

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Сыктывкарский лесной институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский  
государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН**

**Кафедра общей и прикладной экологии**

**Е. Н. Патова, Е. Г. Кузнецова**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

**Учебное пособие**

*Утверждено учебно-методическим советом Сыктывкарского лесного института  
в качестве учебного пособия для студентов направлений бакалавриата  
280200 «Защита окружающей среды», 280700 «Техносферная безопасность»,  
241000 «Энерго- и биотехнологии», специальностей 250201 «Лесное хозяйство»,  
280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование  
природных ресурсов» всех форм обучения*

Электронный аналог печатного издания

**СЫКТЫВКАР  
СЛИ  
2013**

УДК 574  
ББК 28.080  
П20

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Сыктывкарского лесного института

**Ответственный редактор:**  
**О. А. Конык**, кандидат химических наук, доцент

**Рецензент:**  
**А. Л. Федорков**, доктор биологических наук  
(Институт биологии Коми НЦ УрО РАН)

**Патова, Е. Н.**  
П20 Экологический мониторинг : учебное пособие / Е. Н. Патова, Е. Г. Кузнецова ;  
Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – 52 с.  
ISBN 978-5-9239-0537-3

В издании проанализированы особенности мониторинга в связи с пространственными масштабами и дифференциацией сред, характеризуется система экологического мониторинга в России, приведены методы отбора проб природных объектов и их подготовки к анализам при проведении экологического мониторинга, рассмотрены основные средства мониторинга воздушной, водной сред, почв и биологических объектов. В пособии даны вопросы к контрольным работам, темы рефератов, приведен список рекомендуемой литературы.

Предназначено для студентов для студентов направлений бакалавриата 280200 «Защита окружающей среды», 280700 «Техносферная безопасность», 241000 «Энерго- и биотехнологии», специальностей 250201 «Лесное хозяйство», 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» всех форм обучения.

УДК 574  
ББК 28.080

ISBN 978-5-9239-0537-3

© Патова Е. Н., Кузнецова Е. Г., 2013  
© СЛИ, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....	5
<i>Контрольные вопросы</i> .....	6
ГЛАВА 2. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....	7
<i>Контрольные вопросы</i> .....	8
ГЛАВА 3. ВИДЫ МОНИТОРИНГА И ПУТИ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ .....	9
2.1. Глобальная система мониторинга окружающей среды .....	10
2.2. Национальный (государственный) мониторинг в Российской Федерации .....	13
2.3. Региональный мониторинг (на примере организации экологического мониторинга в Республике Коми) .....	15
2.4. Локальный мониторинг .....	15
2.5. Социально-гигиенический мониторинг .....	17
<i>Контрольные вопросы</i> .....	18
ГЛАВА 4. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	19
4.1. Нормирование воздействия .....	19
4.2. Классы опасности веществ .....	20
4.3. Нормирование качества воздуха .....	20
4.4. Нормирование качества воды .....	22
4.5. Нормирование качества почвы .....	24
4.6. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в продуктах питания .....	25
4.7. Нормирование в области радиационной безопасности .....	26
<i>Контрольные вопросы</i> .....	27
ГЛАВА 5. МОНИТОРИНГ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА. ПРОБООТБОР И ПРОБОПОДГОТОВКА) .....	28
5.1. Атмосферный воздух .....	28
5.2. Поверхностные воды суши .....	30
5.3. Почвы .....	33
<i>Контрольные вопросы</i> .....	36
ГЛАВА 6. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	37
6.1. Дистанционные методы .....	37
6.2. Химические и физико-химические методы .....	39
<i>Контрольные вопросы</i> .....	41
ГЛАВА 7. БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ .....	42
<i>Контрольные вопросы</i> .....	44
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ .....	45
Темы контрольной работы (с примерным планом) .....	45
Примерный перечень вопросов к экзамену .....	48
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	50

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия огромными темпами увеличиваются масштабы воздействия человеческой деятельности на биосферу, что приводит к росту экологических проблем. Сохранение природы и улучшение качества окружающей среды являются приоритетными направлениями деятельности государства и общества. Охрана окружающей природной среды может быть эффективной только при наличии своевременной информации о состоянии ее отдельных компонентов и всей биосферы в целом. Эту задачу решает мониторинг.

Данное пособие предназначено для использования в качестве учебного материала по дисциплине «Экологический мониторинг». Для полноценного усвоения учебного материала по данному курсу студентам необходимо иметь прочные знания по экологии, химии, физике, биологии, почвоведению и др.

Использование данного пособия в учебном процессе позволит сформировать у студентов теоретические и практические знания, дающие необходимую основу для правильной оценки масштабов и прогноза последствий воздействия человеческой деятельности на окружающую среду, своевременного выявления тенденций ее изменения, планирования и осуществления необходимых природоохранительных мероприятий.

В системе экологического образования данный курс является одним из базовых и тесно связан с дисциплинами «Экология», «Химия и окружающая среда», «Охрана окружающей среды», «Природопользование», «ОВОС» и др.

## ГЛАВА 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, определяет Федеральный Закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7. Он регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду, в пределах Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне РФ. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» является базовым законом, на основании которого строится все природоохранное законодательство Российской Федерации. В ст. 63 рассмотрен вопрос об организации государственного мониторинга окружающей среды.

Определение, цель, задачи и процедура проведения государственного экологического мониторинга сформулированы в «Положении об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)», утвержденном Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177.

**Стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.** В соответствии с российским законодательством *стандартизация* – это установление норм, правил и характеристик в целях обеспечения (с точки зрения экологического нормирования): 1) безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни и здоровья человека и их качества; 2) единства измерений, в том числе и экологических параметров; 3) экономии всех видов ресурсов; 4) безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других видов чрезвычайных ситуаций. Нормы, правила и характеристики, установленные в результате стандартизации, представлены следующими стандартами: ГОСТы; СНИПы (строительные нормы и правила, выпускаемые Госстроем РФ); СанПиНы (санитарные правила и нормы, разрабатываемые Минздравом России), стандарты качества окружающей среды (ПДК, ПДВ, ПДС и т. п.), отраслевые стандарты, стандарты предприятий (ОСТы и пр.) и т. д.

Стандарты входят в систему права и занимают свое место в иерархии правовых актов. ГОСТ выполняет служебную функцию по отношению к законодательству. Он не регулирует экологические отношения, а устанавливает определенные критерии качества, которым должен соответствовать тот или иной объект. В то же время ГОСТы, СНИПы и СанПиНы носят обязательный характер, а также неоднократны в применении. Государственные стандарты гарантируются мерами государственного принуждения. Стандарты бывают экологическими, производственно-хозяйственными и терминологическими. Они являются важным элементом в системе управления качеством (в данном случае – качеством среды обитания человека).

В российском классификаторе **ГОСТов** природоохранным стандартам выделен раздел **17 «Охрана природы»**, который состоит из десяти (0–9) комплексов (в номенклатуре стандартов – **второе** после 17-и число):

- 0 – организационно-методический;
- 1 – охрана и рациональное использование вод;
- 2 – защита атмосферы;
- 3 – охрана и рациональное использование биологических ресурсов;
- 4 – охрана и рациональное использование почв;
- 5 – улучшение использования земель;
- 6 – охрана флоры;
- 7 – охрана фауны;
- 8 – охрана и преобразование ландшафтов;
- 9 – охрана и рациональное использование недр.

Внутри комплексов выделяются группы (в номенклатуре стандартов – **третье** число):

- 0 – основные положения;
- 1 – термины, определения, классификации;
- 2 – показатели качества природной среды, параметры загрязнения и показатели интенсивности использования ресурсов;
- 3 – правила охраны природы и рационального природопользования;
- 4 – методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственного воздействия;
- 5 – требования к средствам контроля и измерениям окружающей среды;
- 6 – требования к устройству аппаратуры и сооружений по защите окружающей среды от загрязнения;
- 7 – прочие стандарты.

