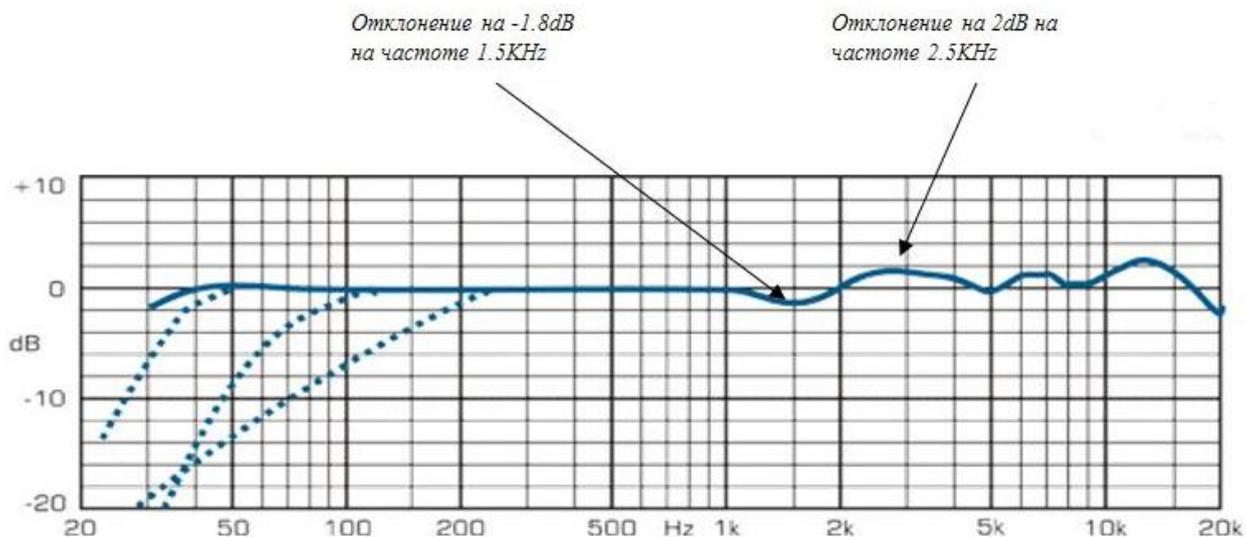


Рисунок 43 - Амплитудно-частотная характеристика микрофона

Динамический диапазон микрофона

В соответствии с международными стандартами собственный уровень шума микрофона определяется как уровень звукового давления, который создает напряжение на выходе микрофона, равное напряжению, возникающему в нём только за счёт собственных шумов при отсутствии звукового сигнала. Он может быть рассчитан по формуле

$$L_{P_{ш}}=20lg(U_{ш}/SP_0),$$

где $U_{ш}$ - квадратный корень из разности квадратов значений напряжения на выходе испытательного стенда по ГОСТ 16123-88 (IEC 60268-4), измеренное при подключенном микрофоне и при замене его на резистор – эквивалент модуля сопротивления испытуемого микрофона;

S - чувствительность микрофона на частоте 1000 Гц, $P_0=2 \times 10^{-5}$ Па.

Динамический диапазон микрофона - это разность между максимальным значением уровнем звукового давления L_{Pmax} , которое можно измерить микрофоном и наименьшим значением, которое соответствует собственному уровню шума микрофона

$$D=L_{Pmax} - L_{Pш}$$

В таблице 22 приведены характеристики, характерные для конденсаторных микрофонов.

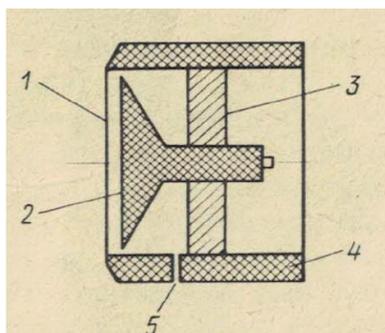
Таблица 22 – Характеристики конденсаторных микрофонов

№ п/п	Тип конденсаторного микрофона (МК)	Диаметр диафрагмы МК, мм	Чувствительность МК, мВ/Па	Динамический диапазон МК $D=L_{Pmax} - L_{Pш}$, дБ
1	Дюймовый МК	25,400	50,0	140-20
2	Полудюймовый МК	12,700	12,5	160-25
3	Четвертьдюймовый МК	6,350	4,0	170-42
4	Одно восьмидюймовый МК	3,175	1,0	178-50

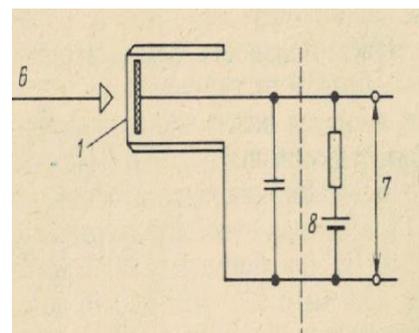
Легко показать, что чувствительность микрофона связана с площадью его диафрагмы.

Конденсаторные микрофоны

Конструкция конденсаторного микрофона и схема подачи поляризующего напряжения приведены на рисунке 44. Он состоит из тонкой металлической диафрагмы 1 и неподвижного электрода 2. Диафрагма и неподвижный электрод электрически изолированы друг от друга и связаны с источником стабилизированного поляризующего напряжения, образуя конденсатор с параллельными пластинами. Когда на микрофон действует волна звукового давления, диафрагма 1 движется относительно неподвижного электрода 2. Это движение вызывает переменное изменение электрической емкости между диафрагмой 1 и неподвижным электродом 2, а следовательно, производит соответствующий электрический сигнал на выходе.



а)



б)

1 – диафрагма; 2 – неподвижный электрод; 3 - изолятор; 4 – корпус; отверстие для выравнивания давления; 6 – звуковое давление; 7 – выход; 8 – источник поляризующего напряжения

Рисунок 44 -Конструкция конденсаторного микрофона (а) и схема подачи поляризующего напряжения (б)

Чувствительность конденсаторного микрофона зависит главным образом от:

- 1) напряжения поляризации (200 В постоянного тока);
- 2) атмосферного давления;
- 3) площади поверхности диафрагмы;

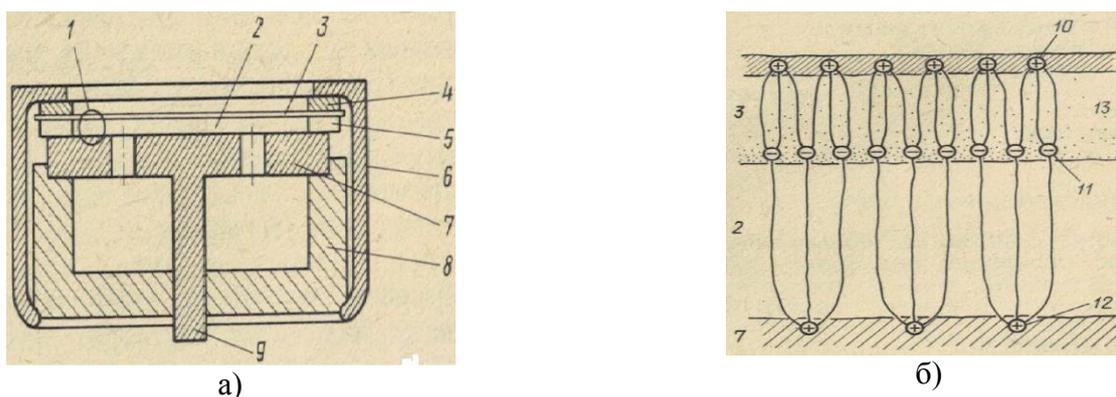
4) натяжения диафрагмы.

Электретные микрофоны

Электрет представляет собой электрически поляризованный элемент, который может сохранять свой заряд и поляризацию очень долго. Конструкция электретного микрофона приведена на рисунке 45. Диафрагма микрофона представляет собой металлизированную пластмассовую пленку, которая прошла специальную обработку и заряжена таким образом, что имеется электрический потенциал между внутренней поверхностью пластмассовой пленки и металлизированной внешней поверхностью. На рисунке 45б показаны зафиксированный заряд на внутренней поверхности пленки и наведенный заряд на внешней металлизированной поверхности и на задней пластине. Фиксированный заряд и заряд на задней пластине формируют электрическое поле между пленкой и неподвижным электродом, подобное тому электрическому полю, которое образуется при подаче внешнего поляризующего напряжения на конденсаторный микрофон. Поэтому электретные микрофоны называют еще предварительно поляризованными конденсаторными микрофонами.

Акустические характеристики электретных микрофонов приблизительно такие же, что и у конденсаторных микрофонов. Однако по сравнению с конденсаторными электретный микрофон имеет следующие преимущества:

- 1) не нуждается во внешнем источнике поляризующего напряжения постоянного тока, и, следовательно, измерительный прибор может стать легче и меньше;
- 2) более прочен.



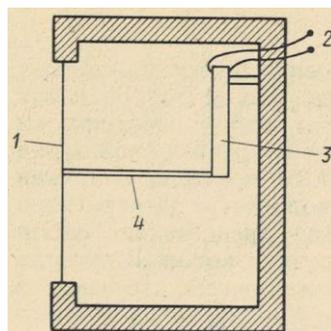
2 – воздушный зазор; 3 – металлизированная и заряженная пластмассовая диафрагма; 4 – металлическое крепежное кольцо для пленки диафрагмы; 5 – пластмассовая прокладка; 6 – алюминиевая крышка и корпус; 7 – неподвижный электрод; 8 – пластмассовый корпус; 9 – выходной контакт; 10 – наведенный заряд в металлическом слое; 11 – зафиксированный заряд; 12 – наведенный заряд в металлической задней пластине; 13 – пластмассовая пленка

Рисунок 45 - Конструкция электретного микрофона (а) и распределение заряда (б) на электродах (область 1 на рисунке 45а)

Пьезоэлектрические микрофоны

На рисунке 46 показано устройство пьезоэлектрического микрофона. Когда звуковое давление отклоняет диафрагму 1, ее движение вызывает деформацию в пьезоэлектрической пластине 3, которая в свою очередь вырабатывает электрический сигнал на выходных контактах 2. Наиболее часто в качестве пьезоэлектрического материала в микрофонах используют:

- 1) цирконат-титанат свинца;
- 2) титанат бария;
- 3) сегнетову соль.



1 – диафрагма; 2 – выходные контакты; 3 – пьезоэлектрическая пластина; 4 - игла

Рисунок 46 – Устройство пьезоэлектрического микрофона

Поскольку пьезоэлектрические материалы чувствительны к изменению температуры и влажности, они имеют довольно ограниченные диапазоны температур и влажности. Диапазон частот обычно лежит в пределах от 32 Гц до 8 кГц.

Оптоакустические микрофоны

Оптоакустический микрофон - микрофон, в котором для регистрации акустических колебаний той или иной среды используется свет.

Чаще всего используются отражения света лазера от того или иного рабочего тела, из-за чего подобные микрофоны иногда называют лазерными микрофонами. Существуют варианты в небольшом корпусе с жёстко закреплённой мембраной, колебаний которой регистрируются посредством фиксации отражённого под углом лазерного излучения. Вообще данный тип микрофонов достаточно специфичен и имеет свои узконаправленные сферы применения. Похожий принцип может использоваться в некоторых научных приборах, например, в сейсмографах или высокоточных датчиках расстояний. Следует понимать, что зачастую подобные приборы являются штучными образцами, требующими особых алгоритмов обработки сигнала, а также подстройки компонентов. Одна из возможных схем работы подобного микрофона приведена на рисунке 47.

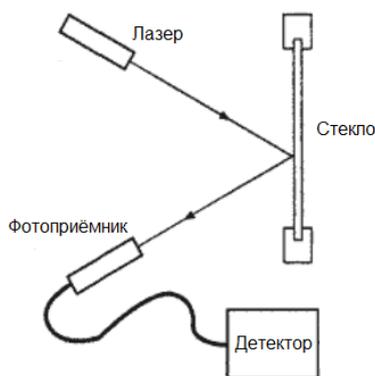


Рисунок 47 - Возможная схема работы оптоакустического микрофона

3. Состав и назначение шумомеров, интегрирующих шумомеров, дозиметров шума, анализаторов спектра

Для того чтобы понять работу современных шумомеров в данном вопросе рассмотрены все типы шумомеров, которые производились ранее. Так как современный шумомер по своей сути является комбинацией ранее существовавших разных типов шумомеров, выполненный с использо-

ванием современной элементной базы и технических достижений. Шумомер в целом представляет собой сочетание микрофона, устройства обработки сигналов и устройства отображения.

Современные шумомеры, предназначенные для измерения звука, подразделяются:

- обычные шумомеры, которые измеряют уровень звука с экспоненциальной временной коррекцией;

- интегрирующие-усредняющие шумомеры, которые измеряют линейно усредненный по времени уровень звука;

- интегрирующие шумомеры, которые измеряют уровень звукового воздействия.

Отдельный прибор может выполнять любой или все из указанных видов измерений.

По точности шумомеры разделены на классы. Класс точности обозначается 0, 1, 2, 3:

0 - шумомеры, применяемые в качестве образцовых средств измерения;

1 - шумомеры для точных лабораторных и натуральных измерений;

2 - шумомеры для натуральных измерений нормальной точности;

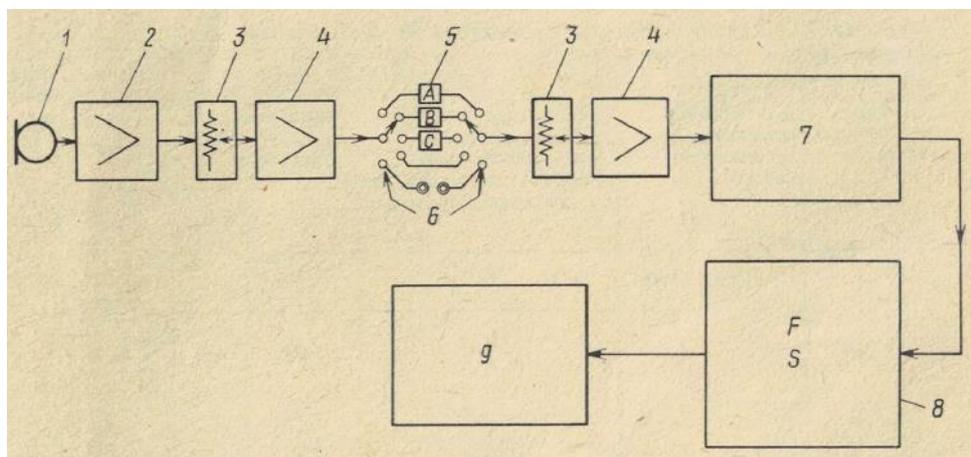
3 - шумомеры для ориентировочных измерений.

Для решения задач в сфере безопасности человека и его среды обитания рекомендуется применять шумомеры 1-го и 2-го классов. Шумомеры 1-го и 2-го классов должны соответствовать требованиям Межгосударственного стандарта ГОСТ 17187-2010 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования».

Показания шумомеров выражаются в децибелах относительно опорного звукового давления 20 мкПа ($2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Аналоговый шумомер

На рисунке 48 приведена структурная схема аналогового шумомера. Шумомер предназначался для измерения характеристик постоянного и непостоянного шума. Однако для измерения эквивалентного звука необходимо было проводить измерение большого количества уровней звука (как для постоянного шума) в течение определенного интервала времени, а затем по определенному алгоритму рассчитывать эквивалентный уровень звука за этот интервал времени.



1 – микрофон; 2 – предусилитель; 3 – переключатель пределов; 4 – усилитель;
5 – цепи фильтров частотных характеристик; 6 – внешние фильтры; 7 – квадратичный детектор (цепь возведения в квадрат); 8 – цепь экспоненциального усреднения (F – постоянная времени 125 мс («Быстро»); S - постоянная времени 1000 мс («Медленно»));

9 – индикатор, градуированный в децибелах (дБ; дБА)

Рисунок 48 - Структурная схема аналогового шумомера

Основные составные части аналогового шумомера приведена на рисунке 48. Упрощенная схема цепей фильтров частотных характеристик А, В, С приведена на рисунке 49.

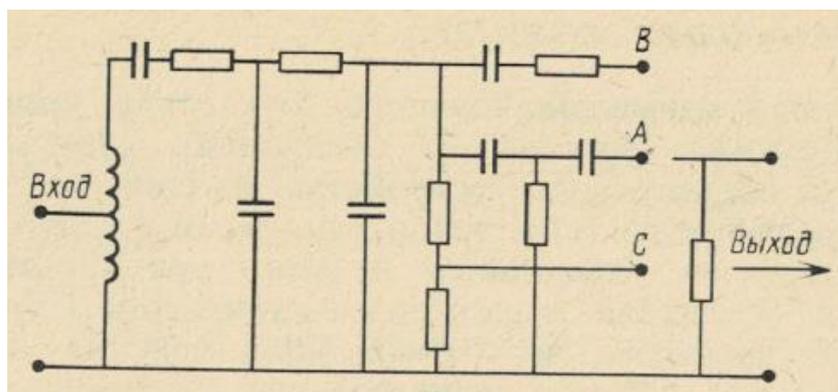
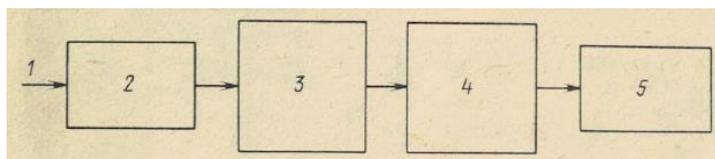


Рисунок 49 - Упрощенная схема цепей фильтров частотных характеристик А, В, С

Импульсные шумомеры

На рисунке 50 приведена структурная схема импульсного шумомера. Данный тип шумомеров имеет детектор-индикатор с характеристикой I (т.е. «Импульс») для измерения импульсного шума, например шума, производимого штампом. Импульсный шумомер имеет малую постоянную времени нарастания и очень большую постоянную времени спада. Постоянная времени нарастания схемы усреднения импульсного шумомера в режиме работы «Импульс» составляет 35 мс по сравнению с 125 мс в режиме «Быстро» и 1000 мс в режиме «Медленно». Все выпускаемые импульсные шумомеры имеют также детекторы-индикаторы с характеристиками «F» и «S», максимальные отклики шумомеров в этих трех режимах на импульсы различной длительности показаны на рисунке 51.



1 – вход; 2 - квадратичный детектор (цепь возведения в квадрат); 3 - цепь экспоненциального усреднения (F – постоянная времени 125 мс («Быстро»); S - постоянная времени 1000 мс («Медленно»); I - постоянная времени 35 мс («Импульс»)); 4 – пиковый детектор; 5 – индикатор, градуированный в децибелах (дБ; дБА)

Рисунок 50 - Структурная схема импульсного шумомера

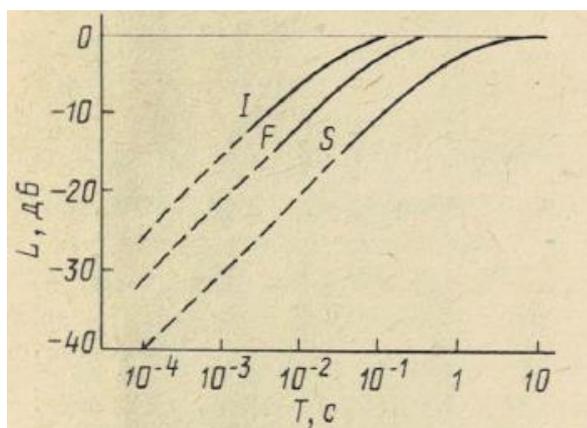


Рисунок 51 – Отклики в режимах «Импульс» (I), «Быстро» (F) и медленно (S) на импульсы длительностью T

Приближенные выражения для значений этих характеристик для трех режимов работы имеют вид

$$L_I - L_F = 5,5 \text{ дБ};$$

$$L_F - L_S = 9 \text{ дБ};$$

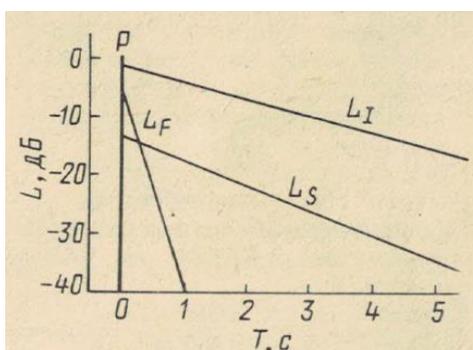
$$L_I - L_S = 14,5 \text{ дБ}.$$

В таблице 22 приведены показания импульсных шумомеров для различных источников шума в режимах работы «Быстро» и «Импульс».