**Четвертое** число в номенклатуре обозначает **номер стандарта** в данной группе комплекса. **Последнее** число – **год его разработки**.

Другой важной группой стандартов, имеющих прямое отношение к экологическому нормированию, является система стандартов безопасности труда, относящихся к разделу **12 ГОСТ**.

Для установления норм и правил природопользования могут разрабатываться другие виды нормативных документов. В частности, статус нормативных правовых актов имеют документы, устанавливающие правовые нормы общеобязательного характера. В области экологического нормирования это могут быть инструкции, правила, положения, в обязательном порядке имеющие общегосударственную регистрацию в Минюсте России. Любое другое оформление экологических норм и правил не дает им нормативно-правового статуса, и они не являются обязательными для исполнения.

### **Контрольные вопросы**

1. Какой закон определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды в РФ?
2. В каком документе сформулированы определение, цель, задачи и процедура проведения государственного экологического мониторинга в РФ?
3. Что такое стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов?
4. Какими стандартами представлены нормы, правила и характеристики, установленные в результате стандартизации?

## ГЛАВА 2. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Метод наблюдения (мониторинг) издавна применяется в практической и научной деятельности человека. Это способ познания, основанный на относительно длительном целенаправленном и планомерном слежении за предметами и явлениями окружающей действительности. Одними из самых первых наблюдений за природной средой можно считать проведенные еще в первом веке нашей эры исследования, описанные в «Естественной истории» Гая Секунда Плиния. В тридцати семи томах содержатся сведения по астрономии, физике, географии, зоологии, ботанике, сельскому хозяйству, медицине и истории. Они служили наиболее полной энциклопедией знаний до эпохи средневековья. В России родоначальником мониторинговых наблюдений можно считать М. В. Ломоносова, занимавшегося изучением различных природных явлений.

Термин *мониторинг* возник только в XX веке, он использовался в науке для определения системы повторных целенаправленных наблюдений за элементами окружающей природной среды в пространстве и времени. В последние десятилетия общество все шире использует в своей деятельности сведения о состоянии природной среды. Эта информация необходима в повседневной жизни людей, в хозяйственной деятельности, при строительстве крупных промышленных объектов и жилых районов, при чрезвычайных обстоятельствах – для оповещения о надвигающихся опасных явлениях природы.

В конце 60-х годов XX века многие страны осознали, что необходима координация усилий по сбору, хранению и переработке данных о состоянии окружающей среды. В 1972 г. в Стокгольме прошла конференция по охране окружающей среды под эгидой ООН, где впервые возникла необходимость договориться об определении понятия «мониторинг». Решено было под мониторингом окружающей среды понимать комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. В 1974 г. в Найроби (Кения) была образована межправительственная комиссия по системе глобального мониторинга, разработана первая схема организации мониторинга антропогенного загрязнения. Тогда же был уточнен список наиболее опасных загрязнителей для их учета при организации мониторинга. Загрязнители оценивались по различным критериям, в том числе по воздействию на здоровье человека; влиянию на климат или экосистемы; склонности к разрушению природной среды; способности накапливаться в пищевых цепях; возможности химической трансформации во вторичные токсические вещества и другим.

В России основы экологического мониторинга были разработаны Ю. А. Израэлем. Согласно его определению мониторинг – это совокупность наблюдений за определенными компонентами биосферы, специальным образом организованными в пространстве и во времени, а также адекватного комплекса методов экологического прогнозирования.

В современной трактовке под *экологическим мониторингом* понимается комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Экологический мониторинг представляет собой область человеческой деятельности междисциплинарного характера. Науч-

ные обоснования включают подходы и методы экологии, химии, биологии, географии, почвоведения, геологии и других наук.

**Научными и организационными основами мониторинга** являются:

- регулярность наблюдений за состоянием окружающей природной среды, ее загрязнением;
- единство и сопоставимость методов наблюдений, методов отбора, обработки, хранения и распространения полученной информации;
- взаимодействие с внутригосударственными и международными системами мониторинга окружающей природной среды;
- обеспечение достоверности информации о состоянии окружающей природной среды и доступности для пользователей.

В процессе мониторинга необходимо накапливать, систематизировать и анализировать информацию:

- о состоянии окружающей среды;
- причинах наблюдаемых и вероятных изменений состояния, т. е. об источниках и факторах воздействия);
- допустимости изменений и нагрузок на среду в целом;
- существующих резервах биосферы.

Экологический мониторинг проводится с целью своевременного выявления негативных изменений в состоянии окружающей среды. Основные задачи мониторинга:

- наблюдения за состоянием окружающей среды;
- выявление факторов и источников антропогенного воздействия;
- определение степени антропогенного воздействия на окружающую среду;
- оценка и прогноз ее состояния;
- разработка рекомендаций по управлению качеством окружающей среды.

В конечном итоге целью мониторинга является оптимизация отношений человека с природой, экологическая ориентация хозяйственной деятельности. Рациональное природопользование возможно при наличии и правильном использовании информации, полученной при проведении экологического мониторинга.

Следует отметить, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником информации, необходимой для принятия экологически значимых решений государственными и контролирующими органами. За функцию регулирования качеством среды отвечает экологический контроль – деятельность государственных органов, предприятий и граждан по соблюдению экологических норм и правил. Различают государственный, производственный и общественный экологический контроль. Законодательные основы экологического контроля также регулируются Законом РФ «Об охране окружающей среды».

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение экологического мониторинга, назовите цели и задачи.
2. На каких международных конференциях были заложены основы экологического мониторинга?
3. Почему курс «экологический мониторинг» считается междисциплинарным?
4. Назовите научные и организационные принципы проведения экологического мониторинга.



### ГЛАВА 3. ВИДЫ МОНИТОРИНГА И ПУТИ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

В основу классификации мониторинга положены различные подходы: на основе характера решаемых задач, по уровням организации, по типам природных сред, за которыми ведутся наблюдения и т. д. В зависимости от критериев можно выделить различные виды мониторинга:

- по территориальному охвату – глобальный, региональный, локальный;
- по видам природных сред – мониторинг атмосферного воздуха, водной среды и почв;
- по объектам или факторам – мониторинг геофизический, климатический, биологический, радиационный, медико-экологический;
- по степени загрязнения окружающей среды – фоновый мониторинг, мониторинг разных видов загрязнения и источников загрязнения.

Академик Н. П. Герасимов (1981) подразделяет систему наземного мониторинга окружающей среды на блоки:

- биоэкологический (санитарно-гигиенический);
- геосистемный (природно-хозяйственный);
- биосферный (глобальный).

Таким образом, экологический мониторинг охватывает самые различные природные среды, факторы воздействия и аспекты хозяйственной деятельности, что определяет широкий спектр методов и приемов исследований, используемых при его осуществлении.

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях (по территориальному охвату), которым соответствуют специально разработанные программы:

- локальном (синоним – импактный) (изучение сильных воздействий в локальном масштабе – **И**);
- региональном (изучение совместного воздействия различных факторов на ОС в пределах региона – **Р**);
- глобальном (фоновом) (наблюдения в основном организованы на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность – **Ф**).

Система мониторинга носит комплексный характер, т. к. компоненты окружающей природной среды невозможно рассматривать в отрыве друг от друга.

Программы наблюдений формируются по принципу выбора приоритетных (подлежащих первоочередному определению) загрязняющих веществ и интегральных (отражающих группу явлений, процессов или веществ) характеристик. Классы приоритетности загрязняющих веществ, установленные экспертным путем и принятые в глобальной системе мониторинга окружающей среды (ГСМОС), приведены в табл. 1.

Определение приоритетов при организации систем мониторинга зависит от цели и задач конкретных программ: так, в территориальном масштабе приоритет государственных систем мониторинга отдан городам, источникам питьевой воды и местам нерестилищ рыб; в отношении сред наблюдений первоочередного внимания заслуживают атмосферный воздух, вода пресных водоемов, почвы. Приоритетность веществ определяется с учетом критериев, отражающих токсические свойства загрязняющих веществ, объемы их поступления в окружающую

щую среду, особенности их трансформации, частоту и величину воздействия на человека и биоту, возможность организации измерений и другие факторы.

**Таблица 1.** Классификация загрязняющих веществ по классам приоритетности, принятая в системе ГСМОС (глобального мониторинга)

Класс	Загрязняющее вещество	Среда	Уровень мониторинга*
1	Диоксид серы, взвешенные частицы	Воздух	И, Р, Ф
	Радионуклиды	Пища	И, Р
2	Озон	Воздух	И (тропосфера), Ф (стратосфера)
	Хлорорганические соединения и диоксины	Биота, человек	И, Р
	Кадмий	Пища, вода, человек	И
3	Нитраты, нитриты	Вода, пища	И
	Оксиды азота	Воздух	И
4	Ртуть	Пища, вода	И, Р
	Свинец	Воздух, пища	И
	Диоксид углерода	Воздух	Ф
5	Оксид углерода	Воздух	И
	Углеводороды нефти	Морская вода	Р, Ф
6	Фториды	Пресная вода	И
7	Асбест	Воздух	И
	Мышьяк	Питьевая вода	И
8	Микробиологические загрязнения	Пища	И, Р
	Реакционноспособные загрязнения	Воздух	И

\* Уровень мониторинга: И – импактный (локальный), Р – региональный, Ф – фоновый (глобальный).

## 2.1. Глобальная система мониторинга окружающей среды

Цель глобального мониторинга – изучение Земли. Задачи мониторинга определяются в ходе международного сотрудничества в рамках различных международных организаций, соглашений, конвенций и договоров. Одна из основных задач – определение допустимого воздействия на Землю, в частности на биосферу Земли. Сегодня сеть наблюдений за источниками воздействия и за состоянием биосферы охватывает уже весь земной шар. *Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС)* была создана совместными усилиями мирового сообщества, координирует его проведение Всемирная Метеорологическая организация (ВМО). Основные положения и цели программы были сформулированы в 1974 году на Первом межправительственном совещании по мониторингу в г. Найроби (Кения). Первоочередной задачей ГСМОС была признана организация мониторинга загрязнения окружающей природной среды и вызывающих его факторов воздействия. В системе ГСМОС предусмотрено проведение наблюдений за природными изменениями в окружающей среде, связанными с изменением климата, погоды, температуры, растительного по-

крова и т.д. Такие изменения происходят очень медленно за большой отрезок времени. Первостепенное значение имеет также изучение антропогенных изменений, которые развиваются гораздо быстрее, последствия их широкомасштабны и весьма опасны, так как они могут стать необратимыми. В России основными направлениями глобального мониторинга являются:

1. Изучение небольших, но проявляющихся повсеместно, глобальных изменений климата вследствие загрязнения, например, связанных с увеличением выбросов парниковых газов (диоксида углерода и метана).

2. Изучение эффектов, связанных с распространением загрязняющих веществ на большие расстояния, например, закисление среды, под влиянием выбросов в атмосферу оксидов серы и азота.

3. Изучение антропогенных воздействий, обладающих большой инерционностью эффектов, например кумулятивный эффект хлорорганических соединений, радиационные загрязнения.

Россией подписаны ряд документов, заявлений и договоров, касающихся международного сотрудничества по организации глобального мониторинга («Заявление о реализации специальной экологической инициативы», «Заявление о совместном осуществлении мер, связанных с сокращением выбросов газов, вызывающих парниковый эффект», «Киотский протокол» и др.).

Для выявления изменений под влиянием антропогенного фактора необходима информация о первоначальном состоянии компонентов окружающей среды. Поэтому важной составной частью глобального мониторинга является *фоновый мониторинг* или мониторинг фонового загрязнения окружающей природной среды. В настоящее время создана мировая сеть станций фонового мониторинга в рамках Всемирной Метеорологической организации (ВМО), на которых осуществляется слежение за определенными параметрами состояния окружающей природной среды. Наблюдения охватывают все типы экосистем: водные (морские и пресноводные) и наземные (арктические, лесные, степные, пустынные, горные). Наблюдения проводятся под эгидой ООН и координируются ЮНЕСКО.

На фоновых станциях исследуются и уточняются: критерии создания сети наблюдений, перечни контролируемых веществ, методики контроля и обработки данных измерений, способы обмена информацией и приборами, методы международного сотрудничества.

**Контроль фонового загрязнения атмосферы.** Всемирной метеорологической организацией (ВМО) в 60-е годы XX века была создана мировая сеть станций мониторинга фонового загрязнения атмосферы (БАПМоН). Ее цель состояла в получении информации о фоновых уровнях концентрации атмосферных составляющих и долгопериодных изменениях, по которым можно судить об антропогенном влиянии на состояние атмосферы. Организация такой службы позволяла накопить материал для оценки возможных изменений климата, перемещения и выпадения загрязняющих веществ, оценить атмосферную часть биологических циклов.

В 1989 г. произошло слияние Глобальной системы наблюдений за озоном и БАПМоН, и сейчас эта сеть называется глобальной службой атмосферы (ГСА). ГСА включает в себя станции, которые управляются национальными метеослужбами и научными организациями около 80 стран.

Основными задачами ГСА являются:

- проведение систематических комплексных наблюдений за химическим составом и отдельными физическими характеристиками атмосферы в глобальном и региональном масштабах;
- представление данных для прогноза состояния атмосферы;
- анализ и оценка состояния атмосферы для международных конвенций.

Наблюдения проводят около 300 станций ГСА. Приоритетными являются измерения вертикального распределения озона, общего содержания озона, парниковых газов, аэрозолей, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, химического состава осадков, радиации. Наблюдения по программе фоновый мониторинг сопровождаются комплексом обязательных метеорологических наблюдений.

Фоновые станции подразделяются на три категории: базовые, континентальные, региональные.

Базовые станции следует располагать в наиболее чистых местах, в горах, на изолированных островах, где в 100 км от станции по всем направлениям в ближайшие 50 лет не предвидится значительных изменений в практике землепользования. Основной задачей базовых станций является контроль глобального фонового уровня загрязнения атмосферы, на которую не оказывают влияние никакие локальные источники.

Региональные станции должны находиться в сельской местности, не менее чем в 40–60 км от крупных источников загрязнения. Главная цель заключается в обнаружении в районе станции долгопериодных колебаний концентраций атмосферных составляющих, обусловленных изменениями в региональном масштабе.

Континентальные станции (или региональные станции с расширенной программой) охватывают более широкий спектр исследований по сравнению с региональными станциями. Они должны размещаться в отдаленных районах, чтобы в радиусе 100 км не было источников, которые (за исключением коротких периодов времени) могли бы повлиять на локальные уровни загрязнения.

**Станции комплексного фонового мониторинга.** На этих станциях проводится комплексное изучение содержания загрязняющих веществ (в атмосферном воздухе, атмосферных осадках, водных объектах, почвах, биологических объектах). Местоположение станций по своим ландшафтным и климатическим условиям должно быть репрезентативным для данного региона. При наличии крупных локальных источников загрязнения (городов с населением более 500 тыс. жителей) расстояние до населенного пункта от станции должно составлять более 100 км. Комплексная станция включает станцию наблюдений и химическую лабораторию. На полигоне располагаются пробоотборные посты и в ряде случаев наблюдательные скважины. Выполняется отбор проб воздуха, осадков, воды, почв, растительности, а также проводятся метеонаблюдения. Опорная (базовая) площадка полигона имеет размер 50 × 50 м, сетчатое ограждение и дорожное покрытие, обеспечена освещением. Химическая лаборатория располагается на расстоянии примерно 500 м от опорной площадки. Здесь проводятся первичный химический анализ образцов.