Таблица 22 - Показания импульсных шумомеров для различных источников шума в режимах работы «Быстро» и «Импульс»

Источник звука	Режимы работы импульсного шумомера		$L_I - L_F$, дБ
	«Быстро» L_F , дБ	«Импульс» L_I , дБ	
Синусоидальный чистый тон с частотой 1000 Гц	94	94	0
Автомобильная дорога на расстоянии 15 м	80	80	0
Пишущая машинка типа IBM (вблизи головы оператора)	80	84	4
Пневматический молоток на расстоянии 3 м	112	114	2
Промышленный вентилятор мощностью 3,67 кВт на расстоянии 1 м	82	83	1
Компрессорное помещение	92	92	0
Токарные станки в цехе	79	80	1
Небольшой автоматический штамповочный пресс	100	103	3

На рисунке 52 показан спад во времени показаний индикатора для трех режимов работы при подаче одиночного импульса длительностью 50 мс на вход шумомера. Благодаря большой постоянной времени спада его пикового детектора в режиме работы «Импульс», составляющей 1500 мс, спад показаний в этом режиме наиболее медленный.

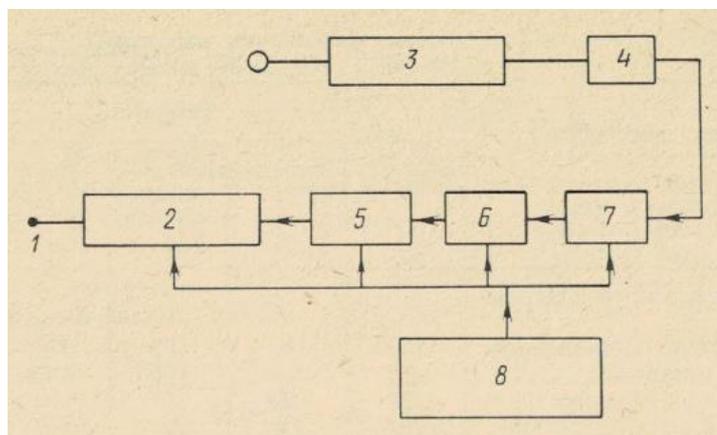


L_I — уровень в режиме «Импульс»; L_F — уровень в режиме «Быстро»;
 L_S — уровень в режиме «Медленно»

Рисунок 52 – Спад показаний в режимах «Импульс», «Быстро» и «Медленно» при воздействии импульса с амплитудой P длительностью 50 мс

Интегрирующие шумомеры

Интегрирующие шумомеры предназначены для измерения эквивалентных уровней звука и эквивалентных уровней звуковой мощности по октавам (характеристики непостоянного шума). Шумомеры, которые могут вычислять эквивалентные уровни звука L_{Aeq} за определенный промежуток времени называют интегрирующими шумомерами. Структурная схема интегрирующего шумомера приведена на рисунке 53.



1 – выход; 2 – выходной блок памяти; 3 – аналоговый шумомер; 4 – аналого-цифровой преобразователь; 5 – процессор; 6 – блок памяти; 7 – счетное устройство; 8 – управляющая программа

Рисунок 53 - Структурная схема интегрирующего шумомера

Цифровой сигнал с аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 4 подается на счетное устройство 7, управляемое переключателем времени измерения (может быть реализовано в управляющей программе 8). Время измерения может быть выбрано в диапазоне от нескольких минут до нескольких часов и более. В течение выбранного времени счетное устройство 7 открывается, например, 1024 раза, и каждый раз текущее значение уровня заносится в память 6. В конце выбранного интервала времени 1024 отсчета поступают в процессор 5. В котором происходит вычисление L_{AeqT} за заданный интервал времени T в соответствии с формулой

$$L_{AT} = L_{AeqT} = 20 \lg \left\{ \left[\left(\frac{1}{T} \int_{t-T}^t p_A^2(\xi) d\xi \right)^{1/2} \right] / p_0 \right\}$$

где ξ - переменная интегрирования по интервалу времени усреднения, который заканчивается в момент времени наблюдения t ;

T - интервал времени усреднения;

$p_A(\xi)$ - мгновенное скорректированное по А звуковое давление;

p_0 - опорное звуковое давление.

Полученное значение L_{AeqT} поступают в запоминающее устройство на выходе 2 и может быть показано на цифровом табло или поступить на внешнее печатающее или запоминающее устройство. Управляющая программа синхронизирует всю работу шумомера.

Частотные анализаторы

Частотный анализатор определяет частотный спектр шума. Он состоит из тех же основных частей, что и шумомер, за исключением того, что анализатор имеет в своем составе набор филь-

тров в дополнение к цепям с корректирующими характеристиками. Шумомер может стать частотным анализатором путем добавления к нему набора фильтров, который может состоять из:

- 1) октавных фильтров;
- 2) третьоктавных фильтров;
- 3) узкополосных фильтров с постоянной относительной шириной полосы пропускания;
- 4) узкополосных фильтров с постоянной шириной полосы пропускания.

На рисунке 54 приведен шумомер, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ СИУ», который предназначен для измерения уровней звука, звукового давления и частотного анализа в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука.

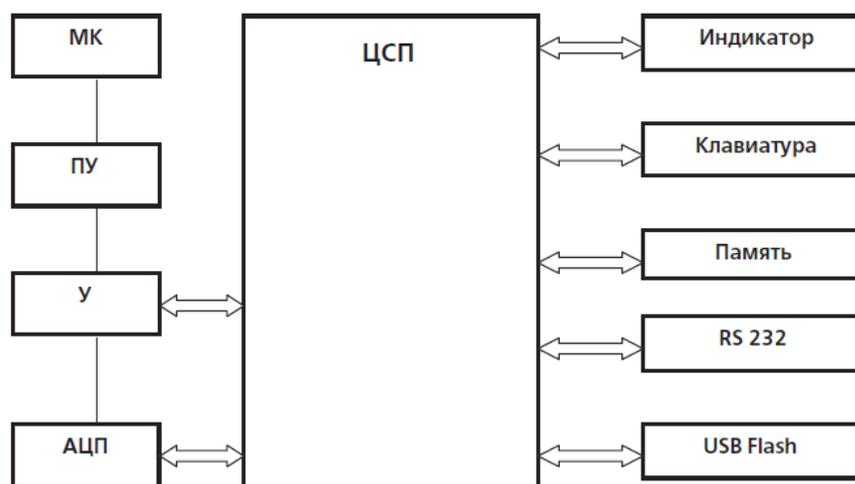


Рисунок 54 - Шумомер, анализатор спектра 1-го класса точности АССИСТЕНТ СИУ

Анализатор шума «АССИСТЕНТ СИУ» предназначен для измерения средних (эквивалентных), экспоненциально усредненных и пиковых уровней звука, инфразвука и ультразвука; уровней звукового давления (УЗД) в октавных и третьоктавных полосах частот в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука.

Прибор может применяться для измерений параметров звука, инфразвука, ультразвука, на рабочих местах, в жилых и общественных зданиях, на территориях. Использоваться для измерений характеристик машин и механизмов, в научных исследованиях.

Измерение параметров шума основано на преобразовании звуковых колебаний в электрические с их последующей обработкой в соответствии функциональной схемой прибора (рисунок 55). Преобразование звуковых колебаний в электрические производится микрофоном (МК). С выхода предварительного усилителя (ПУ) сигнал поступает на вход усилителя (У). Установка коэффициента усиления У осуществляется переключателем диапазонов с шагом 20 дБ. Дальнейшая обработка сигнала осуществляется цифровым способом в ЦСП. Частота оцифровки сигнала 96 кГц, в диапазоне ультразвука 192 кГц. Разрядность 24 бит. Цифровое представление сигнала поступает в ЦСП и обрабатывается по алгоритму, соответствующему выбранному режиму измерения.



АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦСП - цифровой сигнальный процессор;
RS 232 – тип разъема; USB Flash–разъем для подключения внешней памяти

Рисунок 55 - Функциональная схема шумомера «АССИСТЕНТ SIU»

В «АССИСТЕНТ SIU» в соответствии с ГОСТ 17187-2010 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования» реализована структурная схема, приведенная на рисунке 56, последовательной обработки сигнала при формировании уровня звука с временной коррекцией $L_{At}(t)$ в произвольный момент времени t :

$$L_{At}(t) = 20 \lg \left\{ \left[\left(\frac{1}{\tau} \right) \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi \right]^{1/2} / p_0 \right\}$$

где τ - экспоненциальная постоянная времени для временных характеристик F или S, с;

ξ - переменная интегрирования от некоторого времени в прошлом, которое обозначено $-\infty$ как нижний предел интегрирования, до времени наблюдения t ;

$p_A(\xi)$ - мгновенное скорректированное по A звуковое давление;

p_0 - опорное звуковое давление.

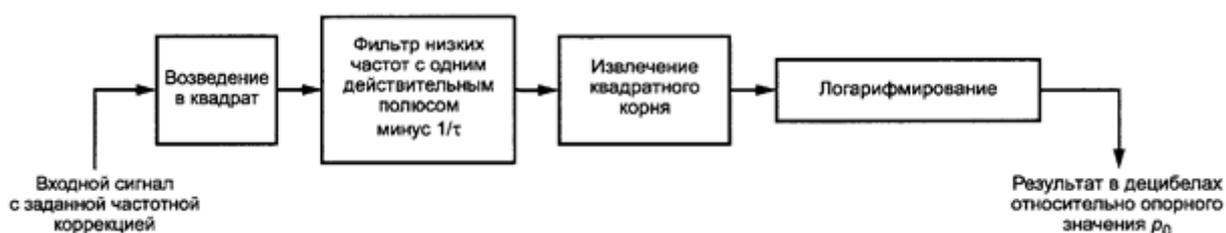


Рисунок 56 – Последовательность обработки сигнала при формировании уровня звука с временной коррекцией

4. Методика измерения шума на рабочих местах

Измерение шума на рабочих местах проводится в соответствии с ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах». Законспектировать материал ГОСТ ISO 9612-2016 в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Средства измерений;
3. Этапы организации работ по измерению шума на рабочем месте;
4. Анализ рабочей обстановки;
5. Выбор стратегии измерения;
6. Стратегия измерения на основе рабочей операции;
7. Стратегия измерения на основе трудовой функции;
8. Стратегия измерения на основе рабочего дня;
9. Измерения шума;
10. Источники неопределенности измерения;
11. Протокол измерений.

5. Методика измерения транспортного шума

Измерение шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях проводится в соответствии с ГОСТ 20444-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики». Законспектировать материал ГОСТ 20444-2014 в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Средства измерений;
3. Условия измерений;
4. Проведение измерений;
5. Протокол измерений.

6. Методика измерения шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях

Измерение шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях проводится в соответствии с МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания» и ГОСТ 23337-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». Законспектировать материал МУК 4.3.2194-07 и ГОСТ 23337-2014 в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Средства измерения;
3. Условия измерений;
4. Проведение измерений;
5. Протокол измерений.

7. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации

Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации смотри в:

1. ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах»;
2. ГОСТ 20444-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики»;
3. ГОСТ 23337-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий».

Тема 14. Контроль вибрации

План:

1. Допустимые уровни вибрации.
2. Вибродатчики и их характеристики.
3. Состав и назначение виброметров.
4. Методика измерения локальной вибрации на рабочих местах.
5. Методика измерения общей вибрации на рабочих местах.
6. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации.

1. Допустимые уровни вибрации

Классификации вибрации приведены в следующих документах:

1. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (производственная вибрация);
2. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Нормативные значения шума для различных сред обитания человека приведены в следующих документах:

1. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (производственная вибрация).
2. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»

2. Вибродатчики и их характеристики

Вибродатчик предназначен для преобразования механического колебания в электрический сигнал. В зависимости от того, какую механическую величину датчик преобразует в электрический сигнал, измерительные преобразователи можно разделить на три типа:

- 1) первый из них называется акселерометром, и предназначен для преобразования виброускорения в электрический сигнал;
- 2) второй - веломер используется для преобразования виброскорости в электрический сигнал;
- 3) третий – проксиметр используется для преобразования виброперемещения в электрический сигнал.

Современные виброизмерительные приборы позволяют измерять все три кинематические характеристики колебательных процессов, при этом нет необходимости пользоваться различными датчиками, т.к. в приборе осуществляется преобразование одной характеристики в другую (например, если вибродатчик акселерометр, то путем интегрирования).

Общая схема датчика вибрации содержит два основных блока (рисунок 57):

- вибропреобразователь;
- электронный блок обработки электрического сигнала с вибропреобразователя.

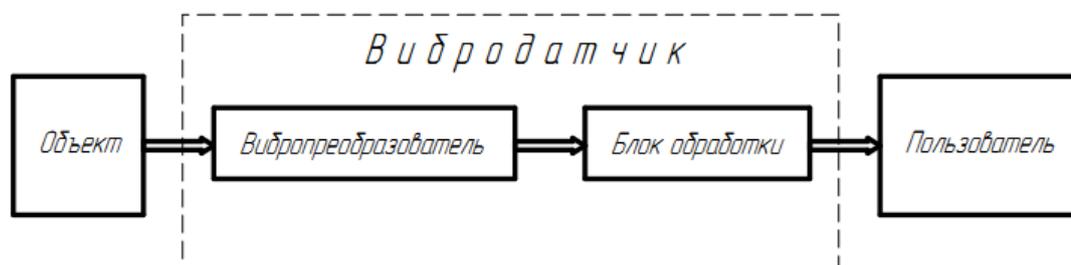


Рисунок 56 – Общая схема датчика вибрации

Функциональное назначение первого блока – преобразование механических вибраций в электрический сигнал. Второй блок – блок обработки – служит для анализа полученного сигнала. Как правило, на входе таких блоков стоит аналогово-цифровой преобразователь, и основная часть операций над сигналом производится уже в цифровом виде, что расширяет функциональные возможности процесса пост-обработки, улучшает помехоустойчивость и позволяет осуществлять вывод информации по внешнему интерфейсу.

При измерении параметров вибрации используются два принципа измерения:

- кинематический;
- динамический.

Кинематический принцип основан на измерении координаты точки контролируемого объекта относительно выбранной системы координат, которую условно считают неподвижной, то есть измеряются параметры вибрации, относительно какого либо реального объекта (относительной вибрации).

Динамический принцип основан на измерении параметров вибрации относительно искусственной неподвижной системы отсчета – инерционного тела, соединенного с вибрирующим объектом через упругий подвес. Приборы, использующие этот принцип, относятся к устройствам инерционного действия и осуществляют измерение параметров абсолютной вибрации.

В виброметрии наиболее удобно преобразовывать информацию о вибрации контролируемого объекта в электрический сигнал с последующей его обработкой и регистрацией. Для этой цели используются датчики или преобразователи, в основе работы которых лежат различные физические явления. По принципу действия такие датчики можно разделить на два класса:

- параметрические (вихретоковые вибродатчики; индукционные вибродатчики);
- генераторные (пьезоэлектрические вибродатчики).

В параметрических датчиках под воздействием измеряемой механической величины изменяется какой-либо электрический параметр преобразующего элемента, модулирующий электрическое напряжение или ток, создающиеся внешним источником.

Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование механической энергии в электрическую.

В соответствии с ГОСТ ИСО 8042-2002 «Вибрация и удар. Датчики инерционного типа для измерений вибрации и удара. Устанавливаемые характеристики» различают следующие типы электромеханического преобразователя (чувствительного элемента), используемого в вибродатчике:

- тензорезистивный;
- резистивный;
- емкостный;
- индуктивный;
- электродинамический;
- электромагнитный;
- пьезоэлектрический;
- инерционно-плазменный;
- фотоэлектрический;
- электрокинетический;
- пьезорезистивный;
- оптический;
- магнитострикционный.

Характеристики вибродатчиков:

- диапазон измерений;
- коэффициент преобразования и амплитудно-частотная характеристика;
- диапазон частот;
- сдвиг фаз и фазочастотная характеристика;
- демпфирование;
- относительная поперечная чувствительность;

- максимально допустимые значения вибрации;
- линейность и гистерезис
- электрический импеданс

Факторы, влияющие на работу вибродатчиков:

- температура и влажность;
- колебания температуры;
- акустические поля;
- электромагнитные поля;
- цепи заземления;
- чувствительность к деформации основания;
- радиация.

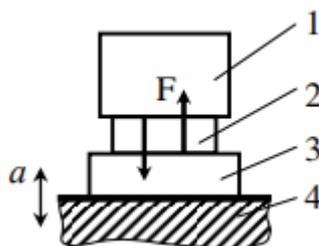
В настоящее время в виброметрах, предназначенных для решения задач в сфере безопасности человека и окружающей среды, применяют пьезоэлектрические вибродатчики.

Из современных разработок, определенный интерес представляют оптические вибродатчики. Однако они не нашли пока широкого распространения.

Далее рассмотрены пьезоэлектрические и оптические датчики.

Пьезоэлектрические вибродатчики

Пьезоэлектрические вибродатчики являются акселерометрами. Упрощенно, конструкцию акселерометра (рисунок 57) можно представить, как устройство, состоящее из жестко связанных (например, склеенных) инерционного элемента 1, пьезоэлемента 2 и основания 3, присоединенное в точке измерения виброускорения к объекту 4, колеблющимся с виброускорением a вдоль оси симметрии датчика.



1 - инерционный элемент; 2 - пьезоэлемент;
3 - основание присоединенное в точке измерения виброускорения к объекту 4

Рисунок 57 – Конструкция пьезоэлектрического акселерометра

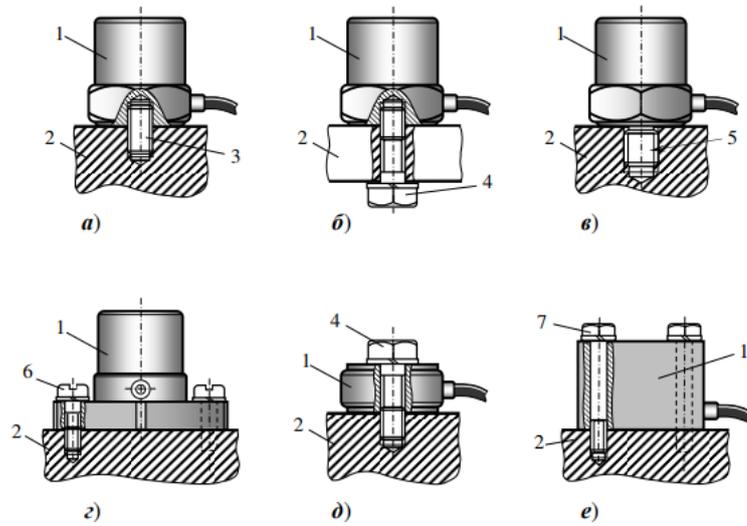
По числу измеряемых компонентов ускорения существуют однокомпонентные и многокомпонентные (двух- и трехкомпонентные) акселерометры, одновременно измеряющие ускорение в ортогональных направлениях.

В датчиках наиболее широкое применение находят пьезоэлементы из пьезокерамических материалов (ПКМ), обладающих, по сравнению с монокристаллическими, более высокой пьезоактивностью, технологичностью и меньшей стоимостью. ПКМ (Россия): ЦТС 19; ЦТС 21; ЦТС 26; ЦТБС-3 и пр.

Однако электрофизические характеристики некоторых монокристаллов, например, кварца, несравненно стабильнее, чем ПКМ, что и диктует необходимость применения кварцевых пьезоэлементов в образцовых датчиках.