В атмосферном воздухе подлежат измерению среднесуточные концентрации взвешенных веществ, озона, оксидов углерода и азота, диоксида серы, суль-

фатов, бенза[а]пирена, хлорорганических соединений, тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, мышьяка), а также показатели аэрозольной мутности атмосферы. В атмосферных осадках определяют рН, содержание тяжелых металлов, бенз[а]пирена, хлорорганических соединений, анионов и катионов по программе ВМО. В поверхностных и подземных водах контролируется содержание свинца, ртути, кадмия, мышьяка, бенз[а]пирена, хлорорганических соединений, биогенных элементов. В почвах и биотических компонентах определяют содержание бенза[а]пирена, хлорорганических соединений, биогенных элементов.

Параллельно проводятся метеонаблюдения, которые включают наблюдения за температурой и влажностью воздуха, скоростью и направлением ветра, атмосферным давлением, облачностью, солнечным сиянием, атмосферными явлениями (туман, метели, грозы и др.), атмосферными осадками, снежным покровом, температурой почвы, состоянием поверхности почвы, радиацией и радиационным и тепловым балансом. Полученные данные используются для расчета параметров, характеризующих степень загрязнения природной среды, и интерпретации их динамики.

На территории России станции комплексного фоновый мониторинга расположены в биосферных заповедниках и являются частью глобальных международных наблюдательных сетей. Система комплексного фоновый мониторинга в России включает станции комплексного фоновый мониторинга и региональные аналитические лаборатории. Региональные аналитические лаборатории фоновый мониторинга обеспечивают анализ проб, передачу данных в научно-методический центр, инспекционный контроль работы станций комплексного фоновый мониторинга, внедрение новых методов, разрабатываемых научно-методическим центром.

## **2.2. Национальный (государственный) мониторинг в Российской Федерации**

Особый уровень в системе мониторинга занимает национальная система наблюдений (государственный экологический мониторинг), так как на государственном уровне чаще всего принимаются и реализуются решения об охране окружающей среды.

Согласно «Положению об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды» (постановление Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177) под *государственным мониторингом окружающей среды* понимается комплексная система наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Экологический мониторинг на территории РФ включает в себя мониторинг атмосферного воздуха, водных объектов, земель, лесов, объектов животного мира, уникальной экологической системы озера Байкал, состояния недр, континентального шельфа Российской Федерации, исключительной экономической зоны Российской Федерации, внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации. Организацию и осу-

ществление экологического мониторинга обеспечивают в пределах своей компетенции специально уполномоченные федеральные органы исполнительной власти – Министерство природных ресурсов Российской Федерации, Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральная служба земельного кадастра России, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству и другие органы исполнительной власти.

Министерство природных ресурсов Российской Федерации и другие федеральные органы исполнительной власти:

1) формируют государственную систему наблюдения за состоянием окружающей среды;

2) взаимодействуют с органами государственной власти субъектов РФ по вопросам организации и осуществления экологического мониторинга, формирования и обеспечения функционирования территориальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды;

3) осуществляют сбор, хранение, аналитическую обработку и формирование государственных информационных ресурсов о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов.

Министерство природных ресурсов Российской Федерации координирует деятельность федеральных органов исполнительной власти по организации и осуществлению экологического мониторинга; согласовывает методические и нормативно-технические документы федеральных органов исполнительной власти по вопросам организации и осуществления экологического мониторинга; обеспечивает с участием заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации совместимость информационных систем и баз данных о состоянии окружающей среды, а также создаёт условия для формирования и защиты государственных информационных ресурсов в этой сфере.

Экологический мониторинг осуществляется в целях:

– наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе за состоянием окружающей среды в районах расположения источников антропогенного воздействия и воздействием этих источников на окружающую среду;

– оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов;

– обеспечения потребностей государства, юридических и физических лиц в достоверной информации о состоянии окружающей среды и ее изменениях, необходимой для предотвращения и (или) уменьшения неблагоприятных последствий таких изменений.

Информация, полученная при осуществлении экологического мониторинга, используется при разработке прогнозов социально-экономического развития РФ, субъектов РФ, муниципальных образований и принятии соответствующих решений; разработке федеральных программ в области экологического развития РФ, целевых программ в области охраны окружающей среды субъектов РФ, инвестиционных программ, а также мероприятий по охране окружающей среды; осуществлению контроля в области охраны окружающей среды (экологиче-

ского контроля) и проведении экологической экспертизы; прогнозировании чрезвычайных ситуаций и проведении мероприятий по их предупреждению; подготовке данных для ежегодного государственного доклада о состоянии и охране окружающей среды.

### **2.3. Региональный мониторинг (на примере организации экологического мониторинга в Республике Коми)**

Задачи и принципы организации регионального мониторинга соответствуют задачам государственного мониторинга, только на региональном уровне. В Республике Коми объектами экологического мониторинга являются атмосферный воздух, поверхностные воды, недра, земли, растительный мир, в том числе леса, животный мир. Государственные структуры, отвечающие за проведение регионального мониторинга на территории Республики Коми: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми (Минприроды Республики Коми), ГУ «Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Коми» (ГУ «Коми ЦГМС»), Управление Росприроднадзора по РК, Управление Роспотребнадзора по РК, ФГУ «Станция агрохимической службы «Сыктывкарская», другие государственные организации, а также ведомственные лаборатории на крупных предприятиях. Более подробная информация о системе организации экологического мониторинга на территории РК приводится в ежегодно издающемся Государственном докладе «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми».

### **2.4. Локальный мониторинг**

К *локальному мониторингу* (ЛМ) относятся наблюдения за состоянием ОС различных зон города, промышленных и сельскохозяйственных районов и отдельных предприятий. Объекты ЛМ: источники загрязнения, компоненты окружающей среды, атмосферный воздух, поверхностные, сточные, почвенно-грунтовые, подземные воды, почвенный и растительный покров в зонах влияния источников загрязнения объектов хозяйствования. Перечень объектов – пунктов наблюдения ЛМ утверждается органами Минприроды. Организация ЛМ предполагает:

- установление хозяйственных объектов, оказывающих наибольшее влияние на состояние окружающей среды, и придание им статуса пунктов наблюдений ЛМ;
- проведение систематических (регулярных) наблюдений за выбросами, сбросами, отходами производства и потребления предприятий и других источников антропогенного воздействия на ОС;
- создание и ведение банка данных о состоянии объектов ОС;
- обеспечение сопоставимости и согласованности информации с данными, получаемыми при ведении других видов мониторинга, в том числе мониторинга по чрезвычайным ситуациям.

На действующих предприятиях система ЛМ создается и функционирует на основе имеющейся приборно-аналитической базы.

**Общие принципы организации ЛМ окружающей среды на предприятиях.** Система ЛМ создается и эксплуатируется природопользователем или юридическим лицом, им уполномоченным, и финансируемым за счет собственных средств, средств республиканского бюджета, местных бюджетов и целевых бюджетных фондов и охраны природы. Для выполнения работ по ЛМ на предприятии организуется специализированная служба, подчиненная одному из заместителей руководителя предприятия. Определяется численность и кадровый состав подразделений, осуществляющих ведение ЛМ на предприятиях в зависимости от объема и сложности работ. Концентрации загрязняющих веществ в выбросах (сбросах) определяются автоматизированными системами, инструментальными (автоматическими и полуавтоматическими), инструментально-лабораторными методами. На завершающем этапе создания системы ЛМ по возможности должен быть обеспечен непрерывный автоматический контроль за основными (приоритетными) загрязняющими веществами на источниках, оказывающих наиболее неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Природопользователь обязан обеспечить сохранность стационарных систем контроля, доступ и безопасность работ на точках пробоотбора в любое время суток, возможность размещения пробоотборных устройств и измерительной аппаратуры, емкостей для хранения и транспортировки проб. Для строящихся и проектируемых объектов в проектно-сметной документации в обязательном порядке должно быть предусмотрено создание системы ЛМ. Перечень предприятий (организаций), на которых должны быть созданы системы ЛМ и сроки введения их в эксплуатацию, определяются органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

**Последовательность работ по организации ЛМ окружающей среды на предприятиях.** Созданию системы локального мониторинга на предприятиях должны предшествовать:

- проведение инвентаризации предприятий как источников загрязнения (выбросов и сбросов загрязняющих веществ) окружающей среды;
- предварительный вывод о степени готовности предприятий к созданию и ведению ЛМ;
- составление списка предприятий по очередности ввода системы ЛМ;
- определение состава контролируемых показателей (загрязняющих веществ);
- определение периодичности наблюдений и передачи информации, массивов информации, сроков представления информации, ответственных лиц и т. д.