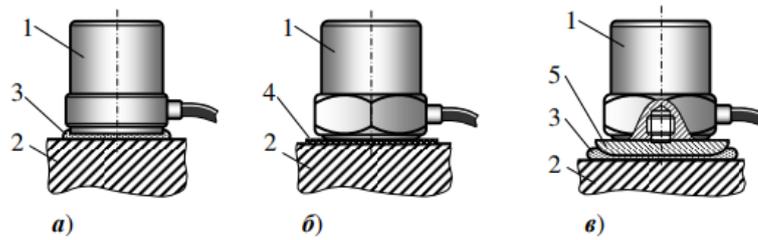
Для измерения параметров вибрации с минимальной погрешностью, установка акселерометра не должна влиять на динамические характеристики контролируемого объекта, а движение объекта и акселерометра, в месте его крепления, должно быть полностью идентичным. Также не должно иметь место ограничение динамического и частотного диапазонов акселерометра.

Наиболее распространены способы крепления акселерометров с использованием резьбового соединения (рисунок 58), приклеивания (рисунок 59) и магнита (рисунок 60). Иногда используется механическое поджатие и редко вакуумное крепление.



1 – акселерометр; 2 – контролируемый объект; 3 – резьбовая шпилька;
4, 6, 7 – винт; 5 – резьбовой выступ

Рисунок 58 - Варианты резьбового крепления акселерометров



1 – акселерометр; 2 – контролируемый объект; 3 – клей; 4 – двусторонняя
липкая лента; 5 – приклеиваемый переходной резьбовой элемент

Рисунок 59 - Варианты клеевого крепления акселерометров

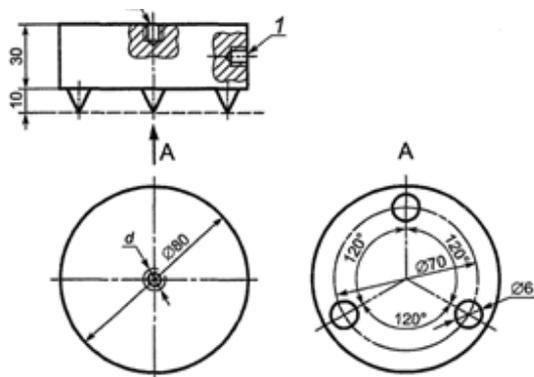


1 – акселерометр; 2 – контролируемый объект; 3 – магнитный держатель;
4 – постоянный магнит; 5 - магнитопровод

а) схема крепления с помощью магнита; б) магнитный прижим

Рисунок 60 – Крепление акселерометра с применением магнита

Допускается использовать устройство для быстрой установки акселерометра на промежуточной платформе с острыми выступами для фиксации на поверхности опоры (см. рисунок 61), внутри которого акселерометр может быть жестко установлен, например, с помощью резьбовой шпильки. Такая платформа используется при измерении общей вибрации. При измерении параметров общей вибрации на сиденье автомобиля применяют жесткие (рисунок 62б) и полужесткие диски (рисунок 62а).



а)



б)



в)

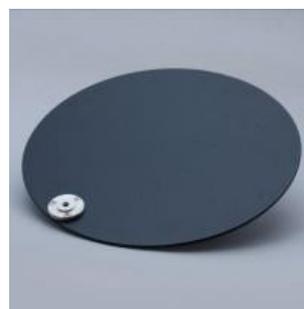
1 – резьбовое соединение для крепления акселерометра или кубика под акселерометр

а) чертеж промежуточной платформы; б) фотография промежуточной платформы;
в) кубик под акселерометр

Рисунок 61 – Промежуточная платформа



а)

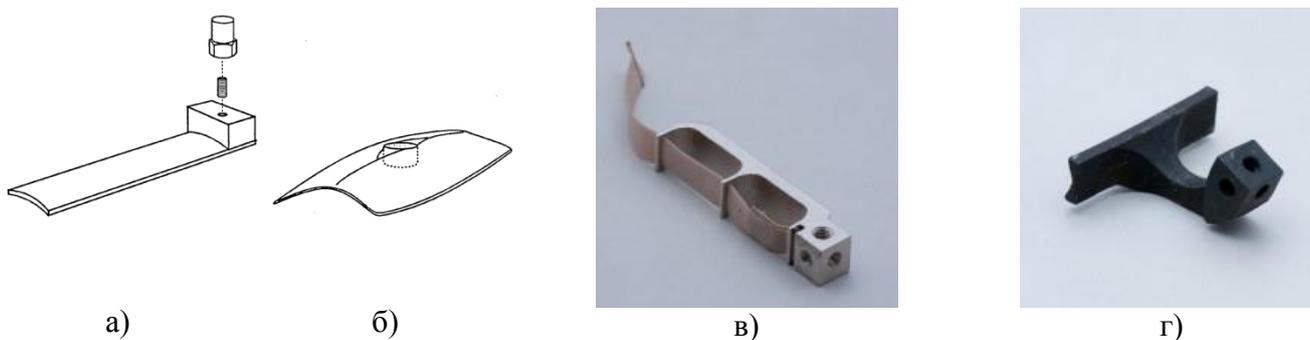


б)

а) полужесткий диск (подушка) с трехкомпонентным вибропреобразователем;
б) жесткий диск с резьбовым соединением для крепления акселерометра или кубика под акселерометр

Рисунок 61 – Полужесткий диск (подушка) с трехкомпонентным вибропреобразователем

При измерении параметров локальной вибрации и невозможности закрепления вибродатчика на вибрирующей поверхности, применяют самые различные адаптеры, например, приведенные на рисунке 62.



а) - адаптер простой формы; б) – адаптер специальной формы;
в) - адаптер типа «Планка»; г) адаптер типа «Рожок»

Рисунок 62 – Ручные адаптеры

Оптический вибродатчик

В основу работы оптического виброметра подобно ультразвуковым датчикам перемещения положен эффект Доплера. Прибор обычно содержит лазерный источник излучения, приёмную оптическую схему, а также электронную схему обработки (рисунок 63). При отражении излучения от неподвижного объекта длина волны принятого луча не отличается от истинной длины волны лазера. Если объект перемещается вдоль оси излучения, происходит сдвиг длины волны отражённого излучения на некоторую величину (эффект Доплера), значение и знак которой несут информацию о скорости и направлении движения объекта, а используемая в составе приёмного оптического модуля интерферометрическая схема позволяет определить эту величину. Таким образом, колебания отражающей поверхности модулируют частотный сдвиг, и электронная обработка этого сигнала модуляции позволяет получить параметры вибрационных колебаний.

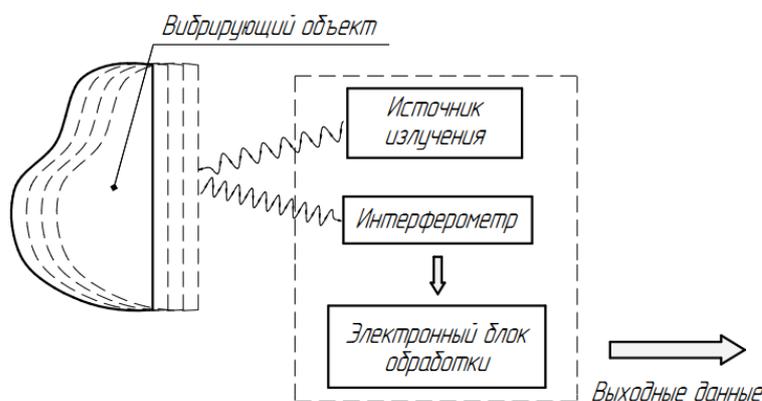


Рисунок 63 – Схема оптического виброметра

Несмотря на то, что в состав оптического вибродатчика входит источник лазерного излучения, такие приборы достаточно безопасны, поскольку за счёт высокой чувствительности приёмной оптической системы для проведения измерений достаточной оказывается весьма незначительная оптическая мощность.

Одним из основных достоинств оптического вибродатчика является то, что диагностика с их помощью может проводиться бесконтактно, при их использовании в стационарном измерительном комплексе требуется лишь однократная фокусировка на измеряемой поверхности. Кроме того, устройства этого типа обладают высокой точностью и быстродействием, поскольку лишены подвижных элементов. К недостаткам можно отнести довольно высокую цену.

3. Состав и назначение виброметров

Виброметр – прибор, предназначенный для контроля и регистрации параметров виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты синусоидальных колебаний различных объектов.

По составу виброметр по своей сути является шумомером и отличается, только тем, что на его вход электрический сигнал поступает с вибродатчика и есть некоторые отличия по обработке электрического сигнала.

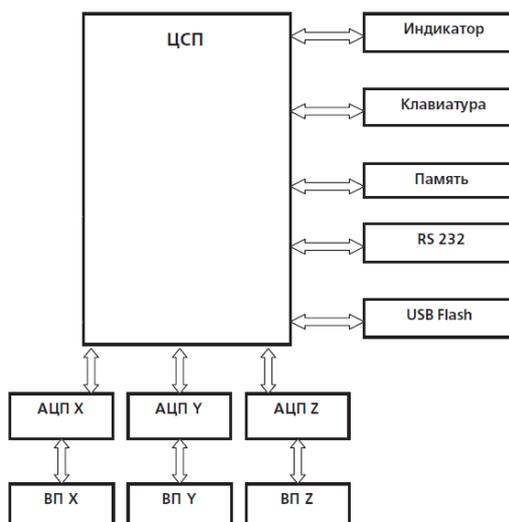
Выпускаемые виброметры должны соответствовать Межгосударственному стандарту ГОСТ ИСО 8041-2006 «Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений».

На рисунке 63 приведен виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ V3RT», который предназначен для измерения уровней виброускорения, и частотного анализа в диапазонах общей и локальной вибрации. Измерение параметров вибрации одновременно по 3-м каналам.



Рисунок 63 - Виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ V3RT»

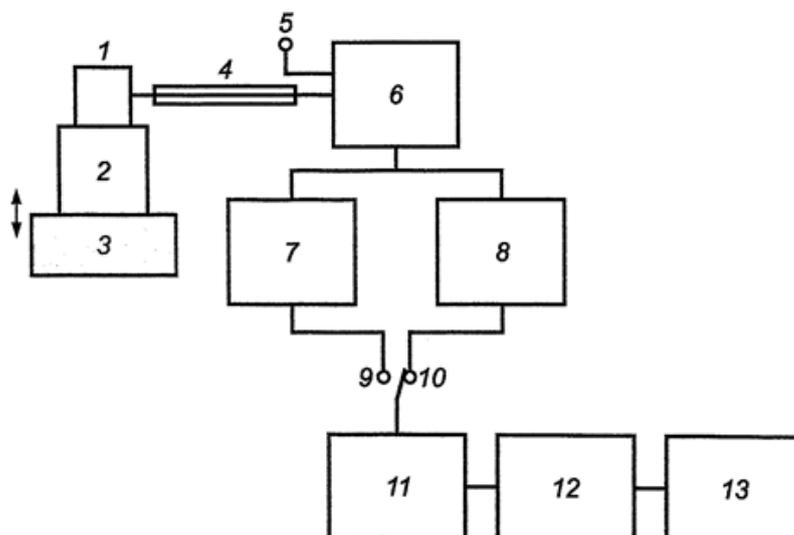
Измерение параметров вибрации основано на преобразовании механических колебаний в электрический сигнал с помощью ВП его последующей обработкой в соответствии функциональной схемой прибора, рисунок 63. Дальнейшая обработка сигнала осуществляется цифровым способом. Частота оцифровки сигнала до 48 кГц. Разрядность - 24 бит. Цифровое представление сигнала поступает в ЦСП и обрабатывается по алгоритму, соответствующему выбранному режиму измерения.



АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ВП – вибропреобразователь (вибродатчик); ЦСП - цифровой сигнальный процессор; RS 232 – тип разъема; USB Flash – разъем для подключения внешней памяти; X,Y,Z – оси ортогональной системы координат

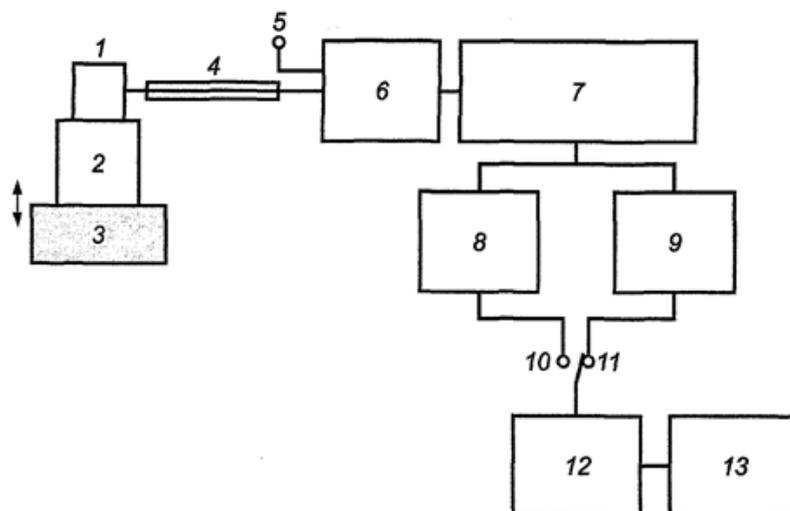
Рисунок 63 - Функциональная схема виброметра «АССИСТЕНТ V3RT»

В состав ЦСП виброметра входят функциональные схемы (см. рисунки 64 и 65), которые реализуют преобразование сигналов с вибродатчика во временной и частотной областях.



- 1 – датчик вибрации; 2- система крепления; 3 –вибрирующая поверхность; 4 – кабель; 5 – электрический вход;
 6 – согласование сигнала (электронное устройство, например, повторитель); 7 – полосовая фильтрация;
 8 – частотная коррекция (включая полосовую фильтрацию); 9 – отфильтрованный сигнал;
 10 – корректированный сигнал; 11 - временное взвешивание сигнала; 12 – дополнительное преобразование;
 13 – показывающее устройство

Рисунок 63 – Функциональная схема для преобразования сигнала с вибродатчика во временной области



- 1 – датчик вибрации; 2- система крепления; 3 – вибрирующая поверхность; 4 – кабель; 5 – электрический вход;
 6 – согласование сигнала (электронное устройство, например, повторитель);
 7 – частотный анализ, взвешивание и усреднение по времени;
 8 – полосовая фильтрация (вычисление по спектру); 9 – частотная коррекция (вычисление по спектру);
 10 – данные после полосовой фильтрации; 11 – данные после частотной коррекции;
 12 – суммирование по полосам частот; 13 – показывающее устройство

Рисунок 64 – Функциональная схема для преобразования сигнала с вибродатчика в частотной области

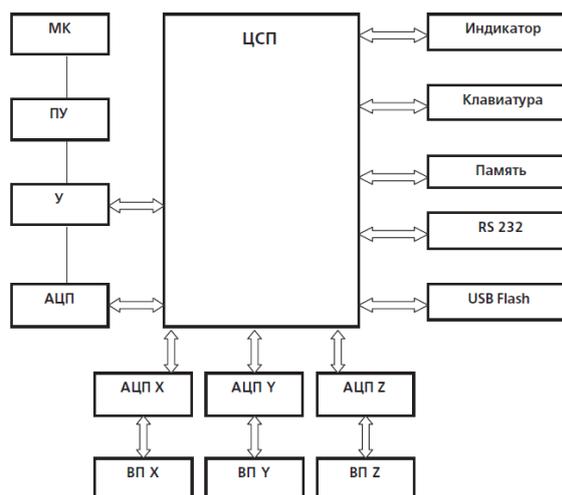
На практике шумомер и виброметр выполняется в одном корпусе. На рисунке 65 приведен шумомер, виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL».

Шумомер, виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL» предназначен для измерения уровней звука, звукового давления и частотного анализа в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука, уровней виброускорения, и частотного анализа в диапазонах общей и локальной вибрации по 3-м каналам одновременно.



Рисунок 65 - Шумомер, виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL»

Функциональная схема «АССИСТЕНТ TOTAL» приведена на рисунке 66.



МК – микрофон; ПУ – предварительный усилитель; У – усилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ВП – вибропреобразователь (вибродатчик); ЦСП - цифровой сигнальный процессор; RS– тип разъема; USBFlash– разъем для подключения внешней памяти; X, Y, Z – оси ортогональной системы координат

Рисунок 66 - Функциональная схема шумомера, виброметра, анализатора спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL»

4. Методика измерения локальной вибрации на рабочих местах

Измерение локальной вибрации на рабочих местах проводится в соответствии с Межгосударственными стандартами ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования» и ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах». Законспектировать материал ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) и ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Подготовка к проведению измерений;
3. Организация проведения измерений;
4. Длительность проведения измерений;
5. Проведение измерений вибрации;
6. Протокол измерений.

5. Методика измерения общей вибрации на рабочих местах

Измерение общей вибрации на рабочих местах проводится в соответствии с Межгосударственными стандартами ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) «Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах» и Межгосударственный стандарт ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования». Законспектировать материал ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) и ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Измеряемые и рассчитываемые параметры
3. Подготовка к проведению измерений;
4. Измерение вибрации;
5. Протокол измерений.

6. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации

Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации смотри в:

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах»;
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) «Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах».

Тема 15. Контроль ионизирующих излучений

План:

1. Требования к ограничению техногенного облучения.
 - 1.1. Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях.
 - 1.2. Требования к защите от природного облучения в производственных условиях.
 - 1.3. Требования к ограничению облучения населения.
 - 1.4. Ограничение техногенного облучения в нормальных условиях.
 - 1.5. Ограничение природного облучения.
 - 1.6. Ограничение медицинского облучения.
 - 1.7. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.
2. Требования к контролю за выполнением Норм радиационной безопасности.
3. Методы измерения ионизирующих излучений.

4. Организация и порядок проведения радиационного контроля на соответствие санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям по показателям радиационной безопасности жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений.

1. Требования к ограничению техногенного облучения

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);
- запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);
- поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации).

Требования к ограничению техногенного облучения приведены в НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности» (СанПиН 2.6.1.2523-09). Так же смотри материалы дисциплины «Медико-биологические основы безопасности».

2. Требования к контролю за выполнением Норм радиационной безопасности

Радиационный контроль является важнейшей частью обеспечения радиационной безопасности, и конкретный перечень видов и объем контроля включается в проект радиационного объекта. Он имеет целью определение степени соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, включая непревышение установленных основных пределов доз и допустимых уровней при нормальной работе, получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случае радиационных аварий, загрязнения местности и зданий радионуклидами, а также на территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения.

Радиационный контроль осуществляется за всеми источниками излучения, кроме источников, создающих при любых условиях обращения с ними:

- индивидуальную годовую эффективную дозу не более 10 мкЗв;
- коллективную эффективную годовую дозу не более 1 чел.-Зв, либо когда при коллективной дозе более 1 чел.-Зв оценка по принципу оптимизации показывает нецелесообразность снижения коллективной дозы;
- индивидуальную годовую эквивалентную дозу в коже не более 50 мЗв и в хрусталике глаза не более 15 мЗв.

Радиационному контролю подлежат:

- радиационные характеристики источников излучения, выбросов в атмосферу, жидких и твердых радиоактивных отходов;
- радиационные факторы, создаваемые технологическим процессом на рабочих местах и в окружающей среде;
- радиационные факторы на загрязненных территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения;
- уровни облучения персонала и населения от всех источников излучения, на которые распространяется действие НРБ-99/2009.

Основными контролируемыми параметрами являются:

- годовая эффективная и эквивалентная дозы;
- поступление радионуклидов в организм и их содержание в организме для оценки годового поступления;
- объемная или удельная активность радионуклидов в воздухе, воде, пищевых продуктах, строительных материалах и др.;
- радиоактивное загрязнение кожных покровов, одежды, обуви, рабочих поверхностей;
- доза и мощность дозы внешнего облучения;

- плотность потока частиц и фотонов.

Переход от измеряемых величин к нормируемым определяется методическими указаниями по проведению соответствующих видов радиационного контроля.

С целью оперативного контроля для всех контролируемых параметров (приведены выше) устанавливаются контрольные уровни. Значение этих уровней устанавливается таким образом, чтобы было гарантировано непревышение основных пределов доз и реализация принципа снижения уровней облучения до возможно низкого уровня.