Выполняются предварительные работы по созданию территориальных информационно-аналитических центров ЛМ; унифицируется приборно-аналитическая база ведения работ; проводится обучение, переподготовка персонала на повышение его квалификации; разработка инструкции о порядке организации ЛМ на предприятии.

Содержание инструкции о порядке организации локального мониторинга:

- 1) перечень структурных подразделений и должностных лиц, ответственных за материально-техническое, организационное и информационное обеспе-



чение комплекса работ по ведению ЛМ (независимо от наличия или отсутствия собственной аналитической лаборатории), должностных лиц, ответственных за ведение отчетной документации;

2) представление государственной статотчетности, а также оперативной и периодической информации об изменениях режимов выбросов (сбросов), о случаях превышения нормативов ПДВ (ВСВ), ПДС (ВСС), аварийных или иных непредвиденных ситуациях;

3) порядок предоставления регулярной и оперативной информации структурным подразделениям и руководству предприятия;

4) права, обязанности и ответственность должностных лиц за внедрение автоматизированных систем непрерывного контроля.

Ведение ЛМ является важным для оценки качества окружающей природной среды. Организованная система сбора данных и передачи информации об объемах поступления загрязняющих веществ в окружающую среду от объектов ЛМ позволит принять обоснованные управленческие решения по снижению негативного воздействия выбросов, сбросов предприятий на компоненты природной среды и здоровье человека.

## **2.5. Социально-гигиенический мониторинг**

Согласно Постановлению Правительства РФ от 2 февраля 2006 г. № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга», *социально-гигиенический мониторинг (СГМ)* представляет собой государственную систему наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, определение причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием на него факторов среды обитания человека для принятия мер по устранению вредного воздействия на население факторов среды обитания человека.

Задачи СГМ:

– гигиеническая оценка (диагностика) факторов среды обитания человека и состояния здоровья населения;

– выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения;

– установление причин и выявление условий возникновения и распространения инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний (отравлений);

– подготовка предложений для принятия федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ необходимых мер по устранению выявленных вредных воздействий факторов среды обитания человека.

Мониторинг проводится Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) совместно с другими федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор. При

проведении СГМ собираются данные о состоянии здоровья населения, а также о состоянии факторов среды обитания, влияющих на здоровье людей, в том числе:

- биологических (вирусных, бактериальных, паразитарных);
- химических, в том числе источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду;
- физических (шум, вибрация, ультразвук, тепловое, ионизирующее, неионизирующее излучение);
- социальных (структура, качество и безопасность питания, водоснабжения, условия быта, труда и отдыха);
- природно-климатических.

Дополнительные возможности системы СГМ включают:

- 1) создание реестров приоритетных загрязнителей для конкретных регионов;
- 2) проведение оценки риска возникновения различных заболеваний от воздействия специфических факторов;
- 3) моделирование распространения на местности антропогенных воздействий от точечных и площадных источников загрязнений;
- 4) выявление приоритетных факторов формирования «нездоровья» населения и обоснование стратегии профилактических мероприятий.

Социально-гигиенический мониторинг проводится в соответствии с нормативными правовыми актами и методическими документами, издаваемыми Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

### **Контрольные вопросы**

1. На каких конференциях были заложены основы глобального мониторинга (ГСМОС)?
2. Назовите приоритетные (подлежащие первоочередному определению) загрязняющие вещества в соответствии с ГСМОС.
3. Где располагаются станции фонового мониторинга?
4. Назовите объекты государственного экологического мониторинга в соответствии с постановлением Правительства РФ (от 2003 г.).
5. Сформулируйте цели и задачи государственного экологического мониторинга.
6. Какие ведомства и организации проводят экологический мониторинг в Республике Коми?
7. Назовите объекты регионального мониторинга в Республике Коми.
8. В какой последовательности проводятся работы по организации локального мониторинга на предприятиях?
9. Дайте определение социально-гигиенического мониторинга.

## ГЛАВА 4. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 4.1. Нормирование воздействия

Научно-технические нормативы воздействия на окружающую среду разрабатываются для хозяйственных объектов в форме проектов томов предельно допустимых выбросов и сбросов. Постановлением Правительства РФ от 3 августа 1992 года № 545 принят «Порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов».

*Предельно допустимый выброс (ПДВ)* – масса вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферу в единицу времени. ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы (и для каждой примеси, выбрасываемой этим источником) таким образом, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создают приземную концентрацию, превышающую их ПДК<sub>мр</sub>. Основные значения ПДВ – максимальные разовые – устанавливаются при условии полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы и не должны превышать в любой 20-минутный период времени. Наряду с максимальными разовыми (контрольными) значениями ПДВ (г/сут), устанавливаются производные от них годовые значения ПДВ<sub>г</sub> (т/год), для отдельных источников и предприятия в целом с учетом временной неравномерности выбросов, в том числе за счет планового ремонта технологического и газоочистного оборудования.

Если значения ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются значения *временно согласованных выбросов вредных веществ (ВСВ)* и вводится поэтапное снижение показателей выбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ.

Основным нормативом сбросов загрязняющих веществ, установленным в Российской Федерации, является *предельно допустимый сброс (ПДС)* – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. ПДС – предел по расходу сточных вод и концентрации содержащихся в них примесей – устанавливается с учетом предельно допустимых концентраций веществ в местах водопользования (в зависимости от вида водопользования), ассимилирующей способности водного объекта, перспектив развития региона и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

В случае, если значения ПДС по объективным причинам не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются *временно согласованные сбросы вредных веществ (ВСС)* и вводится поэтапное снижение показателей сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДС.

## 4.2. Классы опасности веществ

Определение класса опасности веществ устанавливает стандарт ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация и общие требования безопасности». По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

I вещества чрезвычайно опасные;

II вещества высокоопасные;

III вещества умеренно опасные;

IV вещества малоопасные.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в табл. 2.

**Таблица 2.** Классы опасности химических соединений в зависимости от характеристик их токсичности

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	> 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	< 15	15–150	151–5000	> 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	< 100	100–500	501–2500	> 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	< 500	500–5000	5001–50000	> 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	> 300	300–30	29–3	< 3
Зона острого действия	< 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	> 54,0
Зона хронического действия	> 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	< 2,5

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности. Например, к чрезвычайно опасным веществам относятся: акролеин, бенз[а]пирен, бериллий, диэтилртуть, линдан (гамма-изомер ГХЦГ), пентахлордифенил, ртуть (суммарно), тетраэтилолово, тетраэтилсвинец, трихлордифенил, этилмеркурхлорид, таллий, протактиний. Высокоопасные вещества: атразин, бор, бромдихлорметан, бромформ, гексахлорбензол, гептахлор, ДДТ (сумма изомеров), дибромхлорметан, кадмий, кобальт, литий, молибден, мышьяк, натрий, нитриты, свинец, селен, силикаты, стронций, сурьма, формальдегид, хлороформ, цианиды, четыреххлористый углерод. Умеренно опасные вещества: алюминий, барий, железо, марганец, медь, никель, нитраты, озон, серебро, фосфаты, хром, цинк. Малоопасные вещества: сероводород, симазин, сульфаты, хлориды.

## 4.3. Нормирование качества воздуха

Под *качеством атмосферного воздуха* понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биоло-

гических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом. Нормативами качества воздуха определены допустимые пределы содержания вредных веществ как в производственной (предназначенной для размещения промышленных предприятий, опытных производств научно-исследовательских институтов и т. п.), так и в селитебной зоне (предназначенной для размещения жилого фонда, общественных зданий и сооружений) населенных пунктов. Основные термины и определения, касающиеся показателей загрязнения атмосферы, программ наблюдения, поведения примесей в воздухе определены ГОСТ 17.2.1.03-84 «Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения». ПДК вредных веществ, загрязняющих воздушную среду, установлены санитарными нормами проектирования промышленных предприятий, а также ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Данный ГОСТ нормирует ПДК более чем для 1300 различных вредных веществ.

*Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>рз</sub>)* – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

*Предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК<sub>мр</sub>)* – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе, субсенсорных) реакций в организме человека. Понятие ПДК<sub>мр</sub> используется при установлении научно-технических нормативов – предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ. В результате рассеяния примесей в воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях на границе санитарно-защитной зоны предприятия концентрация вредного вещества в любой момент времени не должна превышать ПДК<sub>мр</sub>.

*Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК<sub>сс</sub>)* – это концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании. Таким образом, ПДК<sub>сс</sub> рассчитана на все группы населения и на неопределенно долгий период воздействия и, следовательно, является самым жестким санитарно-гигиеническим нормативом, устанавливающим концентрацию вредного вещества в воздушной среде. Именно величина ПДК<sub>сс</sub> может выступать в качестве «эталоны» для оценки благополучия воздушной среды в селитебной зоне. Наиболее распространенным показателем загрязнения атмосферы, является *комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА,  $Y_n$ )*. Его рассчитывают как сумму нормированных по ПДК<sub>сс</sub> и приведенных к концентрации диоксида серы средних содержаний различных веществ (обычно пяти основных):

$$Y_n = \sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{cpi}}{\text{ПДК}_{cci}} \right)^{c_i},$$

где  $Y_i$  – единичный индекс загрязнения для  $i$ -го вещества;  $q_{cpi}$  – средняя концентрация  $i$ -го вещества;  $\text{ПДК}_{cci}$  –  $\text{ПДК}_{cc}$  для  $i$ -го вещества;  $c_i$  – безразмерная константа приведения степени вредности  $i$ -го вещества к вредности диоксида серы, зависящая от того, к какому классу опасности относится загрязняющее вещество (табл. 3). Классы опасности вредных веществ определяет ГОСТ 12.1.007-76 «Межгосударственный стандарт системы безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

**Таблица 3.** Классы опасности веществ, загрязняющих атмосферу

Классы опасности	1 чрезвычайно опасные	2 высоко опасные	3 умеренно опасные	4 малоопасные
Константа $c_i$	1,7	1,3	1,0	0,9
Вещества	Бенз(а)пирен диэтилртуть, тетраэтилсвинец, трихлордифенил, этилмеркурхлорид, таллий и др.	Атразин, бор, бромдихлорметан диоксид азота, формальдегид, четырёххлористый углерод и др.	Диоксид серы, алюминий, барий, железо (суммарно), озон и др.	Симазин, сульфаты, хлориды и др.

Для сопоставления данных о загрязненности несколькими веществами атмосферы разных городов или районов города комплексные индексы загрязнения атмосферы должны быть рассчитаны для одинакового количества ( $n$ ) примесей. При составлении ежегодного списка городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы для расчета комплексного индекса  $Y_n$  используют значения единичных индексов  $Y_i$  тех пяти веществ, у которых эти значения наибольшие. Применяется пятибалльная шкала оценок: удовлетворительная ситуация (ИЗА < 5), относительно напряженная (ИЗА от 6 до 15), существенно напряженная (ИЗА от 16 до 50), критическая (ИЗА от 51 до 100), катастрофическая (ИЗА свыше 100). Еще одним показателем загрязнения атмосферы является *комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха (Р)*, который рассчитывается по среднегодовым концентрациям для любого числа ингредиентов с учетом их класса опасности и суммации их токсического действия.

#### 4.4. Нормирование качества воды

В соответствии с СанПиН 2.1.4.559-96 питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.

Под *качеством воды* в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования, при этом показатели качества представляют собой признаки, по которым

производится оценка качества воды. По санитарному признаку устанавливаются микробиологические и паразитологические показатели воды (число микроорганизмов и число бактерий группы кишечных палочек в единице объема). Токсикологические показатели воды, характеризующие безвредность ее химического состава, определяются содержанием химических веществ, которое не должно превышать установленных нормативов. Наконец, при определении качества воды учитываются органолептические (воспринимаемые органами чувств) свойства: температура, прозрачность, цвет, запах, вкус, жесткость.

*Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования* (ПДКв) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

*Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей* (ПДКвр) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

В гидрохимической практике используется и метод интегральной оценки качества воды, по совокупности находящихся в ней загрязняющих веществ и частоты их обнаружения. В этом методе для каждого ингредиента на основе фактических концентраций рассчитывают баллы кратности превышения ПДКвр –  $K_i$  и повторяемости случаев превышения  $H_i$ , а также общий оценочный балл –  $B_i$ :

$$K_i = C_i / \text{ПДК}_i;$$

$$H_i = N \text{ПДК}_i / N_i;$$

$$B_i = K_i H_i,$$

где  $C_i$  – концентрация в воде  $i$ -го ингредиента;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го ингредиента для водоемов рыбохозяйственного назначения;  $M\text{ПДК}_i$  – число случаев превышения ПДК по  $i$ -му ингредиенту;  $N_i$  – общее число измерений  $i$ -го ингредиента.

Ингредиенты, для которых величина общего оценочного балла больше или равна 11, выделяются как *лимитирующие показатели загрязненности* (ЛПЗ). Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. По величине комбинаторного индекса загрязненности устанавливается класс загрязненности воды.

Также оценка качества воды и сравнение современного состояния водного объекта с установленными в прошлые годы характеристиками проводятся на основании *индекса загрязнения воды по гидрохимическим показателям* (ИЗВ). Этот индекс представляет собой формальную характеристику и рассчитывается усреднением как минимум пяти индивидуальных (нормированных к ПДК значений концентрации) показателей качества воды. Обязательны для учета следующие показатели: концентрация растворенного кислорода ( $O_2$ ), водородный показатель (рН) и биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>). Шкала ИЗВ семибалльная: от очень чистая (ИЗВ < 0,3) до чрезвычайно грязная (ИЗВ > 10) (табл. 4).

**Таблица 4.** Классификация поверхностных вод по качеству

Значение ИЗВ	Класс качества воды	Словесная характеристика качества воды	Применение воды
0–0,5	I	Очень чистая	Чистая питьевая вода
0,5–1,0	II	Чистая	Чистая техническая вода
1,0–2,0	III	Умеренно загрязненная	Вода для водопоя скота
2,0–4,0	IV	Загрязненная	Вода для промышленных нужд
4,0–6,0	V	Грязная	Недопустимо загрязненная (применяется только после очистки)
6,0–10,0	VI	Очень грязная	
Более 10,0	VII	Чрезвычайно грязная	

Для оценки качества воды используют также комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) согласно РД 52.24.643-2002, разработанному Гидрохимическим институтом (г. Ростов-на-Дону). Степень загрязнения воды оценивается по 5 классам с постепенным переходом от «условно чистой» к «экстремально грязной».

Классы опасности загрязняющих воду веществ: первый – чрезвычайно опасные (бериллий, ртуть, линдан, и др.), второй – высоко опасные (алюминий, кадмий, молибден, мышьяк, селен, свинец, стронций, фториды, бензол, ДДТ, 2,4-Д и др.) третий – опасные (железо, марганец, медь, никель, нитраты, цинк, хром и др.), четвертый – умеренно опасные (сульфаты, хлориды, нефть и др.).