При этом учитывается облучение от всех подлежащих контролю источников излучения, достигнутый уровень защищенности, возможность его дальнейшего снижения с учетом требований принципа оптимизации. Обнаруженное превышение контрольных уровней является основанием для выяснения причин этого превышения и разработки мероприятий по его устранению.

Контроль и учет индивидуальных доз облучения, полученных гражданами при использовании источников ионизирующего излучения, проведении медицинских рентгенорадиологических процедур, а также обусловленных естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном, осуществляются в рамках единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения (ЕСКИД) (см. Приказ Минздрава РФ от 31.07.2000 № 298 «Об утверждении Положения о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан»).

При планировании и проведении мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, принятии решений в области обеспечения радиационной безопасности, анализе эффективности указанных мероприятий органами государственной власти, органами местного самоуправления, а также организациями, осуществляющими деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, проводится оценка радиационной безопасности по следующим основным показателям:

- характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;
- вероятность радиационных аварий и их масштаб;
- степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;
- анализ доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;
- число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения.

Органы осуществляющие надзор и контроль в области обеспечения радиационной безопасности (см. дисциплину «Надзор и контроль в сфере безопасности»):

1) государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности осуществляет Ростехнадзор и Роспотребнадзор;

2) производственный контроль за обеспечением радиационной безопасности выполняют организации, осуществляющие деятельность с использованием источников ионизирующего излучения;

3) общественный контроль за обеспечением радиационной безопасности осуществляют общественные объединения.

3. Методы измерения ионизирующих излучений

В результате взаимодействия радиоактивного излучения со внешней средой происходит ионизация и возбуждение ее нейтральных атомов и молекул. Эти процессы изменяют физико-химические свойства облучаемой среды. Взяв за основу эти явления, для регистрации и измерения ионизирующих излучений используют:

- ионизационный метод;
- химический метод;
- сцинтилляционный метод;
- люминесцентный метод;
- фотографический метод.

Ионизационный метод

Сущность его заключается в том, что под воздействием ионизирующих излучений в среде (газовом объеме) происходит ионизация молекул, в результате чего электропроводность этой среды увеличивается. Если в нее поместить два электрода, к которым приложено постоянное напряжение, то между электродами возникает направленное движение ионов, т.е. проходит так называемый ионизационный ток, который легко может быть измерен. Такие устройства называют детекторами излучений. В качестве детекторов в дозиметрических приборах используются ионизационные камеры и газоразрядные счетчики различных типов. Ионизационный метод положен в основу работы таких дозиметрических приборов, как ДП-5А (Б,В), ДП-22В и ИД-1.

Химический метод

Его сущность состоит в том, что молекулы некоторых веществ в результате воздействия ионизирующих излучений распадаются, образуя новые химические соединения. Количество вновь образованных химических веществ можно определить различными способами. Наиболее удобным для этого является способ, основанный на изменении плотности окраски реактива, с которым вновь образованное химическое соединение вступает в реакцию.

Химические методы дозиметрии не обязательно связаны с водными растворами. Для этих целей применяются также органические растворы, изменяющие цвет пленки или стекла. Химические методы используются, как правило, для измерения дозы излучения.

На этом методе основан принцип работы химического дозиметра гамма- и нейтронного излучения ДП-70 МП.

Сцинтилляционный метод

Этот метод основывается на том, что некоторые вещества (сернистый цинк, йодистый натрий, вольфрамат кальция) светятся при воздействии на них ионизирующих излучений. Возникновение свечения является следствием возбуждения атомов под воздействием излучений: при возвращении в основное состояние атомы испускают фотоны видимого света различной яркости (сцинтилляции). Фотоны видимого света улавливаются специальным прибором – так называемым фотоэлектронным умножителем, способным регистрировать каждую вспышку. В основу работы индивидуального измерителя дозы ИД-11 положен сцинтилляционный метод обнаружения ионизирующих излучений.

Люминесцентный метод

Данный метод основан на накапливании части энергии поглощенного ионизирующего излучения и отдачи его в виде светового свечения после дополнительного воздействия ультрафиолетовым свечением, или видимым светом или нагревом.

Под действием излучения в люминофоре (щелочно-галогидных соединений типов LiF, NaI, фосфатных стекол, активированных серебром) создаются центры фотолюминесценции, содержащие атомы и ионы серебра. Последующее освещение люминофоров ультрафиолетовым излучением вызывает видимую люминесценцию, интенсивность которой пропорциональна дозе.

Фотографический метод

Фотоэмульсия представляет собой совокупность мелких кристаллов брома серебра, взвешенного в слое желатина. В результате поглощения излучения в кристаллах образуются центры проявления, состоящие из групп атомов металлического серебра. Совокупность этих центров создает скрытое изображение. В дальнейшем под действием проявителя они способствуют восстановлению металлического серебра из зерен AgBr. После фиксации и промывки фотопленки на ней отмечается почернение. Степень почернения дозиметрической пленки зависит от экспозиционной дозы.

Приборы, предназначенные для обнаружения и измерения радиоактивных излучений, называются дозиметрическими.

По назначению все приборы разделяются на индикаторы, рентгенметры, радиометры и дозиметры.

Индикаторы предназначены для обнаружения радиоактивного излучения и ориентировочной оценки мощности дозы гамма-излучений. Эти приборы имеют простейшие электрические схемы со световой и звуковой сигнализацией.

Рентгенометры служат для измерений мощности дозы гамма- и рентгеновского излучения (уровня радиации).

Радиометрами обнаруживают и определяют степень радиоактивного загрязнения поверхностей оборудования, одежды, продуктов и др.

Дозиметры (комплекты измерителей доз) предназначены для определения суммарной дозы облучения, получаемой людьми за время нахождения их в районе действия, главным образом гамма-излучений.

4. Организация и порядок проведения радиационного контроля на соответствие санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям по показателям радиационной безопасности жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений

Организация и порядок проведения радиационного контроля определены МУ 2.6.1.2838-11 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности». Законспектировать материал МУ 2.6.1.2838-11 в соответствии с планом:

1. Термины и определения.
2. Требования к методикам и средствам радиационного контроля.
3. Определение мощности дозы гамма-излучения.
4. Определение среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений.
5. Протокол измерений.

Тема 16. Контроль электромагнитных полей и излучений

План:

1. Допустимые параметры электромагнитных полей и излучений.
2. Датчики для измерения параметров электромагнитных излучений и полей.
3. Состав измерителя параметров электромагнитных полей и излучений.
4. Методики измерения параметров электромагнитных полей и излучений.

1. Допустимые параметры электромагнитных полей и излучений

Электромагнитное поле - это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Представляет собой взаимосвязанные переменные электрическое поле и магнитное поле. Взаимная связь электрического и магнитного полей заключается в том, что всякое изменение одного из них приводит к появлению другого: переменное электрическое поле, порождаемое ускоренно движущимися зарядами (источником), возбуждает в смежных областях пространства переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, возбуждает в прилегающих к нему областях пространства переменное электрическое поле, и т. д. Таким образом, электромагнитное поле распространяется от точки к точке пространства в виде электромагнитных волн, бегущих от источника. Благодаря конечности скорости распространения электромагнитное поле может существовать автономно от породившего его источника и не исчезает с устранением источника (например, радиоволны не исчезают с прекращением тока в излучившей их антенне).

Электромагнитное поле в вакууме описывается напряженностью электрического поля E и напряженностью магнитного поля H (или магнитной индукцией B).

Электрическое поле представляет собой частную форму проявления электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на внесенный в него электрический заряд с силой, не зависящей от скорости заряда. Источниками электрического поля могут быть электрические заряды (движущиеся и неподвижные) и изменяющиеся во времени магнитные поля.

Магнитное поле представляет собой частную форму электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на движущиеся электрические заряды (в т.ч. на проводники с током), а также на магнитные тела независимо от состояния их движения. Источниками магнитного поля могут быть движущиеся электрические заряды (проводники с током), намагниченные тела и изменяющиеся во времени электрические поля. Основная количественная характеристика магнитного поля – магнитная индукция B , которая определяет силу, действующую в данной точке поля в вакууме на движущийся электрический заряд и на тела, имеющие магнитный момент.

Существование электромагнитных волн предсказано английским физиком М. Фарадеем в 1832 г. Другой английский ученый, Дж. Максвелл, в 1865 г. теоретически показал, что электромагнитные колебания не остаются локализованными в пространстве, а распространяются во все стороны от источника. Теория Максвелла позволила единым образом подойти к описанию радиоволн, оптического излучения, рентгеновского излучения, гамма-излучения. Оказалось, что все эти виды излучения – электромагнитные волны с различной длиной волны λ , т. е. родственны по своей природе. Каждое из них имеет своё определённое место в единой шкале электромагнитных волн (рисунок 67).

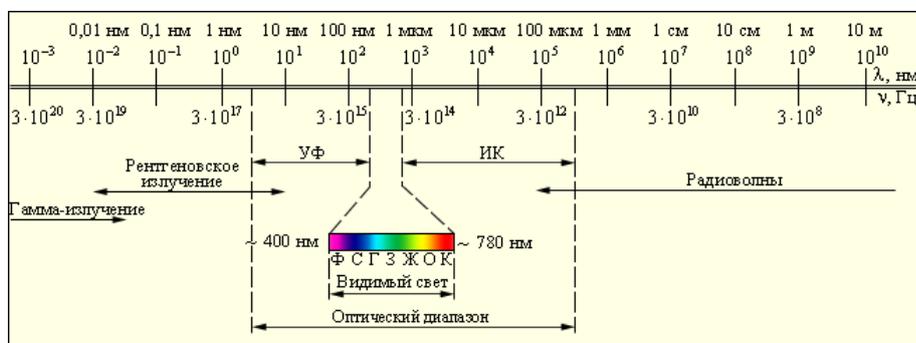


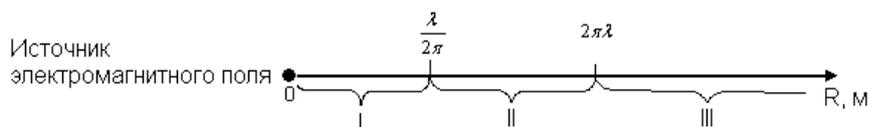
Рисунок 67 - Шкала электромагнитных волн

Фундаментальное соотношение между длиной λ и частотой электромагнитного поля f описывается формулой

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

где c - скорость света в среде распространения, км/с ($c = 300000$).

Зоны излучения электромагнитного поля в зависимости от расстояния от источника излучения (λ – длина волны источника излучения) приведены на рисунке 68.



I – зона индукции; II – зона дифракции (промежуточная зона); III – волновая зона.

Рисунок 68 – Зоны излучения электромагнитного поля в зависимости от расстояния от источника излучения (λ – длина волны источника излучения)

Источники электромагнитных полей и излучений самые разнообразные: воздушные и кабельные линии связи; сотовая связь; промышленные электроустановки (электропечи и пр.) и пр.

Нормирование электромагнитных полей и излучений устанавливается в зависимости от длины волны излучения, времени воздействия и среды обитания человека.

СанПиН 2.2.4.3359-2016 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (раздел 7) устанавливает для лиц, профессионально связанных с воздействием ЭМП, требования к безопасным условиям воздействия электростатического поля (ЭСП), постоянного магнитного поля (ПМП), электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП, МП ПЧ), электромагнитных полей на рабочих местах пользователей персональными компьютерами (ЭМП ПК) и средствами информационно-коммуникационных технологий (ЭМП ИКТ), электрических и магнитных полей (ЭП, МП) в диапазоне частот 10 кГц - 30 кГц, электромагнитных полей (ЭМП) в диапазоне более 30 кГц - 300 ГГц.

ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях» устанавливают предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых и общественных зданий и на селитебных территориях».

«Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 23.02.1984 № 2971-84) устанавливают предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности электрического поля 50 Гц: внутри жилых зданий; на территории зоны жилой застройки; в населенной местности, вне зоны жилой застройки; на участках пересечения ВЛ с автомобильными дорогами (I – IV) категории; в населенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья); в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения.

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи» устанавливает предельно допустимые уровни электромагнитных полей от средств сухопутной подвижной радиосвязи (в том числе сотовая связь, спутниковая связь).

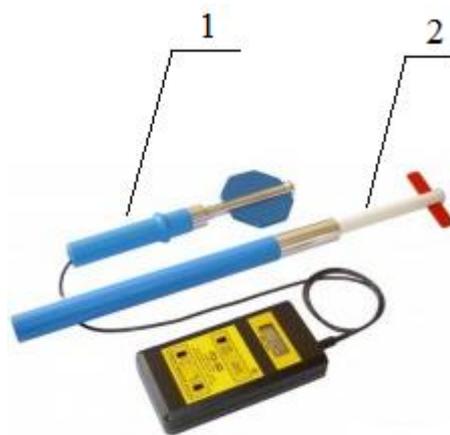
2. Датчики для измерения параметров электромагнитных излучений и полей

В связи с тем, что спектр электромагнитных полей и излучений очень широкий, то для измерения параметров электромагнитных полей в диапазоне от 0 Гц до 300 ГГц на данный момент разработано большое количество датчиков, базирующихся на различных принципах действия. При этом можно выделить три группы датчиков в зависимости от частоты и измеряемого параметра электромагнитного поля или излучения:

- 1) датчики для измерения напряженности электрического поля (электростатическое поле, переменные электрические поля в диапазоне более 0 Гц и до 300 МГц;
- 2) датчики для измерения напряженности магнитного поля (постоянное магнитное поле, переменные магнитные поля в диапазоне более 0 Гц и до 300 МГц;
- 3) электромагнитные поля в диапазоне частот более 300 МГц и до 300 ГГц (СВЧ-излучение).

Например, дипольная антенна представляет собой симметричный диполь, состоящий из двух параллельных металлических пластин электрически не связанных, в которых переменное электрическое поле создает электродвижущую силу (ЭДС), которая является мерой напряженности электрического поля. Диполь крепится к ручке, выполненной из диэлектрического материала. Данная антенна используется для измерения напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц) (рисунок 69).

Рамочная антенна представляет собой латунную рамку, на которую намотан изолированный медный провод. Переменное магнитное поле наводит в ветках медного провода электрический ток, который является мерой напряженности магнитного поля. Рамка крепится к ручке, выполненной из диэлектрического материала. Данная антенна используется для измерения напряженности магнитного поля промышленной частоты (50 Гц) (рисунок 69).



1 – рамочная антенна; 2 – дипольная антенна

Рисунок 69 –Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50В

Для измерения плотности потока энергии применяют терморезистор, который включают в электрический мост. При отсутствии, например, СВЧ-излучения данный мост сбалансирован и напряжение на его выходе равно нулю. Наличие СВЧ-излучения в окружающем пространстве приведет к изменению сопротивления терморезистора, что вызовет нарушение баланса и на выходе моста появится напряжение, значение которого будет мерой плотности потока энергии. Для концентрирования электромагнитного излучения применяют рупоры (см. рисунок 70). Такие датчики получили название – рупорная антенна.

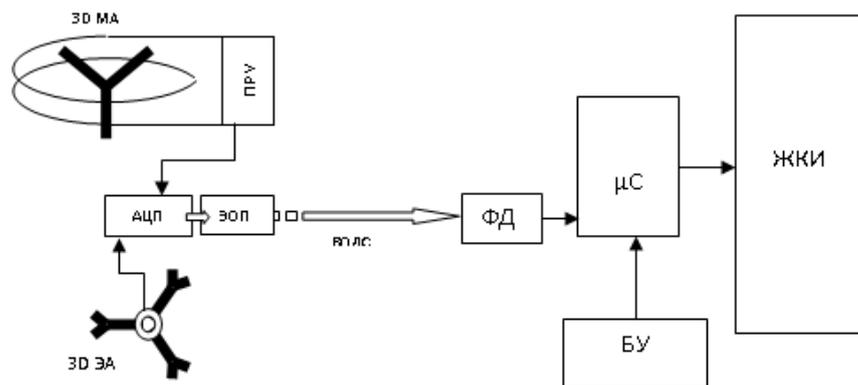


Рисунок 70 – Широкополосная измерительная рупорная антенна на частоты (0,8–18) ГГц

3. Состав измерителя параметров электромагнитных полей и излучений

Рассмотри состав прибора на примере измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50». Измеритель предназначен для измерения эффективных значений индукции магнитного поля (эллиптически поляризованного) и напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц). Применяется для контроля норм по электромагнитной безопасности промышленных электроустановок и для проведения комплексного санитарно-гигиенического обследования жилых и производственных помещений и рабочих мест.

Функциональная блок-схема «ВЕ-50» приведена на рисунке 71.



3DMA - 3-х координатная приемная магнитная антенна; 3D ЭА - 3-х координатная приемная электрическая антенна; ПРУ – предварительный усилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЭОП – электронно-оптический преобразователь; ВОЛС – волоконно-оптическая линия; ФД – фотодиодный приемник; μ С – микроконтроллер; БУ – блок управления прибором; ЖКИ – жидкокристаллический индикатор, отображающий результаты анализа зарегистрированного сигнала

Рисунок 70 –Функциональная блок-схема «BE-50»

Составными частями Измерителя «BE-50» являются:

1) 3-х координатная приемная магнитная антенна (3DMA) подключенная к программно-регулируемому полосовому (на частоте (50 ± 2) Гц) усилителю (ПРУ), сигнал с которого подается на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и далее (в оцифрованном виде) – на микроконтроллер μ С, где он проходит числовой анализ и числовую фильтрацию;

2) 3-х координатная приемная электрическая антенна (3D ЭА), сигнал с которой подается на электрооптический преобразователь (ЭОП) и далее по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) – на фотодиод (ФД), подключенный непосредственно к одному из входных портов микроконтроллера μ С. Такое включение электрической антенны выбрано для того, чтобы избежать искажающего влияния подводящего сигнального кабеля на измеряемое электрическое поле. Электрическая развязка приемной антенны от индикаторного блока Измерителя повышает достоверность измерений и их безопасность вблизи высоковольтных устройств;

3) АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

4) ФД – фотодиодный приемник;

5) μ С – микроконтроллер;

6) ЖКИ – жидкокристаллический индикатор, отображающий результаты анализа зарегистрированного сигнала;

7) БУ – блок управления прибором.

Три взаимно ортогональных дипольных датчика электромагнитного поля преобразуют осцилляции электромагнитного поля в электрический сигнал, подаваемый на предварительные усилители. Предварительные усилители трех каналов регистрации представляют собой узкополосные (настроенные на центральную частоту 50 Гц с шириной полосы ± 2 Гц) усилители с цепями коррекции частотной характеристики.

Частотная характеристика усилителей формируется активными RC-фильтрами с регулируемыми коэффициентами усиления (последнее используется при калибровке приборов).

Окончательное формирование частотных характеристик каждого из сквозных каналов регистрации осуществляется цепями частотно-зависимой обратной связи операционных усилителей, использующихся для детектирования сигналов.

В качестве аналогово-цифрового преобразователя используется 8-ми входной мультиплексированный АЦП микроконтроллера семейства MCS-51 фирмы INTEL. Он включает в себя 4096-элементную последовательно-параллельную резистивную матрицу, компаратор, конденсатор выборки и хранения, регистр последовательного приближения, триггер управления, регистр результатов сравнения и 8 регистров результатов аналогово-цифрового преобразования.

В качестве центрального процессора измерителя используется высокоинтегрированный 16-битовый микроконтроллер, основанный на архитектуре MCS-51. В измерителе этот процессор используется для установления режима измерений поля.

Пользовательский интерфейс обеспечивается в режиме "Меню" блоком управления микроконтроллером.

На рисунке 71 приведен внешний вид Измерителя «BE-50».



Рисунок 71 - Внешний вид Измерителя «BE-50»

4. Методики измерения параметров электромагнитных полей и излучений

Измерение параметров электромагнитных полей на рабочем месте проводится в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-2016 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (раздел 7.3). Законспектировать материал СанПиН 2.2.4.3359-2016 (раздел 7.3) в соответствии с планом:

1. Организация и проведение контроля уровней электростатического поля;
2. Организация и проведение контроля уровней постоянного магнитного поля;
3. Организация и проведение контроля уровней электрического и магнитного поля частотой 50 Гц;
4. Организация и проведение контроля уровней электрических и магнитных полей в диапазоне частот 10 кГц - < 30 кГц;
5. Организация и проведение контроля уровней электромагнитных полей в диапазоне ≥ 30 кГц - 300 ГГц;
6. Организация и проведение контроля уровней электромагнитных полей на рабочих местах пользователей компьютера;
7. Оценка и организация измерений уровня ослабления геомагнитного поля на рабочих местах (приложение 11 СанПиН 2.2.4.3359-2016).

Измерение параметров магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях проводится в соответствии с ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях» устанавливающих предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых и общественных зданий и на селитебных территориях». Законспектировать материал ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 (приложение 1).

Измерение параметров электрических полей частотой 50 Гц проводится в соответствии с «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты»

(утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 23.02.1984 № 2971-84). Законспектировать материал санитарных норм № 2971-84 (раздел 3).

Измерение параметров электрических полей проводится в соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи». Законспектировать материал СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 (раздел 5).

Тема 17. Мониторинг чрезвычайных ситуаций (ЧС)

План:

1. Основные положения по составу системы мониторинга и прогнозирования ЧС.
2. Требования к нормативному обеспечению.
3. Требования к метрологическому обеспечению.
4. Организация мониторинга ЧС в РФ.

1. Основные положения по составу системы мониторинга и прогнозирования ЧС

Система мониторинга чрезвычайных ситуаций предназначена для прогнозирования и предупреждения рисков возникновения природных и техногенных катастроф.

Система мониторинга и прогнозирования ЧС состоит из следующих основных элементов:

1.1. *Организационной структуры.* Организационная структура в общем случае включает в себя:

- орган управления системы мониторинга соответствующего уровня (по 1.6);
- службу наблюдения и контроля (совокупность постов, станций наблюдения и контроля);
- службу сбора и обработки информации и выработки рекомендаций по комплексу мероприятий, направленных на предупреждение возникновения ЧС или уменьшения их вредного воздействия на окружающую среду и человека;
- службу технического обеспечения деятельности системы.

1.2. *Общей модели системы, включая объекты мониторинга.* Общая модель системы мониторинга отражает возможность развития следующих ЧС:

- природных чрезвычайных ситуаций, источником которых являются природные процессы и явления, установленные ГОСТ Р 22.0.03 и ГОСТ Р 22.0.06;
- биолого-социальных чрезвычайных ситуаций, установленных в ГОСТ Р 22.0.04;
- техногенных чрезвычайных ситуаций, установленных в ГОСТ Р 22.0.05;
- чрезвычайных ситуаций в результате применения современных средств поражения: ядерного, бактериологического, химического оружия и других специальных средств поражения.

1.3. *Комплекса технических средств.* Комплекс технических средств должен удовлетворять целям наблюдения и контроля:

- обеспечивать осуществление измерения требуемых параметров;
- обладать необходимой для оценки состояния окружающей среды точностью, достоверностью, оперативностью, уровнем автоматизации (в соответствии с моделью ЧС).

1.4. *Моделей ситуации (моделей развития ситуаций).* Модели ЧС (модели развития ситуаций) должны содержать:

- общее описание ситуаций в зависимости от процесса его проявления;
- комплекс характеристик, входных измеряемых параметров состояния окружающей среды, позволяющих идентифицировать ситуацию в целом и отдельные этапы ее развития;
- критерии принятия решений.

При наличии взаимосвязанных источников ЧС модель должна содержать также перечень источников ЧС и механизм их взаимодействия.

1.5. *Методов наблюдений, обработки данных, анализа ситуаций и прогнозирования.* Методы наблюдения и контроля должны содержать:

- описание наблюдаемых процессов, явлений и перечень наблюдаемых параметров;
- значения наблюдаемых параметров, принятых в качестве нормальных, допустимых и критических;
- режим наблюдений - непрерывный или периодический;

- точность измерений наблюдаемых параметров;
- правила (алгоритм) обработки результатов наблюдений и форму их представления.

Методы прогнозирования ЧС включают:

- описание прогнозируемых процессов, явлений;
- перечень исходных данных для прогнозирования;
- правила оценки репрезентативности исходных данных;
- алгоритм прогноза (включая оценку достоверности результатов) и требования к программному и техническому обеспечению;
- перечень выходных данных.

1.6. Информационной системы. Информационная система мониторинга представляет собой распределенную автоматизированную систему оперативного обмена информацией и содержит сеть центров коммутации и абонентских пунктов, обеспечивающую обмен данными, подготовку, сбор, хранение, обработку, анализ и рассылку информации.

Система должна строиться в соответствии с базовой эталонной моделью взаимодействия открытых систем по ГОСТ 28906 и иметь унифицированный интерфейс для связи с различными прикладными задачами.

Система должна обеспечивать безопасность и конфиденциальность информации, а также свободный доступ абонентам.

Информационная система мониторинга должна иметь организационное, программное, техническое, математическое, методическое, лингвистическое, метрологическое и правовое обеспечение.

В зависимости от масштаба ЧС, установленного в ГОСТ Р 22.0.02, различают пять уровней (степеней) мониторинга:

- глобальный;
- национальный;
- региональный;
- местный;
- локальный.

Каждый нижеследующий уровень мониторинга входит составной частью в вышеперечисленный уровень.

2. Требования к нормативному обеспечению

Нормативное обеспечение мониторинга окружающей среды и прогнозирования ЧС включает:

- законодательные акты;
- нормативные документы по стандартизации: государственные и межгосударственные стандарты;
- нормативные документы, положения и правила, утверждаемые уполномоченным органом государственного управления.

Объектами нормативного обеспечения являются элементы системы мониторинга и прогнозирования ЧС.

В состав комплекса нормативных документов мониторинга включают документы, действие которых распространяется на аналогичные объекты в других областях деятельности, а также специально разрабатываемые документы. Специальные документы разрабатывают при отсутствии нормативных документов на аналогичные объекты или при необходимости установить специфические требования.

3. Требования к метрологическому обеспечению

Метрологическое обеспечение мониторинга и прогнозирования ЧС осуществляется в целях получения результатов измерений и контроля, использование которых исключает или сводит к допустимому уровню риск принять неправильное решение или получить неверный управляющий сигнал в системах управления.

Метрологическое обеспечение мониторинга и прогнозирования ЧС должно быть основано на положениях Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», законодатель-

ных актах, стандартах и других нормативных документах Государственной системы обеспечения единства измерений.

Номенклатура измеряемых величин должна обеспечить оценку и анализ параметров, полно и адекватно отражающих развитие процессов и явлений, их прогноз, и устанавливать на основе создания моделей ситуации (моделей развития ситуации).

Требования к точности изменений устанавливаются, исходя из необходимости исключения или снижения до допустимого уровня риска принять неправильное решение о развитии ситуации и на основе значений параметров, принятых в качестве нормальных (фоновых), допустимых и критических.

4. Организация мониторинга ЧС в РФ

Одним из направлений принятой МЧС России стратегии снижения риска и уменьшения последствий стихийных бедствий, аварий и катастроф является создание системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и координации работ в этой области. В 1997 году ряд учреждений и организаций России в целях практического решения данной проблемы в 1997 году приняли совместное решение об организации Агентства МЧС России по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций. В настоящее время в системе МЧС России на базе ВЦНЛК создан Всероссийский центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (ВЦМП).

Назначение и задачи Агентства по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций

Агентство МЧС России по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций (далее - Агентство) создано на основе головной научно-исследовательской организации МЧС России - ВНИИ ГОЧС как организационно-технической и информационно-аналитической структуры министерства. Агентство объединяет учреждения и организации Российской академии наук и федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации (МЧС, Минобороны, Министерства природных ресурсов, Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, других федеральных органов исполнительной власти) и иных организаций, независимо от их организационно-правовых форм. Юридически факт создания Агентства установлен Приказом Министра от 27 марта 1997 г. № 174.

Агентство создано с целью объединения научных, технических и информационных возможностей различных учреждений (организаций) для развития и совершенствования государственной системы мониторинга и прогнозирования ЧС, реализации стратегии снижения риска и уменьшения последствий стихийных бедствий, аварий и катастроф, координации работ в этой области.

Основные задачи Агентства в информационной сфере:

- организация и обеспечение функционирования Центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (ЦМП), предназначенного для сбора, обработки, анализа и интерпретации данных о предвестниках стихийных бедствий, а также регулярного представления руководству МЧС России аналитического доклада с оценками возможностей возникновения ЧС, их последствий и предложениями по сценариям реагирования;

- организация и координация работ в области сбора и обмена информацией о состоянии окружающей природной среды, обстановкой на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территориях;

- создание информационно-коммуникационной системы для решения задач мониторинга и прогнозирования ЧС, функционирующей совместно с АИУС РСЧС;

- создание единой информационной базы Агентства с данными о предвестниках природных ЧС, их последствиях, сценариях реагирования и другой необходимой для решения этих задач информацией;

- подготовка и представление руководству МЧС России материалов для ежегодного государственного доклада о состоянии защиты населения и территорий от ЧС.

Основные задачи Агентства в научно-технической сфере:

- оперативное научно-методическое и информационное сопровождение работ по ликвидации ЧС природного характера;

- проведение работ по зонированию территории России по уровню комплексного риска возникновения природных катастроф и стихийных бедствий;
- организация, координация и проведение работ по определению реальной устойчивости зданий, сооружений и потенциально опасных объектов к воздействию природных катастроф и стихийных бедствий;
- организация и проведение работ по разработке и тиражированию программно-технических комплексов для автоматизации процессов оценки последствий ЧС для органов исполнительной власти различного уровня;
- разработка для органов исполнительной власти различного уровня обоснованных предложений и рекомендации по комплексу превентивных мероприятий по защите населения, предупреждению и снижению ущерба от ЧС природного характера, участие в их практической реализации;
- разработка, сопровождение и участие в выполнении научно-технических программ по проблемам мониторинга и прогнозирования ЧС.

Основные задачи Агентства в сфере нормативно-правовой:

- участие в развитии нормативно-правовой базы по вопросам защиты населения и территорий от ЧС природного характера;
- разработка предложений по совершенствованию страховой политики в области социальной защиты населения и территорий от воздействия природных катастроф и стихийных бедствий.

В состав Агентства на правах ассоциированных членов вошли 26 организаций различных министерств и ведомств. В соответствии с Положением об Агентстве эти организации выполняют следующие функции, связанные с решением задач информационной сферы деятельности:

- оперативное оповещение Агентства о регистрируемых природных катастрофах и стихийных бедствиях (землетрясениях, извержениях вулканов, наводнениях, пожарах и других), возможных последствиях возникших ЧС с оценкой их масштаба (трансграничные, федеральные, региональные или территориальные) и предложениях по сценариям реагирования;
- регулярное представление в Агентство сообщений с обобщенной информацией о результатах наблюдений и контроля за состоянием окружающей среды, обстановкой на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территориях, выводами о возможности возникновения ЧС, их масштабах, оценками последствий и предложениями по сценариям реагирования;
- оперативное представление в Агентство дополнительных данных, обосновывающих сделанные выводы и предложения;
- участие в создании информационно-коммуникационной системы в интересах сбора данных, необходимых для прогнозирования ЧС;
- участие в формировании информационной базы Агентства.

Так, например, Гидрометеорологический научно - исследовательский центр Российской Федерации (Гидрометеоцентр) регулярно представляет в Центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций Агентства (ЦМП) следующие данные:

- оперативные штормовые предупреждения о возможности возникновения ЧС природного характера, контролируемых Гидрометеоцентром;
- ежедневный прогноз метеорологической обстановки на сутки;
- ежедневные донесения о результатах наблюдения сетями гидрологических постов;
- расчетные характеристики степени пожарной опасности на территории России;
- ежедневные донесения о вариациях атмосферного давления и температуры в сейсмоопасных районах Дальнего Востока, Сибири и Северного Кавказа;
- долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные прогнозы опасности наводнений.

Технологии космического мониторинга в системе МЧС России

В организациях Росгидромета (НИЦ «Планета»), Роскартографии (Госцентр «Природа») и Министерства обороны (Центр военно-технической информации) ранее был накоплен опыт дешифровки тематической обработки информации для задач геологии, метеорологии, геодезии и картографии. Однако, несмотря на широкие возможности и потенциальную эффективность использования космических аппаратов дистанционного зондирования Земли для обеспечения дей-

ствий сил РСЧС, эти технологии не находили до настоящего времени широкого применения в оперативной работе МЧС России.

С целью объединения возможностей ведомств и организаций, получающих и обрабатывающих информацию от космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и имеющих опыт ее тематической обработки, а также внедрения технологий космического мониторинга в деятельность МЧС России реализуется План мероприятий по использованию средств наблюдения и контроля космического базирования для предупреждения и оперативного контроля ЧС (утвержден приказом МЧС России от 10.11.96 г. №722).

Основные результаты выполнения этого плана:

- создана территориально-распределенная система приема и обработки авиационно-космической информации (в структуре Агентства создан Центр приема и анализа авиационно-космической информации в городе Москве, приемные пункты информации с космических спутников в городах Красноярске, Владивостоке);

- регулярно обеспечиваются оперативной информацией ЦУКС и региональные центры МЧС России в паводковый и пожароопасный периоды, а также по запросам органов управления федерального и территориального уровней;

- разработаны технологии выявления ЧС по данным космических аппаратов дистанционного зондирования Земли.

В настоящее время в Агентстве МЧС России по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций создана территориально-распределенная система приема и обработки авиационно-космической информации, охватывающая весь Евроазиатский континент.

В состав системы входят наземные станции приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли с космических аппаратов (NOAA, «Обзор», «Ресурс-О», «Океан-О»), а также система связи, позволяющая передавать информацию в оперативном режиме с географической привязкой координат с помощью ГИС-технологий.

Программное обеспечение для тематической обработки информации:

- базовое программное обеспечение - лицензионные продукты Windows, ERDAS Imagine, ArcView, MapInfo;

- специальное программное обеспечение, разработанное в Центре - программы выявления очагов пожаров, зон затоплений, оценки ущерба от ЧС природного характера, анализа состояния территорий и экологических загрязнений.

В области контроля ЧС система может решать следующие задачи:

- оперативное выявление возникновения и динамики развития лесных и торфяных пожаров (координаты очагов, удаление от объектов инфраструктуры, зоны задымления атмосферы).

- оперативный контроль возникновения и динамики развития паводков и наводнений (координаты зон затопления, площади разлива, объекты инфраструктуры, попавшие в зоны затоплений).

Решаемые задачи:

- динамика схода снежного покрова (границы снеготаяния);

- ледовая обстановка (снимки с ледовыми полями);

- состояние облачного покрова (снимки облачного покрова);

- мониторинг лесов (типы леса, состояние леса, лесные гари, вырубki леса, густота лесонасаждений (на качественном уровне), предоставление данных для оценки ущерба от лесных пожаров (координаты гарей, площади гарей, тип сгоревшего леса);

- мониторинг земельных угодий (проектное покрытие растительности, тип почв, влажность почв (на качественном уровне), карты-схемы наземных покрытий);

- мониторинг сельскохозяйственных угодий (состояние всходов сельхозкультур и динамика их роста, карты-схемы использования сельскохозяйственных земель);

- мониторинг акваторий (на качественном уровне зоны загрязнения водных поверхностей, в т.ч. выносами рек);

- мониторинг воздушных бассейнов городов и крупных промышленных центров (зоны загрязнений атмосферы на качественном уровне).

С 1997 года Центром приема и анализа авиационно-космической информации ВНИИ ГОЧС проводится ежедневный мониторинг потенциально опасных территорий и объектов в Российской Федерации. На основе информации от средств дистанционного зондирования Земли в пожароопасные периоды было выявлено более 1000 очагов лесных (торфяных) пожаров, а в период паводков проводился контроль возникновения паводковой обстановки и динамики ее развития более чем в 70 районах затопления. Информация о параметрах ЧС регулярно передается в органы управления федерального и территориального уровней.

В России появились организации, которые занимаются мониторингом ЧС. Например, «СКАНЭКС» - единственная в России и СНГ компания, осуществляющая непосредственный прием данных со спутников дистанционного зондирования Земли на собственную сеть станций, обработку спутниковой информации по собственным технологиям и обеспечивающая доступ к спутниковым снимкам и продуктам на их основе посредством разработанных компанией геопортальных сервисов. «СКАНЭКС» реализует:

1. Космический мониторинг - важнейший источник информации, позволяющий оперативно реагировать на возникновение техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, объективно оценивать их масштабы и степень нанесенного ущерба, эффективно бороться с последствиями аварий и катастроф, повышать достоверность прогноза наступления кризисных ситуаций. Для России, характеризующейся огромными территориями и особыми климатическими условиями, применение результатов анализа данных дистанционного зондирования Земли является особенно актуальным.

Технология, разработанная специалистами «СКАНЭКС», позволяет осуществлять оперативный спутниковый мониторинг объектов, процессов и явлений в режиме, близком к реальному времени. Компанией на практике реализованы принципы децентрализации и прямого приёма космической информации на собственную сеть станций УниСкан™. Кроме этого в процессе мониторинга ЧС применяются оперативное нацеливание спутников на районы съёмки, параллельная потоковая обработка изображений от группы спутников, оснащенных различной аппаратурой, и сетевые геопортальные веб-технологии.

«СКАНЭКС» предоставляет комплекс услуг от приема до тематической обработки изображений Земли из космоса применительно к задачам мониторинга и оценки ущерба от ЧС. Конечный продукт позволяет оперативно оценивать масштабы катастроф и принимать обоснованные решения по сведению ущерба к минимуму.

2. Мониторинг лесопожарной обстановки. В рамках проведения мониторинга пожарной обстановки проводятся выявление тепловых аномалий, определение их параметров, оценка наиболее опасных тепловых аномалий в пределах пятикилометровой зоны от населенных пунктов и объектов инфраструктуры.

В 2010 году специалисты «СКАНЭКС» разработали публичный геосервис, который позволяет использовать новые технологии комбинированного спутникового наблюдения за пожарной обстановкой, оценивать результаты их применения, а также оперативно публиковать данные со спутников различного класса на веб-платформах и ресурсах, в том числе общедоступных.

Для детектирования очагов пожаров применяются свободно распространяемые данные спектрорадиометров MODIS (спутники Terra и Aqua) и VIIRS (спутник Suomi NPP), а также детальные оптические и радиолокационные изображения среднего и высокого разрешения для оперативной верификации горячих точек, обнаруженных датчиками низкого разрешения, и оценки параметров очага пожара и площадей гарей.

3. Мониторинг рек в период половодья и паводков. Данные, полученные со спутников, используются для предупреждения разливов и предотвращения чрезвычайных ситуаций, возникших в период половодья и паводков. Мониторинг рек включает в себя прогнозирование паводковой обстановки, выявление фактов разлива, заторов, оценку последствий затоплений по данным детального и высокого разрешений. Высокая оперативность получения данных достигается благодаря комплексному использованию группировок спутников с аппаратурой различного охвата и пространственного разрешения, работающей в оптическом и радиолокационном диапазонах. Это

позволяет получать информацию в любое время суток и при любой погоде (в том числе в условиях сплошной облачности).

4. Мониторинг техногенных ЧС и их последствий. Данный вид мониторинга позволяет выявлять крупные аварии, катастрофы и ЧС, в частности, аварийные разливы нефтепродуктов, просадки и провалы грунта в результате выработки месторождений, загрязнения при добыче и транспортировке полезных ископаемых, вести наблюдение за их динамикой, осуществлять информационную поддержку процесса принятия решений, а также оценивать экологическую обстановку и выявлять источники загрязнения.

Тема 18. Системы дистанционного контроля среды обитания

План:

1. Пассивные методы дистанционного контроля.

1.1. Основные положения пассивных методов дистанционного контроля.

1.2. Принципы построения пассивных оптико-электронных приборов дистанционного контроля окружающей среды.