#### 4.5. Нормирование качества почвы

Основные понятия, касающиеся химического загрязнения почв, определены ГОСТ 17.4.1.03-84 «Охрана природы. Почвы. Термины и определения химического загрязнения», СанПиН 2.1.7.1287-03, ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы», а также Федеральным законом Российской Федерации от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». В настоящее время в нормировании качества почвы применяется только один показатель, разработанный для почв, используемых в сельском хозяйстве.

*Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДКп)* – это концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Оценка уровня химического загрязнения почв населенных пунктов проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического элемента  $K_c$  и суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ . Коэффициент концентрации определяется как отношение реального содержания элемента в почве  $C$  к фоновому  $C_{\phi}$ :

$$K_c = C/C_{\phi}.$$



Поскольку часто почвы загрязнены сразу несколькими элементами, то для них рассчитывают суммарный показатель загрязнения, отражающий эффект воздействия группы элементов:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1),$$

где  $K_{ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го элемента в пробе;  $n$  – число учитываемых элементов.

Суммарный показатель загрязнения почвы может быть определен как для всех элементов в одной пробе, так и для участка территории по геохимической выборке. Оценка опасности загрязнения почв комплексом элементов по показателю  $Z_c$  проводится по оценочной шкале, градации которой разработаны на основе изучения состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв.

**Таблица 5.** Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ )

Категория загрязнения почв	Показатель суммарного загрязнения почв, $Z_c$	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных заболеваний
Умеренно опасная	16–32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32–128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин

#### 4.6. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в продуктах питания

При разработке нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в продуктах питания учитываются материалы по токсикологии и гигиеническому нормированию данных веществ в различных объектах природной среды (в воздухе, воде, почве), а также информация о естественном содержании различных химических элементов в пищевых продуктах.

*Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДКпр)* – это концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека. Санитарно-гигиеническое нормирование загрязненности пищевых продуктов касается главным образом пестицидов, а также тяжелых металлов и некоторых анионов (например, нитратов).

## 4.7. Нормирование в области радиационной безопасности

Основными документами, в соответствии с которыми осуществляется радиационный контроль за безопасностью населения, являются Федеральный Закон «О радиационной безопасности населения» и принятые в его развитие «Нормы радиационной безопасности НРБ-96».

В природе существуют три основных вида радиоактивного излучения – альфа, бета и гамма.

Альфа-излучение представляет собой поток положительно заряженных частиц с зарядом 2 и массой, равной 4 (по существу – ядра гелия). Этот вид излучения легко поглощается любой средой. Защититься от него можно буквально листом бумаги. Однако поступление альфа-излучателя внутрь организма может вызвать трагические последствия. Количественной характеристикой источника излучения служит активность, выражаемая числом радиоактивных превращений в единицу времени. В СИ единицей активности является беккерель (Бк) – 1 распад в секунду ( $s^{-1}$ ). Иногда используется внесистемная единица кюри (Ки), соответствующая активности 1 г радия. Соотношение этих единиц определяется следующей формулой:  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

Бета-излучение имеет корпускулярную природу и представляет собой поток отрицательно заряженных частиц (электронов). Бета-излучение обладает меньшей проникающей способностью. Защититься от этого излучения при внешнем источнике можно сравнительно легко. В принципе, бета-частицы задерживаются неповрежденной кожей. Однако при поступлении внутрь организма бета-активные радионуклиды испускают хорошо поглощаемые тканями организма бета-частицы. Возникающие при этом в организме разрушения значительно превосходят таковые, производимые гамма-излучением.

Гамма-излучение представляет собой электромагнитное излучение высокой энергии и обладает наибольшей проникающей способностью. Соответственно, защита от внешнего гамма-излучения представляет наибольшие проблемы. Интенсивность гамма-излучения характеризуется мощностью экспозиционной дозы. Экспозиционная доза измеряется по ионизации воздуха и равна количеству электричества, образующегося под действием гамма-излучения в 1 кг воздуха. В СИ экспозиционная доза выражается в кулонах на кг (Кл/кг).

Весьма популярна также внесистемная единица экспозиционной дозы – *рентген* – это доза гамма-излучения, при которой в  $1 \text{ см}^3$  воздуха при нормальных физических условиях (температура  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  и давление 760 мм рт. ст.) образуется  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов, несущих одну электростатическую единицу количества электричества. Мощность экспозиционной дозы отражает скорость накопления дозы и выражается в Кл/кг · с (в СИ) или в Р/ч. При этом используемые приборы, методы и единицы измерения зависят от типа загрязнения. Мерой загрязнения гамма-излучателями является мощность экспозиционной дозы; бета-загрязнение характеризуется плотностью потока бета-частиц. Оценка степени загрязнения альфа-излучателями в полевых условиях невозможна.

В системе нормирования используются следующие основные понятия.

Поглощенная доза – фундаментальная дозиметрическая величина, определяемая количеством энергии, переданной излучением единице массы вещества. За единицу поглощенной дозы облучения принимается грей (джоуль на килограмм) –

поглощенная доза излучения, переданная массе облучаемого вещества в 1 кг и измеряемая энергией в 1 Дж любого ионизирующего излучения (1 Гр = 1 Дж/кг).

Эквивалентная доза. Поскольку поражающее действие ионизирующего излучения зависит не только от поглощенной дозы, но и от ионизирующей способности излучения, вводится понятие эквивалентной дозы. Для расчета эквивалентной дозы поглощенную дозу умножают на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма. При этом альфа-излучение считается в двадцать раз опаснее других видов излучений.

Эффективная эквивалентная доза. Следует учитывать, что одни части тела (органы) более чувствительны к радиационным повреждениям, чем другие. Поэтому дозы облучения органов и тканей учитываются с различными коэффициентами. Эффективная эквивалентная доза отражает суммарный эффект облучения для организма; она также измеряется в зивертах.

Закон «О радиационной безопасности населения» устанавливает допустимую дозовую нагрузку на население на уровне 1 мЗв/год. В соответствии с НРБ-96, устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

1. Персонал атомных электростанций (подразделяемый на группы А и Б).
2. Все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Нормы радиационной безопасности (НРБ) регламентируют допустимые уровни воздействия радиации на человека. На основе этих норм разрабатываются нормативные документы, регламентирующие порядок обращения с различными источниками ионизирующего излучения, подходы к защите населения от радиации и т. п. В настоящее время действуют «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87». Эти правила, в частности, содержат требования:

- по обеспечению радиационной безопасности персонала учреждений и населения, а также по охране окружающей среды от загрязнения радиоактивными веществами;
- учету, хранению и перевозке источников ионизирующего излучения;
- сбору, удалению и обезвреживанию твердых и жидких радиоактивных отходов.

Действие документа распространяется на любые предприятия и учреждения, независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности, где производятся, обрабатываются, перерабатываются, применяются, хранятся, обезвреживаются и транспортируются естественные и искусственные радиоактивные вещества и другие источники радиоактивного излучения.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные нормативные документы, в соответствии с которыми проводится экологический мониторинг?
2. Дайте определения ПДВ и ПДС.
3. Что понимают под качеством атмосферного воздуха?
4. Какие нормативы разработаны для оценки качества воздуха?
5. Какие нормативные показатели используются для оценки качества водных объектов?
6. По каким показателям проводится оценка уровня химического загрязнения почв населенных пунктов?
7. Какие показатели используются при нормировании радиационной безопасности?

## ГЛАВА 5. МОНИТОРИНГ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА, ПРОБООТБОР И ПРОБОПОДГОТОВКА)

### 5.1. Атмосферный воздух

Проблема загрязнения воздуха как основной среды обитания человека является приоритетной.

В Федеральном законе РФ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.99 г. № 96-ФЗ дано следующее определение мониторинга атмосферного воздуха: «система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения». Организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах проводится в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов», а также другими стандартами:

РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»;

ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями»;

ГОСТ 17.2.4.02-81 «Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ»;

ГОСТ 17.2.6.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Приборы для отбора проб воздуха населенных пунктов. Общие технические требования»;

ГОСТ 17.2.6.02-85 «Охрана природы. Атмосфера. Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнения атмосферы. Общие технические требования»;

ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Требования безопасности»;

ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

ОСТ 11 091.421-79 «Воздух рабочей зоны. Метод суммарного определения содержания бензола, этилбензола, диэтилбензола»;

ОСТ 1 41519-80 «Промышленная чистота. Чистые производственные помещения. Классы чистоты воздуха».