2. Активные методы дистанционного контроля

2.1. Основные положения активных методов дистанционного контроля

2.2. Лазерные системы дистанционного зондирования природной среды (активные методы)

Дистанционный контроль окружающей среды представляет собой совокупность методов и средств измерения параметров физического состояния атмосферы, земной поверхности, морей и внутренних водоемов с помощью приборов, расположенных на некотором расстоянии от объекта исследования. Дистанционные исследования проводятся с различных измерительных платформ - искусственных спутников Земли (ИСЗ), летательных аппаратов, судов, а также с поверхности Земли.

Оптические системы, применяемые для контроля загрязнений природной среды, разделяют на пассивные, регистрирующие прямопрошедшее (рассеянное) солнечное или тепловое излучение исследуемого объекта, и активные, использующие искусственную подсветку.

1. Пассивные методы дистанционного контроля

1.1. Основные положения пассивных методов дистанционного контроля

Использование в качестве носителя измерительной аппаратуры ИСЗ обеспечивает осуществление глобальных наблюдений, в том числе и над труднодоступными регионами Земли. Для проведения дистанционных наблюдений применяют устройства, регистрирующие излучение системы «Земля-атмосфера» в диапазоне длин волн от 0,3 мкм до 1 м. Этот широкий участок спектра принято подразделять на ряд диапазонов:

- (0,25 - 0,4) мкм - УФ;

- (0,4- 0,7) мкм - видимый;

- (0,7 - 2,5) мкм - ближний ИК;

- (2,5 - 25) мкм - средний ИК;

- (25 - 500) мкм - дальний ИК;

- (500 мкм - 1 м) - миллиметровый и микроволновый диапазоны. Последний диапазон используют в пассивных сверхвысокочастотных (СВЧ) системах дистанционного контроля, остальные - в пассивных оптико-электронных системах.

С помощью ИСЗ можно реализовать три метода пассивного дистанционного контроля, основанные на измерениях:

1) отраженного земной поверхностью или морем и рассеянного системой «Земля-атмосфера» солнечного излучения;

2) собственного теплового излучения системы «Земля-атмосфера»;

3) прозрачности атмосферы по естественным источникам излучения (Солнца, Луны, звезд).

Возможности пассивного дистанционного контроля системы «Земля- атмосфера» во многом зависят от используемого диапазона длин волн.

Атмосфера. Физической основой спутникового мониторинга малых газовых компонент (МГК) атмосферы является наличие у них спектрально локализованных полос поглощения, имеющих различную физическую природу. В ультрафиолетовой и видимой областях спектра расположен ряд электронных полос поглощения, а в ИК-областях спектра находятся многочисленные колебательно-вращательные и вращательные полосы поглощения. Значительная зависимость показателя поглощения спектральных линий газов от давления (с уменьшением давления уменьшается ширина линий, обусловленная столкновением молекул) способствует разделению вкладов поглощения различных МГК для верхней атмосферы.

Использование длин волн оптического диапазона в системах пассивного дистанционного контроля дает возможность изучать не только газовый, но и аэрозольный состав атмосферы.

Возможность получения информации о свойствах подстилающей поверхности (морской поверхности или материковых покровов) прямо зависит от глубины проникновения электромагнитной волны в среду.

Гидросфера. Только волны видимого диапазона способны глубоко проникать внутрь водной толщи и после рассеяния на имеющихся в ней оптических неоднородностях частично выходить обратно в атмосферу, принося информацию о гидрооптическом состоянии исследуемого водного бассейна. В радиодиапазоне излучение проникает под поверхность океана фактически только на глубину «скин-слоя», составляющего малые доли длины волны.

Тепловое состояние поверхности и приповерхностного слоя моря характеризуется прежде всего температурой. В ИК-диапазоне собственное излучение моря как нагретого тела формируется в тонком приповерхностном слое воды толщиной в доли миллиметра. Поэтому восстановленная из данных ИК-измерений температура является температурой поверхности моря.

Материковый покров. Что касается материковых покровов, то в оптическом диапазоне индикатором их физического состояния являются только отражательные и излучательные свойства их поверхностей. Для изучения глубинных свойств почв, горных пород, ледяного и снежного покровов необходимо переходить в СВЧ-диапазон, где, например, для волн сантиметрового диапазона глубина проникновения составляет от долей метра до десятков метров.

Для получения конечных результатов дистанционного контроля необходимо не только провести радиационные измерения на ИСЗ, но и выполнить переход от радиационных измерений к интересующим нас физическим величинам. Такая процедура «обращения» данных измерений требует решения обратных задач атмосферной оптики. Математической основой для решения обратных задач атмосферной оптики является уравнение переноса в среде с поглощением, излучением и рассеянием.

1.2. Принципы построения пассивных оптико-электронных приборов дистанционного контроля окружающей среды

Приборы, используемые в дистанционном контроле окружающей среды, делятся на две обширные группы:

1) системы получения спектральных данных - не формируют изображения, а дают детальную спектральную информацию об объекте. Системы спектральных данных получают информацию путем спектрального сканирования;

2) системы, формирующие изображение - дают информацию о пространственной структуре объекта и некоторую спектральную информацию. При пространственном сканировании формируется изображение.

Системы, формирующие изображение, бывают двух типов:

2.1) кадровые - в кадровых системах элементы изображения, или пикселы (pixels), получают одновременно в основной единице изображения – кадре;

2.2) сканирующие - в сканирующих системах элементы изображения получают последовательно и после получения могут быть переведены в формат кадра.

Оба типа таких систем дают спектральную информацию, создавая многоспектральные элементы изображения, состоящие из набора измерений в выбранных диапазонах длин волн спектра.

Спектральные приборы дистанционного контроля

К числу часто встречающихся особенностей спектральных измерений для задачи исследования природных ресурсов с борта ЛА и вытекающих из них требований к аппаратуре для этих измерений относятся:

1) необходимость практически одновременного получения информации о спектре излучения исследуемого объекта в нескольких спектральных диапазонах с высоким спектральным разрешением;

2) измерение спектральной интенсивности излучения в средней и длинноволновой частях ИК-области спектра, где абсолютные величины сигналов очень малы;

3) жесткие эксплуатационные требования - стабильность и жесткость конструкции, уменьшение габаритов, массы и потребляемой мощности, особенности установки прибора на борту ЛА и др.

Структурная схема типового бортового автоматического спектрорадиометра приведена на рисунке 72.

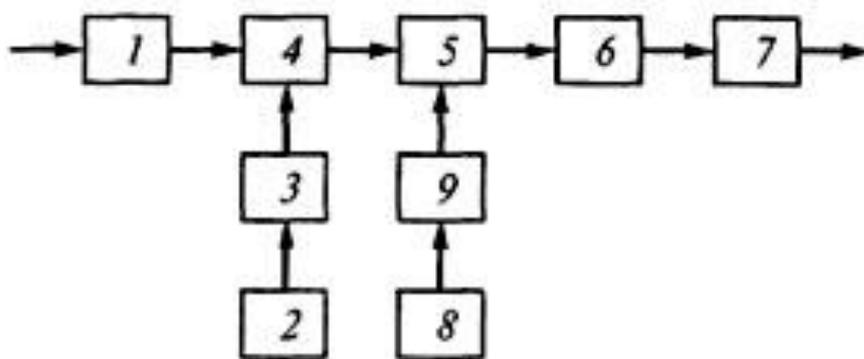


Рисунок 72 - Структурная схема бортового автоматического спектрорадиометра

Поток (например, от исследуемой земной или морской подстилающей поверхности) проходит через оптическую систему 1 измерительного канала и поступает на модулятор 4. Поток от опорного излучателя 2 проходит через оптическую систему 3 опорного канала и поступает также на модулятор 4. Выходящий из модулятора 4 промодулированный поток попадает на входную щель монохроматора 5, расположенную в фокальной плоскости оптических систем 1 и 3. Монохроматор разлагает поступающий на него поток в спектр. С помощью программного устройства 8 и привода 9 осуществляется сканирование этого спектра. Проходящее через выходную щель монохроматора излучение попадает на чувствительную площадку приемника излучения 6. Затем электрический сигнал поступает на вход электронного канала 7, где происходит его усиление, предварительная и тематическая обработка.

В настоящее время разработано большое число бортовых спектральных приборов, в которых разложение в спектр регистрируемого полихроматического потока излучения может осуществляться интерферометром, диспергирующей призмой, дифракционной решеткой или набором переключающихся узкополосных интерференционных фильтров. Рассмотрим некоторые из них.

Приборы с интерференционными фильтрами. В таких приборах в качестве основных диспергирующих элементов используются интерференционные фильтры. Интерференционный фильтр - это многослойная диэлектрическая структура, через которую проходит излучение. В результате многократных отражений и пропусков возникает явление интерференции. Только одна спектральная полоса, соответствующая определенной длине волны, интерферирует с усилением и поэтому проходит эту многослойную структуру без существенного ослабления. Схематически этот процесс изображен на рисунке 73.

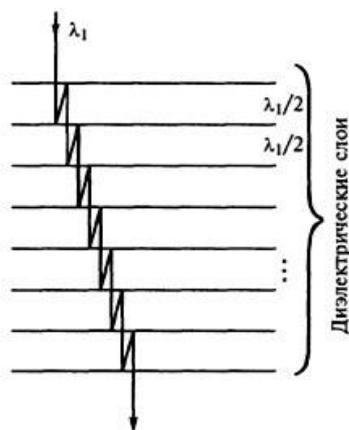


Рисунок 73 - Интерференция в многослойном диэлектрическом интерференционном фильтре



Рисунок 74 - Конический интерференционный фильтр

Длина волны, способной пройти через интерференционный фильтр, зависит от толщины диэлектрических слоев. Поэтому, чтобы сделать регулируемый диспергирующий элемент, удобно использовать конический интерференционный фильтр, как показано на рисунке 74. Вместо того чтобы применять щели, определяющие кратные длины волн, как показано на рисунке, можно поставить перед входной щелью детектора прибора такой фильтр и изменять его положение относительно щели, чтобы выделить из приходящего потока излучения спектральную компоненту.

На рисунке 75 представлена упрощенная функциональная блок-схема прибора МСУ-СК (многоканальное сканирующее устройство среднего разрешения с конической разверткой), в котором в качестве диспергирующих элементов используются интерференционные фильтры. МСУ-СК является оптико-механическим сканером среднего разрешения с конической разверткой. Излучение от подстилающей поверхности под углом 39° к вертикали собирается сферическим зеркалом 7 и направляется в одну из четырех оптических ветвей 2, расположенных на вращающемся вокруг вертикальной оси сканирующем устройстве 3. В оптической ветви поток излучения с помощью ряда оптических узлов фокусируется, затем из него выделяется поток, соответствующий одному телевизионному элементу, и направляется к оси вращения сканирующего устройства, преломляется и далее расщепляется в спектроделительной системе 4. Фотоприемник 5 преобразует поток излучения в видеосигнал, который после формирования в усилителях 6 поступает на выход прибора. Спектральная чувствительность (I – IV) каналов МСУ-СК приведена на рисунке 76.

Прибор МСУ-СК входит в состав бортовой аппаратуры космического аппарата "Ресурс-01". Приборы МСУ-Э (многоканальное сканирующее устройство высокого разрешения), МСУ-С (многоканальное сканирующее устройство среднего разрешения), МСУ-М (многоканальное сканирующее устройство малого разрешения), также использующие в качестве диспергирующих элемен-

тов интерференционные фильтры, входят в состав бортовой аппаратуры космических аппаратов «Ресурс-02», «Океан-01», «Океан-0».

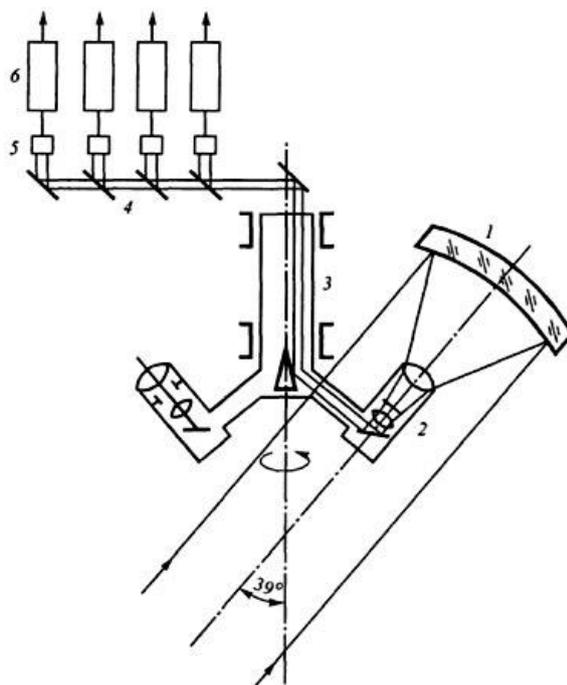


Рис. 75 - Функциональная блок-схема МСУ-СК

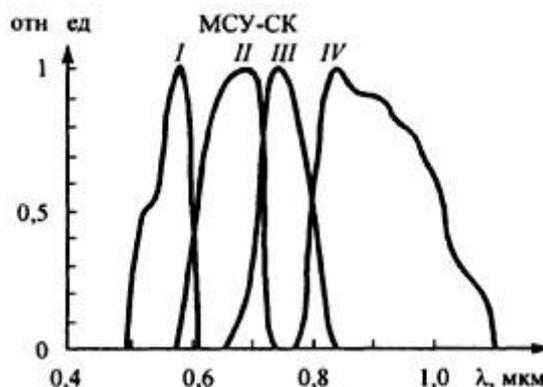


Рисунок 76 - Спектральные характеристики каналов МСУ-СК

В таблице 23 приведена краткая характеристика приборов с различными диспергирующими элементами.

Таблица 23 - Краткая характеристика приборов с различными диспергирующими элементами

Тип прибора	Диспергирующий элемент	Скорость спектрального сканирования	Спектральное разрешение	Механическая прочность	Чувствительность	Особенности
Прибор с интерферометром	Структура пластины интерферометра	Средняя	Очень высокое	Очень хрупкая	Средняя	Необходимо преобразование Фурье
Прибор с дис-	Призма, изго-	Высокая	Среднее	Средняя	Средняя	Неудобство:

Тип прибора	Диспергирующий элемент	Скорость спектрального сканирования	Спектральное разрешение	Механическая прочность	Чувствительность	Особенности
пергирующей призмой	товленная из пропускающего материала					много диспергирующих элементов
Прибор с дифракционной решеткой	Отражательная или пропускающая дифракционная решетка	Низкая	Высокое	Хрупкая	Высокая	Необходима сортировка порядков
Прибор с интерференционным фильтром	Изменяющаяся интерференция	Высокая	Низкое	Прочная	Высокая	Тоже

Тепловизионные приборы дистанционного контроля

Примером систем дистанционного контроля, формирующих изображение, являются тепловизионные системы. Тепловизионные системы предназначены для создания видимого аналога теплового изображения. В них происходит преобразование оптического изображения, полученного в ИК-области спектра, в адекватное изображение в видимой области.

Отметим особенности тепловых изображений, т. е. изображений, полученных в ИК-области спектра. Распределение контрастов в тепловом изображении (в ИК-области спектра) может существенно отличаться от соответствующего распределения в видимом изображении. Если в видимой области спектра распределение контрастов обусловлено различиями в отражательной способности природных образований, то в ИК-области это распределение обусловлено также (или главным образом) различиями в их излучательной способности. Поэтому тепловое изображение не имеет теней. Поскольку в тепловом изображении фиксируется различие в излучательных способностях, то возможно обнаружение объектов, имеющих одинаковую температуру, но различные коэффициенты излучения.

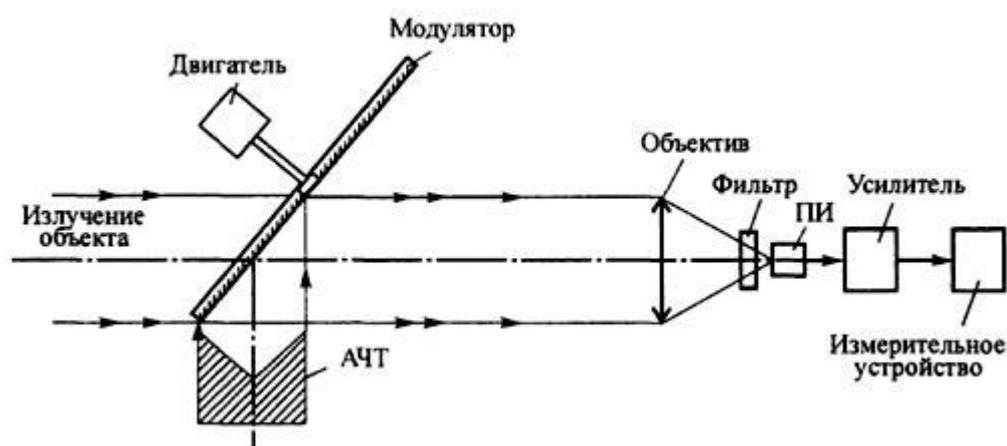


Рисунок 77 - Принципиальная схема ИК-радиометра

Принципиальная схема ИК-радиометра приведена на рисунке 77. В состав радиометра входят следующие основные элементы:

- приемник излучения (ПИ);
- эталонный источник излучения (абсолютно черное тело (АЧТ));

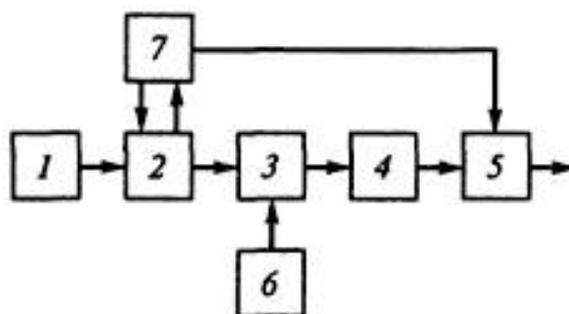
- модулятор, осуществляющий (с помощью двигателя) попеременное облучение чувствительной площадки приемника внешним или эталонным источниками;
- электронная схема (усилитель на рисунке 77), преобразующая и усиливающая электрический сигнал с выхода приемника;
- измерительное устройство.

Различают тепловизионные системы:

- 1) без сканирования, системы с фотоэлектронным сканированием;
- 2) системы с оптико-механическим сканированием.

Современные тепловизионные системы с оптико-механическим сканированием имеют частоту сканирования, соизмеримую с частотой сканирования в телевизионных системах.

Функциональная схема тепловизионной системы с оптико-механическим сканированием представлена на рисунке 78.



- 1 - оптическая система; 2 - сканирующая система; 3 - приемник излучения; 4 - предусилитель;
5 - устройство для обработки и формирования сигналов; 6 - система охлаждения приемника излучения;
7 - устройство синхронизации

Рисунок 78 - Функциональная схема тепловизионной системы

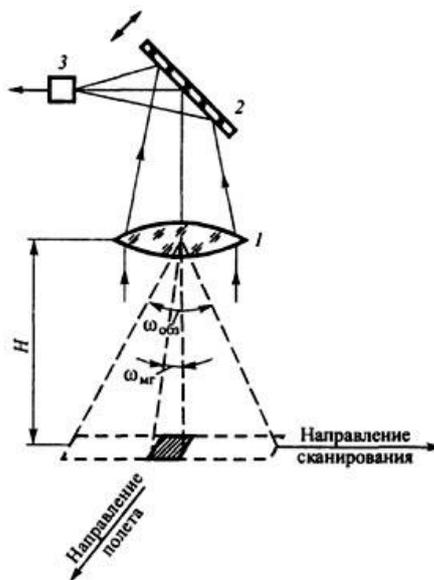


Рисунок 79 - Схема тепловизионной системы с одноэлементным сканированием:
 $\omega_{\text{обз}}$, $\omega_{\text{мг}}$ - угловое поле обзора и мгновенное угловое поле по направлению сканирования

Из тепловизионных систем наиболее известны пятиканальный радиометр AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), устанавливаемый на американских метеорологических спутни-

ках «NOAA»; датчик ATSR (Along Track Scanning Radiometer) спутников «ERS», а также многоканальный сканер с конической разверткой MSY-СК, используемый на российских спутниках «Ресурс» и «Океан-0».

В тепловизионных системах для исследования природных ресурсов с одноэлементным сканированием наиболее часто применяется построчно-прямолинейная траектория сканирования, причем для развертки вдоль траектории полета (по кадру) используется собственное движение ЛА, а развертка в перпендикулярном направлении (по строке) осуществляется с помощью оптико-механических дефлекторов. Такие системы по принципу построения аналогичны однострочным телевизионным системам. В схеме тепловизионной системы с одноэлементным сканированием, приведенной на рис. 79, в качестве дефлектора использовано плоское качающееся зеркало 2, расположенное в сходящемся пучке лучей за объективом 1.3 - приемник излучений. Примером такой тепловизионной системы является радиометр AVHRR, в котором используется линейное сканирование (рисунок 80).

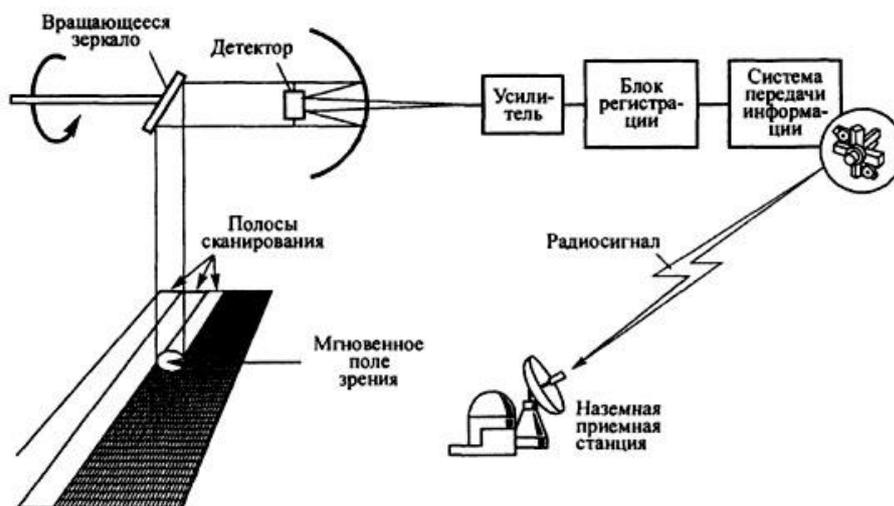


Рисунок 80 - Сканирующий ИК-радиометр AVHRR с линейной механической разверткой

Приведем основные технические характеристики датчика ATSR, который имеет наилучшие метрологические характеристики из всех упомянутых ИК-радиометров. Датчик ATSR состоит из двух приборов: ИК-радиометра (Infra-Red Radiometer - IRR) и микроволнового радиометра (Microwave Sounder - MWR).

Радиометр IRR разработан и создан консорциумом из нескольких лабораторий: Резерфордской лабораторией прикладной физики, Оксфордским университетом, Метеорологической службой Великобритании, CSIRO из Австралии. Главной целью создания IRR является прецизионное измерение глобальной температуры морской поверхности. Абсолютная точность измерения температуры составляет 0,5 К при усреднении по пространству в 50x50 км и при условии, что хотя бы 20 % наблюдаемой территории свободны от облаков. Для свободных от облачности участков относительная точность составляет 0,1 К при элементе разрешения 1x1 км.

Для достижения таких показателей IRR был сконструирован как радиометр получения изображений с четырьмя параллельными спектральными каналами, имеющими длины волн 1,6; 3,7; 10,8 и 12 мкм, формируемыми отдельными лучами и многослойными интерференционными фильтрами.

Мгновенное поле зрения прибора, при обзоре в надир, имеет размеры (1 × 1) км и формируется как изображение на детекторах после параболического зеркала. Для уменьшения собственных шумов детекторы, размещенные в фокальной плоскости, охлаждены до 80 К охладителем Стирлинга.

Область одновременного обзора перемещается по поверхности Земли через поворот плоскости зеркала таким образом, что это дает два направления обзора: надирное с углом падения 0° и

переднее с углом падения 55° . Такой угол выбран не случайно, поскольку при нем расстояние визирувания в надир и вперед по полету отличается ровно в два раза

Сканирующее зеркало отклоняется на максимальный угол $23,45^\circ$ от вертикали. Номинальная ширина полосы обзора составляет 500 км, при этом передний и надирный сканы разнесены на 900 км вдоль трассы. Подобная геометрия обеспечивает просмотр одного и того же элемента на подстилающей поверхности под двумя различными углами, что позволяет одновременно использовать и многоканальную и многоугловую методики восстановления температуры поверхности моря. Период сканирования составляет 150 мс, а каждый скан состоит из 2000 пикселей. Для калибровки каналов в течение каждого периода сканирования в IRR формируются сигналы, соответствующие температурам двух бортовых черных тел (одного холодного и одного горячего). После сжатия данных на борту пакет из 960 пикселей передается на Землю вместе со служебными данными.

Только 3 канала из 4-х могут работать одновременно (каналы 12 мкм и 10,8 мкм работают постоянно). Переключение между каналами 1,6 мкм и 3,7 мкм происходит автоматически по уровню отраженного ИК-излучения.

Основной задачей микроволнового датчика MWR является измерение влагосодержания в атмосфере (как испарений, так и в жидком виде) для использования в расчетах наиболее неизученной части задержки сигналов спутникового альтиметра. MWR имеет два канала, работающих на частотах 23,8 и 36,5 ГГц, каждый с шириной полосы 400 МГц.

В ИК-радиометре датчика ATSR-2, установленного на борту спутника ERS-2, дополнительно добавлены 3 канала видимого диапазона с длинами волн 0,555; 0,669 и 0,865 мкм. Эти каналы калибруются с использованием новой системы по рассеянному солнечному свету один раз за виток. Точность радиометрической калибровки видимых каналов составляет 2 % и отношение сигнал-шум равно 20 для 20 % альбедо.

3. *Активные методы дистанционного контроля*

2.1. *Основные положения активных методов дистанционного контроля*

Активные методы контроля стали интенсивно развиваться лишь с появлением лазеров. По типу активной среды лазеры, используемые для зондирования природной среды, делятся на несколько классов:

- 1) твердотельные;
- 2) газовые;
- 3) жидкостные;
- 4) полупроводниковые.

Газовые оптические квантовые генераторы (ОКГ) по сравнению с остальными лазерами обладают рядом преимуществ, основными из которых являются:

- возможность длительной работы при комнатной температуре без специальных охлаждающих устройств;
- высокая степень монохроматичности (например, спектральная ширина излучения гелий-неонового ОКГ может достигать до единиц герц);
- высокая стабильность и воспроизводимость частоты, а также высокая степень пространственной и временной когерентности;
- малый угол расходимости луча (около одной угловой минуты);
- малая чувствительность к изменениям температуры окружающей среды, что особенно важно в случае неконтролируемых изменений температуры в пределах $3...5^\circ\text{C}$;
- широкий диапазон рабочих частот, от ультрафиолетовой области до далекой инфракрасной области.

Лазерные источники, обладающие:

- 1) малой расходимостью излучения;
- 2) большой импульсной мощностью;
- 3) высокой степенью монохроматичности обеспечили методам аэрозольного (гидрозольного) рассеяния и резонансного поглощения широкие возможности.

Импульсное отраженное атмосферой (морем) лазерное излучение несет информацию о распределении концентрации аэрозольного (гидрозольного) загрязнителя по всей трассе зондирования. При этом пространственное разрешение, определяемое длительностью зондирующего импульса, составляет единицы метров. Измерение газовых загрязнителей может проводиться в приземном слое атмосферы на трассе с отражением от естественных топографических поверхностей или аэрозольных образований.

Методы аэрозольного рассеяния и резонансного поглощения находят широкое применение в лазерных системах контроля загрязнений приземного слоя атмосферы аэрозолями и газами промышленного происхождения.

В океанологии лазерный метод обратного гидрозольного рассеяния лежит в основе лазерной диагностики замутненности прибрежных вод и контроля биологической активности морской среды по индексу цвета.

Метод лазерной батиметрии (измерения глубины моря) используют для контроля состояния рельефа дна шельфа, который постоянно изменяется под действием волн, течений, выносов рек, сброса земляных пород при строительстве портовых сооружений и т.п. По характеристикам лазерного сигнала, отраженного от взволнованной морской поверхности, судят о наличии нефтяной пленки на поверхности моря. Из лазерных альтиметрических измерений уровня океана определяют границы и скорость течений, являющихся главными распространителями загрязнений в океане.

2.2. Лазерные системы дистанционного зондирования природной среды (активные методы)

Лидары - лазерные локаторы, используемые для зондирования атмосферы, толщи моря, морской и земной поверхности. Все они имеют много общего в своих структурных схемах. Основные блоки лидара следующие:

- лазер-передатчик;
- передающая оптическая система;
- приемная оптическая система;
- спектроанализатор и фотоприемное устройство;
- блок обработки сигнала;
- блок управления;
- поворотное устройство;
- система отображения полученной информации.

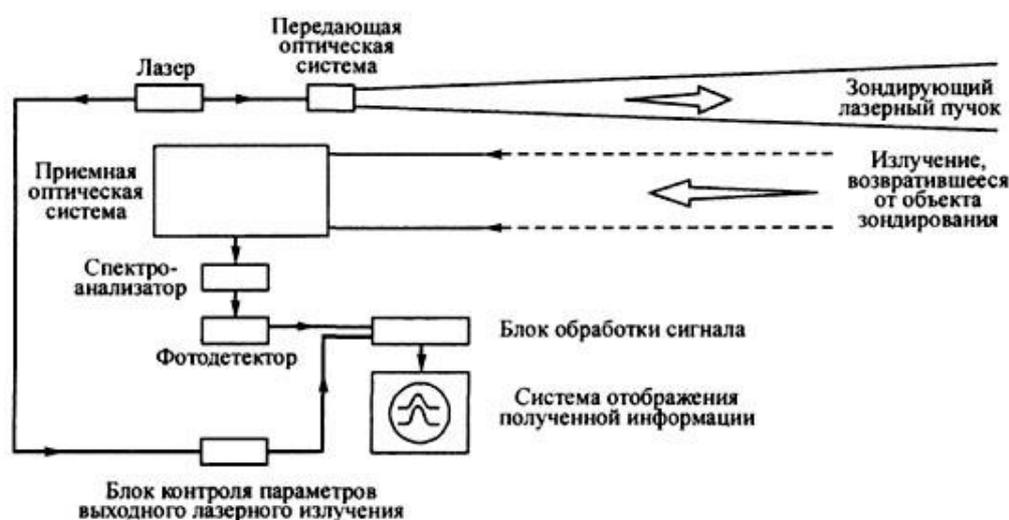


Рисунок 81 - Структурная схема лидара

На рисунке 81 показана структурная схема лидара (кроме поворотного устройства, на котором обычно при наземном варианте устанавливают передатчик и приемник, и блока управления,

синхронизирующего работу остальных блоков и управляющего их параметрами). В зависимости от конкретных задач изменяют конструкцию лидара, отдельные узлы и блоки - особенно лазерный источник и приемник.

Например, при дистанционном зондировании атмосферы молекулы газов и аэрозоли вызывают ослабление проходящего через нее лазерного излучения. Часть зондирующего лазерного излучения рассеивается в обратном направлении (в сторону приемника лидара) на аэрозольных частицах, либо отражается от топографических объектов (деревья, дома, холмы и т.п.) или от специально установленных экранов и отражателей. Это излучение с помощью приемной оптики (пропускающей или отражательной) собирается и направляется на фотодетектор, который преобразует его в электрический сигнал, пропорциональный интенсивности принятого оптического излучения. Значение принятого сигнала определяется свойством атмосферы рассеивать излучение в обратном направлении, отражающими характеристиками топографических объектов или отражателей, ослаблением излучения на трассе зондирования «лидар - объект зондирования – лидар». Поэтому электрический сигнал, снимаемый с фотодетектора, содержит информацию о присутствии в атмосфере газов и аэрозолей, их концентрации и расстоянии до объектов зондирования. Однако чтобы извлечь эту информацию, необходимы специальные методы измерения и алгоритмы обработки, так как величина регистрируемого лидаром сигнала зависит от длины волны лазерного излучения, числа, размера, формы и оптических свойств аэрозольных частиц и молекул газов, находящихся на трассе зондирования.

Тема 19. Обработка информации, полученной при мониторинге среды обитания

Обработка информации смотри дисциплину «Метрология, стандартизация и сертификация», так же лабораторные работы по дисциплине «Мониторинг среды обитания».

Тема 20. Прогнозирование последствий загрязнения среды обитания

План:

1. Способы прогнозирования.
2. Принципы моделирования.
3. Виды моделирования.

1. Способы прогнозирования

Экологическое прогнозирование - предсказание возможного поведения природных систем, определяемого естественными процессами и воздействием на них человеческой деятельности.

В основе экологического прогнозирования лежат три источника информации о будущем:

- 1) оценка будущего состояния прогнозируемого явления или системы на основе опыта, аналогии с известными явлениями и процессами;
- 2) условное продолжение в будущее тенденций, закономерностей, которые выявлены в прошлом и хорошо известны в настоящем;
- 3) модель будущего состояния явления или системы, которая построена на основе вскрытых закономерностей и имеющихся данных.

Указанные три источника информации определяют и три способа прогнозирования:

- 1) экспертные оценки;
- 2) экстраполирование и интерполирование;
- 3) моделирование.

Экспертный (интуитивный) способ предсказания (метод Дельфи) основан на логическом моделировании, проводимом группой экспертов независимо друг от друга, затем сближающих свои позиции на основе специальной математической обработки результатов их прогнозов.

Методом Дельфи еще в 1978 г. был составлен прогноз изменения климата до 2000 г. Аналогично строит свои прогнозы знаменитый «Римский клуб». Н. Ф. Реймерс подсчитал, что экологические прогнозы, выполненные по этому способу, оправдались в 72% случаев на срок до 5 лет, в 55% - на срок (6 – 10) лет.

Методы экстраполяции дают возможность оценить будущее состояние экосистемы по результатам наблюдений ее прошлых и настоящих состояний, при этом используются вероятностные законы изменения ее характеристик. Очевидно, что близкие по времени значения можно предсказать с большей точностью, нежели удаленные, и поэтому с увеличением времени прогноза возможность ошибки будет расти.

Относительная простота метода способствовала его большому распространению в науке (малая численность редкого животного сейчас предполагает такую же и в дальнейшем).

Так называемое прогнозирование по математическому ожиданию состоит в том, что в качестве предсказанного значения применяется математическое ожидание процесса. Определенное различие с предыдущим случаем заключается в том, что, хотя не требуется информации и предыстории явления, нужны некоторые сведения о свойствах процесса. Ошибка прогноза представляет собой отклонение процесса от среднего в определенный момент времени. При относительно малых временах прогноза первый

способ явно предпочтительнее (из-за своей простоты), однако при значительных временах второй способ дает большую точность, так как его ошибка примерно в 2 раза меньше. В экологии такой прогноз весьма часто применяется при необходимости выявления судьбы того или иного вида животного или растения, когда известны данные учета численности и тот или иной фактор, который влияет на численность (например, засуха, ведущая к снижению численности влаголюбивых форм растений).

Прогноз можно делать, не углубляясь в исследование законов причинности исследуемых явлений, а производя операции только с их внешними проявлениями. Естественно, при этом существует принципиальный предел точности предсказания.

Для повышения точности предсказаний необходимо объединение математических методов и глубокого познания процессов, протекающих в природе. К таким методам экологического прогнозирования относят метод экологических аналогий. При выборе аналога для сравнения обязательно соблюдение принципа изоморфизма, т. е. наличия у сравниваемых объектов равного числа слагающих их компонент, однотипного их строения и взаимодействия. Изоморфизм призван обеспечить главное — равенство или сходство в ответных реакциях объекта и его аналога на равновеликие или близкие внешние воздействия. Чем больше

разница в длительности функционирования промышленного предприятия, взятого в качестве аналога, и прогнозируемого нами объекта, тем выше ценность аналога для повышения дальности действия прогноза.

В прогнозе по аналогии центральным следует считать вопрос о том, действительно ли осуществятся все те изменения у нашего проектируемого объекта, которые ранее отмечены у аналога? Вероятностный характер всех без исключения прогнозов дает основания утверждать, что динамика, развитие данного объекта не будет точной копией уже реализованной динамики, его полным аналогом, поскольку неизбежны различия в эволюционировании аналога и объекта, прошлое не может точно повториться в будущем.

Кроме того, в настоящее время появляются такие воздействия на среду, которые аналогий не имели.

Схема организации прогнозирования природных процессов приведена на рисунке 82. Крайняя трудность в сборе и последующей систематизации полной информации о той или иной природной системе, особенно о степени воздействия на последнюю крупных хозяйственных объектов, вызывает необходимость исследовать процессы и явления на специально созданных искусственных объектах — моделях. Последние в той или иной мере должны отражать определенные свойства реальных систем или происходящие в них процессы. Метод исследования сложных объектов, явлений и процессов путем их упрощенного имитирования (натурного, математического, логического) называется *моделированием*. По сравнению с оригиналом модель упрощена, но их свойства сходны, в противном случае результаты могут оказаться недостоверными, не свойственными оригиналу.



Рисунок 82 - Общая схема организации прогнозирования природных процессов

В зависимости от задач исследования и особенностей оригинала применяются разнообразные модели. На них исследуются процессы, происходящие при различных режимах тех или иных заранее запрограммированных воздействий. Например, при проектировании масштабных мероприятий, связанных с преобразованием природы, в лабораториях строятся уменьшенные модели устройств и сооружений.

Модели идеальные (знаковые) - мысленные, например график или формула и т. д.

Графические модели - это зависимости между различными процессами, представляемые в системе прямоугольных координат. В ряде случаев графические модели могут быть представлены в форме табличных моделей и наоборот.

В экологии наибольшее распространение получили *концептуальные и математические модели* и их многочисленные разновидности (научный текст, схема системы и т. п.). Концептуальные модели обычно представляют собой принципиальные блок-схемы воздействия тех или иных подсистем и процессов в пределах более широких систем. Примерами концептуальной модели могут служить схема биогеоценоза, круговороты веществ и др.

2. Принципы моделирования

В основу математического моделирования при экологическом прогнозировании положен ряд научных принципов. *Основным научным подходом* является системный. Методологический смысл системного подхода заключается в рассмотрении объектов как систем. При этом главной задачей исследования является не выяснение причинно-следственных зависимостей, а управление процессом функционирования системы и оптимизация выходных характеристик с целью достижения результативного функционирования системы.

Комплексный подход включает технические, организационные, экономические аспекты при выборе системы, рассматривая ее в долгосрочной перспективе, предполагает постоянное развитие, трансформацию и модернизацию согласно новым требованиям, комплексное изучение накопленных знаний в соответствующей области.

Синергетический подход учитывает эффекты взаимодействия различных подсистем и частных моделей, их взаимное влияние и синергетический эффект, обусловленный качественным улучшением процессов проектирования систем мониторинга и анализом соответствующих экологических рисков.

Интегрированный подход дает возможность найти новые преимущества для организаций, обусловленные созданием и внедрением системы моделирования и соответствующих программных комплексов, а также совершенствованием общей системы применения моделей и их соответствием существующим принципам и стандартам.

Структурный подход позволяет структурировать отдельные задачи и процессы проектирования и технологии и соответствующие им функционально организационные формы.

Нормативный подход заключается в установлении нормативов по всем формам подготовки документации и ее соответствия экологическим и нормативным стандартам, стандартам качества и требованиям комплексности, эффективности, обоснованности.

Функциональный подход заключается в том, что данные, необходимые для оценки эффективности функционирования системы моделирования и ее информационной поддержки на стадии разработки, рассматриваются как совокупность функций, которые должны быть реализованы.

Основным базовым принципом моделирования является *принцип научной обоснованности*. Он является основополагающим при создании комплексной системы моделей для процессов прогнозирования в экологическом мониторинге. Его применение означает, что все применяемые в этом случае методы и подходы должны быть научно обоснованы.

Принцип целостности и полноты означает, что одним из свойств комплексной системы моделей является ее целостность. Она должна интенсивно и качественно выполнять необходимые действия в целях осуществления поставленных задач. Использование данного принципа предполагает установление границ элементов и связей во всем комплексе моделей, алгоритмов и программных средств.

Принцип устойчивости означает, что комплексная система моделей для систем информационной поддержки прогнозирования и ее компоненты должны адекватно реагировать на воздействия внутренней и внешней среды и быть устойчивыми к таким воздействиям.

Принцип адаптации рассматривается в качестве возможности своевременного трансформирования системы моделей и ее компонентов. Учитывается принятие соответствующих управленческих и технических решений, обусловленных изменяющимися условиями внешней среды, появлением новых способов моделирования, построения и функционирования систем мониторинга.

Принцип сбалансированности означает, что вся комплексная система моделей системы информационной поддержки процессов экологического мониторинга и прогнозирования, ее элементы, связи и методы управления должны соответствовать целям и задачам, для решения которых она создается.

Принцип расширяемости обеспечивает перспективную возможность наращивания системы без существенного изменения базовых принципов ее функционирования, что снижает общие затраты на всем периоде жизненного цикла.

Принцип эффективности требует, чтобы предприятие стремилось к получению максимальных результатов от использования системы моделирования при минимальных затратах и допустимом уровне риска в конкретном временном интервале.

Принцип реализуемости предполагает обеспечение реализуемости построения системы и комплекса программных средств с помощью известных и апробированных методов.

Принципы гибкости и открытости обеспечивают требования гибкости реакций системы на изменения во внешней и внутренней среде и возможности ее наращивания на базе открытых архитектур и стандартов.

Компьютерное моделирование помогает совершенствованию системы сбора исходных сведений. В частности, если модель содержит нереалистические предположения, то картина на выходе ЭВМ позволяет понять, как следует упорядочить эксперименты и наблюдения для получения более качественной информации. Модели, направленные на составление глобальных экологических прогнозов, теоретически должны отвечать тем же требованиям, что и любая математическая модель. Это прежде всего *адекватность (соответствие)* исследуемому объекту или явлению. Также для практики важно, чтобы модель позволяла обобщать доступные наблюдения и на этой основе предвидеть возможное развитие событий — как эволюционное (плавное, непрерывное), так и революционное (скачкообразное, катастрофическое) с достаточно высокой степенью точности. Естественно, каждая модель имеет свою определенную точность и область применения.

3. Виды моделирования

Виды моделирования классифицируются в зависимости от характера изучаемых процессов и используемых алгоритмов и ограничений. Обычно математические модели делят на детерминированные и стохастические, статические и динамические, дискретные, непрерывные и дискретно-непрерывные. Детерминированные модели отображают строго детерминированные процессы, т. е. процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий. Стохастические отображают вероятностные процессы и события. Статическое моделирование служит для описания поведения объекта в какой-либо определенный момент времени, а динамическое отражает поведение объекта во времени. Дискретные модели описывают соответствующие дискретные процессы, то же самое относится к непрерывным моделям. В тех случаях, когда определяется наличие как дискретных, так и непрерывных процессов, используются дискретно-непрерывные модели.

Математическое моделирование в прогнозировании можно разделить на аналитическое, имитационное и комбинированное.

При *аналитическом* моделировании процессы функционирования системы и/или ее элементов записываются в виде некоторых функциональных соотношений (алгебраических, интегродифференциальных, конечно-разностных и т. п.) или логических условий. Аналитическая модель в зависимости от своей сложности может быть исследована различными методами:

- аналитическим, когда стремятся получить в общем виде явные функциональные зависимости для искомых характеристик;
- численным, когда решение уравнений в общем виде не существует, стремятся получить числовые результаты в определенной области при конкретных начальных данных и граничных условиях;
- качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения, важные с практической точки зрения.

При усложнении систем исследование их аналитическим методом наталкивается на значительные трудности, которые часто бывают непреодолимыми. Поэтому, желая использовать аналитический метод, идут на существенное упрощение первоначальной модели, чтобы иметь возможность изучить хотя бы общие свойства системы. Такое исследование на упрощенной модели аналитическим методом помогает получить ориентировочные результаты для составления предварительных прогнозов.

Численный метод позволяет исследовать по сравнению с аналитическим более широкий класс систем, но при этом полученные решения носят частный характер. Этот метод предполагает широкое использование ЭВМ.

В отдельных случаях прогнозирования могут удовлетворить и те выводы, которые можно сделать при использовании качественного метода анализа математической модели. Такие качественные методы могут использоваться, например, для определения пороговых значений факторов или предсказания условий устойчивости систем.

При *имитационном моделировании* реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы во времени, причем имитируются составляющие процесс элементарные явления с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени. При этом плюсом является то, что временем в модели можно управлять: замедлять в случае с быстропротекающими процессами и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. Можно имитировать поведение

тех объектов, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны, что особенно важно для экологических систем. Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать самые различные факторы, в том числе дискретные и непрерывные элементы, нелинейные характеристики, многочисленные случайные воздействия и др., которые часто создают трудности при аналитических исследованиях.

Комбинированное (аналитико-имитационное) моделирование при прогнозировании позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования. При построении комбинированных моделей проводится предварительная декомпозиция общего исследуемого про-

цесса на составляющие подпроцессы и для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели. Такой комбинированный подход позволяет охватить качественно новые классы экологических систем, которые не могут быть исследованы с использованием только аналитического и имитационного моделирования в отдельности.

Любая типовая методика прогнозирования включает следующие необходимые элементы:

- выполнение предпрогнозной ориентации (определение предмета, целей, задач и периода упреждения);
- создание предпрогнозного фона (сбор и анализ данных в интервале ретроспекции);
- формирование исходной базовой модели и конструирование поисковой модели, ее верификация, а при необходимости - уточнение (корректировка), подготовка, обоснование и принятие необходимых решений;
- проведение расчетов, вычислительных экспериментов для построения конкретных прогнозов.

Следует помнить, что прогнозирование - всего лишь средство для принятия рациональных управленческих решений (в том числе на уровне мирового сообщества). Значит, рациональность управления является функцией адекватности модели и качества информации.

2. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий по дисциплине

Перечень лабораторных работ и документов, обязательных для изучения приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Перечень лабораторных работ и документов, обязательных для изучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Документы, в которых изложены порядок и требования к проведению измерения параметров окружающей среды	Документы на средства измерения, применяемые в лабораторной работе
1	Мониторинг химического загрязнения среды обитания	Измерение концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны линейно-колористическим методом	1. ГОСТ 12.1.014-84 «Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками». 2. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». 3. МУ 2.2.5.2810-10 «Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики» 4. ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».	1. Весы аналитические «НТ». Руководство по эксплуатации. 2. МЕТЕОМЕТРЫ «МЭС - 202». Руководство по эксплуатации ЯВ-ША.416311.003 РЭ.
		Измерение концентрации АПФД гравиметрическим методом	1. МУК 4.1.2468-09 «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности». 2. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». 3. ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».	1. Весы аналитические «НТ». Руководство по эксплуатации. 2. МЕТЕОМЕТР «МЭС - 202». Руководство по эксплуатации ЯВ-ША.416311.003 РЭ. 3. Насос-пробоотборник НПЗМ. Руководство по эксплуатации КРМФ.418311.002.
		Автоматические газоанализаторы: ГИАМ-315	ГАЗОАНАЛИЗАТОР «ГИАМ-315». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.413311.025 РЭ	ГАЗОАНАЛИЗАТОР «ГИАМ-315». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.413311.025 РЭ
		Автоматические пылемеры: измерители «ИКВЧ(п)»	ИЗМЕРИТЕЛИ «ИКВЧ(п)». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.416143.001-01 РЭ	ИЗМЕРИТЕЛИ «ИКВЧ(п)». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.416143.001-01 РЭ
2	Мониторинг энергетических загрязнений	Измерение производственного шума	ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах»	АНАЛИЗАТОР ШУМА И ВИБРАЦИИ «АССИСТЕНТ». Руководство по эксплуатации БВЕК.438150-005РЭ
		Измерение локальной вибрации	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001)«Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Об-	АНАЛИЗАТОР ШУМА И ВИБРАЦИИ «АССИСТЕНТ». Руководство по эксплуатации БВЕК.438150-005РЭ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Документы, в которых изложены порядок и требования к проведению измерения параметров окружающей среды	Документы на средства измерения, применяемые в лабораторной работе
			«Общие требования» и ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах»	
		Измерение общей вибрации	ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) «Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах» и Межгосударственный стандарт ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования»	АНАЛИЗАТОР ШУМА И ВИБРАЦИИ «АССИСТЕНТ». Руководство по эксплуатации БВЕК.438150-005РЭ
		Измерение параметров ЭМП на рабочем месте оператора ПЭВМ	СанПиН 2.2.4.3359-2016 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»	1. Измеритель параметров электрического и магнитного полей «ВЕ - МЕТР-АТ-002». Руководство по эксплуатации МГФК 411173.004РЭ. 2. Измеритель напряженности электростатического поля «СТ-01». Руководство по эксплуатации МГФК 410000.001 РЭ. 3. ИЗМЕРИТЕЛЬ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ «ПЗ-33М» Руководство по эксплуатации БВЕК.321216.004 РЭ. 4. Индикатор состояния электророзеток «ИСЭР-01». Руководство по эксплуатации.
		Измерение мощности гамма-излучения	МУ 2.6.1.2838-11. 2.6.1 «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности. Методические указания»	ДОЗИМЕТР-РАДИОМЕТР «ДРБП-03». Паспорт (Техническое описание, инструкция по эксплуатации, формуляр) ГКПС 14.00.00.000 ПС

Для допуска к лабораторной работе студент должен выполнить тестовый контроль и получить оценку не ниже удовлетворительно.

Подготовку к лабораторной работе рекомендуется выполнять по следующему плану:

1. Характеристика измеряемого параметра фактора окружающей среды;
2. Средства измерения, используемые при выполнении лабораторной работы (условия эксплуатации, метрологические характеристики, принцип действия);
3. Порядок и требования к выполнению измерений параметра фактора окружающей среды;
4. Теория по обработки результатов измерений;
5. Нормирование параметра фактора окружающей среды.

Лабораторная работа выполняется малыми группами по (2-4) студента.

Отчет пишется один на подгруппу.

К защите лабораторной работы студент допускается при выполнении лабораторной работы и подготовки отчета к ней. Каждый студент индивидуально защищает отчет по лабораторной работе (например, тестирование) и проходит собеседование.

В содержании отчета обязательно должны быть отражены следующие пункты:

1. Цель лабораторной работы;
2. Описание средств измерений, используемых в лабораторной работе (условия эксплуатации, метрологические характеристики, принцип действия);
3. Методика проведения измерений;
4. Результаты измерений;
5. Обработка результатов измерений;
6. Гигиенические нормативы для измеряемого фактора окружающей среды;
7. Выводы;
8. К отчету прилагается протокол результатов измерений.

Для контроля усвоения теоретического материала каждому студенту необходимо выполнить два творческих задания по одному в каждом семестре.

Задание № 1 (Весенний семестр (6-ой))

1. Подобрать из литературы или интернета газоанализатор (обязательно должен быть в реестре средств измерений (СИ) РФ (<http://www.rostest.ru>) – информацию можно представить в виде таблицы 1) для измерения концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны или атмосферном воздухе (название вещества см. свой вариант в таблице 2).

2. Привести фото газоанализатора.
3. Метрологические характеристики газоанализатора.
4. Эксплуатационные характеристики газоанализатора.
5. Пояснить принцип действия газоанализатора.

Примечание: Механическое копирование информации из интернета запрещено. Информацию переработать и отредактировать.

Таблица 1 – Информация о средстве измерения

Номер в Госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель	Срок свидетельства или заводской номер

Таблица 2 - Исходные данные для задания

Номер варианта	Ф.И.О. студента	Наименование газа	Среда контроля
1		Углерод оксид	Воздух рабочей зоны
2		Оксид азота	Воздух рабочей зоны
3		Диоксид азота	Воздух рабочей зоны
4		Углеводороды нефти C1-C10 в пересчете на углерод	Воздух рабочей зоны
5		Сероводород	Воздух рабочей зоны
6		Аммиак	Воздух рабочей зоны
7		Углерод оксид	Атмосферный воздух
8		Оксид азота	Атмосферный воздух
9		Диоксид азота	Атмосферный воздух
10		Углеводороды нефти C1-C10 в пересчете на углерод	Атмосферный воздух
11		Сероводород	Атмосферный воздух
12		Аммиак	Атмосферный воздух
13		Скипидар	Воздух рабочей зоны
14		Стирол	Воздух рабочей зоны
15		Керосин	Воздух рабочей зоны
16		Дизельное топливо	Воздух рабочей зоны

Номер варианта	Ф.И.О. студента	Наименование газа	Среда контроля
17		Формальдегид	Воздух рабочей зоны
18		Дизельное топливо	Воздух рабочей зоны
19		Эпихлоргидрин	Воздух рабочей зоны

Задание № 2 (Осенний семестр (7-ой))

1. Подобрать из литературы или интернета средство измерения (обязательно должен быть в реестре средств измерений РФ (<http://www.rostest.ru>) – информацию можно представить в виде таблицы 3) для измерения параметра фактора (название фактора см. свой вариант в таблице 4).

2. Привести фото средства измерения.
3. Метрологические характеристики средства измерения.
4. Эксплуатационные характеристики средства измерения.
5. Пояснить принцип действия средства измерения.

Примечание: Механическое копирование информации из интернета запрещено. Информацию переработать и отредактировать.

Таблица 3 – Информация о средстве измерения

Номер в Госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель	Срок свидетельства или заводской номер

Таблица 4 - Исходные данные для задания

Номер варианта	Ф.И.О. студента	Наименование фактора
1		Инфразвук
2		Воздушный ультразвук
3		Шум
4		Электромагнитное поле промышленной частоты
5		Электромагнитное поле в диапазоне частот 30 МГц – 300 ГГц
6		Электростатическое поле
7		Магнитостатическое поле
8		Электромагнитное поле в диапазоне частот 10 кГц – 30 кГц
9		Электромагнитные поля на рабочем месте пользователя ПЭВМ
10		Нейтронное излучение
11		γ - излучение
12		Изотопы радона и торона
13		Инфракрасное излучение
14		ТНС-индекс
15		Освещенность
16		Параметры микроклимата
17		Коэффициент естественной освещенности
18		Лазерное излучение
19		Ультрафиолетовое излучение

Лабораторные работы по дисциплине «Мониторинг среды обитания»

Весенний семестр

Работа № 1. Измерение концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны линейно-колористическим методом.

Цель работы:

1. Изучить порядок проведения измерений концентраций вредных веществ индикаторными трубками;

2. Ознакомиться со средствами измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками;
3. Провести измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками;
4. Обработать результаты измерений, оформить протокол и сделать выводы по результатам измерений;
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Работа № 2. Измерение концентрации АПФД гравиметрическим методом.

Цель работы:

1. Изучить порядок проведения измерений концентрации АПФД гравиметрическим методом;
2. Ознакомиться со средствами измерения концентрации АПФД гравиметрическим методом;
3. Провести измерения концентрации АПФД гравиметрическим методом;
4. Обработать результаты измерений, оформить протокол и сделать выводы по результатам измерений;
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Работа № 3. Автоматические газоанализаторы: ГИАМ-315.

Цель работы:

1. Изучить назначение, эксплуатационные и метрологические характеристики автоматического газоанализатора «ГИАМ-315»;
2. Ознакомиться с принципом действия, который положен в основе автоматического газоанализатора «ГИАМ-315»;
3. Ознакомиться с устройством автоматического газоанализатора «ГИАМ-315»;
4. Подготовить к работе «ГИАМ-315» и выполнить измерения.

Работа № 4. Автоматические пылемеры: измерители «ИКВЧ (п)».

Цель работы:

1. Изучить назначение, эксплуатационные и метрологические характеристики автоматического пылемера «ИКВЧ (п)».
2. Ознакомиться с принципом действия, который положен в основе автоматического пылемера «ИКВЧ (п)».
3. Ознакомиться с устройством автоматического пылемера «ИКВЧ (п)».
4. Подготовить к работе «ИКВЧ (п)» и выполнить измерения.

Осенний семестр

Работа № 1. Измерение производственного шума.

Цель работы:

1. Изучить порядок проведения измерений параметров производственного шума;
2. Ознакомиться со средствами измерения производственного шума;
3. Провести измерения параметров производственного шума;
4. Обработать результаты измерений, оформить протокол и сделать выводы по результатам измерений;
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Работа № 2. Измерение локальной вибрации.

Цель работы:

1. Изучить порядок проведения измерений параметров локальной вибрации;
2. Ознакомиться со средствами измерения параметров локальной вибрации;
3. Провести измерения параметров локальной вибрации;

4. Обработать результаты измерений, оформить протокол и сделать выводы по результатам измерений;
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Работа № 3. Измерение общей вибрации.

Цель работы:

1. Изучить порядок проведения измерений параметров общей вибрации;
2. Ознакомиться со средствами измерения параметров общей вибрации;
3. Провести измерения параметров общей вибрации;
4. Обработать результаты измерений, оформить протокол и сделать выводы по результатам измерений;
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Работа № 4. Измерение параметров ЭМП на рабочем месте оператора ПЭВМ.

Цель работы:

1. Изучить порядок проведения измерений параметров ЭМП на рабочем месте оператора ПЭВМ;
2. Ознакомиться со средствами измерения параметров ЭМП на рабочем месте оператора ПЭВМ;
3. Провести измерения параметров ЭМП на рабочем месте оператора ПЭВМ;
4. Обработать результаты измерений, оформить протокол и сделать выводы по результатам измерений;
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Работа № 5. Измерение мощности гамма-излучения.

Цель работы:

1. Изучить порядок проведения измерений МЭД гамма-излучения;
2. Ознакомиться со средствами измерения МЭД гамма-излучения;
3. Провести измерения МЭД гамма-излучения в учебной лаборатории;
4. Обработать результаты измерений, оформить протокол и сделать выводы по результатам измерений;
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

3. Методические рекомендации для выполнения самостоятельной работы

1. Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

2. Методические рекомендации при подготовке к лабораторным работам

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются лабораторные занятия. Целью проведения лабораторных работ является закрепление полученного на лекциях и практических занятиях теоретико-методического материала.

Задачей преподавателя при проведении лабораторных работ является грамотное и доступное разъяснение принципов и правил проведения работ, побуждение студентов к самостоятельной работе, определения места изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной работе будущего специалиста.

Цель лабораторной работы – научить студентов самостоятельно производить необходимые действия для достижения желаемого результата.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студенту необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, соответствующим данной теме.

Выполнение лабораторной работы целесообразно разделить на несколько этапов:

- формулировка и обоснование цели работы;
- определение теоретического аппарата, применительно к данной теме;
- выполнение заданий;
- анализ результата;
- выводы.

Индивидуальные задания для лабораторных работ представлены конкретно-практическими и творческими задачами.

Начиная подготовку к лабораторному занятию, студент должен уяснить место конкретной лабораторной работы в изучаемом курсе, поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок выполнения лабораторной работы и требования к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

Методика проведения лабораторных работ предусматривает их выполнение в микро группах с написанием отчета и его защитой.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить отчеты по лабораторным работам.

Оформление отчета по лабораторным работам выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Измерительные приборы, используемые в лабораторной работе, привести в отчете в соответствии с таблицей 1. Титульный лист к отчету лабораторной работы приведен на рисунке 1.

Таблица 1 - Измерительные приборы, применяемые в лабораторной работе

Контролируемый параметр	Единица измерения	Наименование средства измерения	Тип (модель) средства измерения	Заводской номер	Погрешность средства измерения*

* - информация из паспорта (руководства по эксплуатации) на средство измерения.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 (ФГБОУВО «АмГУ»)

Факультет:
 Кафедра:
 Направление подготовки бакалавров:
 Направленность (профиль) образовательной программы:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № _____

на тему: _____

по дисциплине: _____

Выполнил
 студент группы _____ (подпись, дата) И.О.Ф.

Проверил
 должность, ученая степень _____ (подпись, дата) И.О.Ф.

Благовещенск 20 _____

Рисунок 1 – Титульный лист отчета по лабораторной работе

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине или доступ к электронным библиотечным ресурсам, которые необходимы для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф, какие новые понятия введены, каков их смысл, что даст это на практике?

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.