Отбор проб воздуха для определения химического состава атмосферных аэрозолей, атмосферных осадков и месячных проб атмосферных выпадений тяжелых металлов для целей мониторинга ОС проводят на метеорологических станциях Росгидромета или на пунктах наблюдений лабораторий производственного контроля предприятий, оказывающих негативное влияние на загрязнение атмосферы. В системе Росгидромета наблюдения проводят на посту, представляющем собой заранее выбранное для этой цели место (точку местности), на котором размещается павильон или автомобиль, оборудованный соответствующими приборами. Посты бывают трех категорий: 1) стационарные – предназначены для непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Регистрируются долговременные изменения; 2) маршрутные – предназначены для регу-

лярного отбора проб воздух, в том случае, когда невозможно установить стационарные посты; 3) передвижные (подфакельные) – служат для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов.

Перечень веществ для измерения на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения и метеорологических условиях рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ.

На основании установленного перечня веществ в каждом городе определяются вещества для организации наблюдений на постах. На опорных стационарных постах организуются наблюдения за содержанием основных загрязняющих веществ: пыли, диоксида серы, оксида углерода, оксида и диоксида азота, а также специфических веществ, которые характерны для промышленных выбросов предприятий данного города.

Кроме того, в обязательный перечень контролируемых веществ в городе включаются:

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

Перечень вредных веществ, подлежащих контролю, пересматривается при изменении данных инвентаризации промышленных выбросов, появлении новых источников выбросов, но не реже 1 раза в 3 года.

Расширение перечня контролируемых веществ осуществляется после предварительных наблюдений, направленных на ориентировочную оценку состояния загрязнения. Такие наблюдения могут проводиться на стационарных, маршрутных постах или при эпизодических обследованиях.

На стационарных постах наблюдения проводятся по одной из четырех программ наблюдения: 1) полной – получение информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Производится обязательный отбор проб в 1, 7, 13, 19 часов; 2) неполной – получение информации о разовой концентрации загрязнителей в 7, 13, 19 часов; 3) сокращенной – получение информации о разовых концентрациях в 7 и 13 ч (при температуре ниже – 45 °С); 4) суточной – получение информации о среднесуточной концентрации, проводится непрерывный отбор проб.

Используемые на стационарных постах средства измерения размещаются в комплектных лабораториях типа «Пост-1» и «Пост-2», на маршрутных и подфакельных постах – в автолаборатории типа «Атмосфера-2».

Оборудование «**Пост-1**» включает: автоматические газоанализаторы ГМК-3 (на оксид углерода) и ГКП-1 (на диоксид серы), системы для проведения отбора проб и метеорологических наблюдений, мачту для установки датчика ветра, систему электроснабжения и освещения.

Лаборатория «Пост-2» предназначена для тех же целей, что и «Пост-1» и отличается от него наличием дополнительного оборудования: автоматического воздухоотборника «Компонент» и электроасpirатора ЭА-2С. Для измерения метеорологических элементов в лаборатории используется автоматический метеокомплекс.

Лаборатория «Атмосфера-2» предназначена для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха и измерения метеорологических элементов при проведении маршрутных и подфакельных наблюдений. Оборудование лаборатории смонтировано на кузове автофургона типа УАЗ-452А. В лаборатории используются полуавтоматические переносные приборы-индикаторы, предназначенные для полуколичественного определения содержания диоксида серы и сероводорода («Атмосфера-1»), и хлора и озона («Атмосфера-2») в атмосферном воздухе.

В ряде крупных городов России функционируют системы автоматизированного наблюдения и контроля окружающей среды (атмосфера городов) – АНКОС(АГ). В состав АНКОС(АГ) входят автоматические хемиллюминесцентные, пламенно-ионизационные, кулонометрические *газоанализаторы*. Основная задача таких систем – наблюдение за степенью загрязнения атмосферного воздуха и выдача рекомендаций по изменению режима работы предприятий и транспорта в периоды наибольшего загрязнения и при неблагоприятных метеорологических условиях.

## 5.2. Поверхностные воды суши

Необходимость информации о загрязнении вод суши определяется задачей обеспечения населения безопасной пресной, прежде всего питьевой, водой. Проблема недостатка чистой воды на Земле носит глобальный характер.

В РФ мониторинг поверхностных вод суши осуществляет в основном Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Цель мониторинга – обеспечение наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши и предоставление государственным органам и заинтересованным организациям систематической (режимной) информации и прогнозов о загрязненности воды водоемов и водотоков и экстренной информации о резких изменениях загрязненности воды.

Работы ведутся по следующим направлениям:

- наблюдения за уровнем загрязненности вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям;
- изучение динамики загрязняющих веществ и выявление условий, при которых происходят резкие колебания уровня загрязненности, для обеспечения прогнозов;
- изучение процессов самоочищения и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях;
- изучение закономерностей выноса веществ через устьевые створы рек для определения баланса этих веществ в водных объектах.

В основе организации и проведения режимных наблюдений наряду с общими принципами деятельности системы мониторинга Росгидромета лежат

принципы согласованности сроков наблюдений с характерными для водных объектов гидрологическими ситуациями.

Отбор проб для режимных наблюдений проводят в пунктах наблюдений. Пункты разделены на четыре категории с учетом комплекса факторов: хозяйственного значения водного объекта, качества воды и др.

Пункты 1-й категории располагаются на средних, больших водоемах или водотоках, имеющих важное хозяйственное значение: в районах городов с населением свыше 1 млн жителей, в местах нереста и зимовья особо ценных видов промысловых организмов, в районах повторяющихся аварийных сбросов и заморных явлений, в районах организованного сброса сточных вод, приводящего к высокой загрязненности природной воды.

Пункты 2-й категории располагаются в районах городов с населением 0,5 – 1 млн жителей, в местах нереста и зимовья ценных видов промысловых организмов, на важных для рыбного хозяйства предплотинных участках рек, в местах организованного сброса дренажных сточных вод с орошаемых территорий и промышленных сточных вод, при пересечении реками государственной границы РФ, в районах со средней загрязненностью воды.

Пункты 3-й категории располагаются в районах городов с населением до 0,5 млн жителей, на замыкающих участках больших и средних рек; в устьях загрязненных притоков больших рек и водоемов, в районах организованного сброса сточных вод, в результате чего природная вода имеет низкий уровень загрязненности.

Пункты 4-й категории располагаются на незагрязненных участках водоемов и водотоков, а также на водных объектах на территории государственных заповедников и национальных парков.

Категория пункта наблюдений определяет периодичность и вид программы.

В пунктах наблюдений организуют один или несколько створов. В каждом створе пробы отбирают с нескольких вертикалей, число которых зависит от ширины зоны загрязненности.

При оценке качества вод и обобщении результатов наблюдений по гидрохимическим показателям сопоставляют полученные значения показателей со стандартами качества воды, установленными нормативными документами.

Для оценки экологического состояния водного объекта наиболее полную информацию дают результаты гидробиологических наблюдений. Используются методы *биоиндикации* и *биотестирования*. При обобщении результатов наблюдений по токсикологическим показателям используют требования к качеству воды, установленные «Правилами охраны поверхностных вод» для рыбохозяйственных водоемов и водотоков.

Важным направлением в мониторинге загрязнения пресноводных экосистем является анализ и оценка загрязненности донных отложений. Информация об антропогенном загрязнении донных отложений пока плохо поддается оценке, поскольку нормативы концентраций загрязняющих веществ для них не разработаны. Для оценок используют так называемые коэффициенты загрязнения, которые рассчитывают путем сравнения проб, отобранных на загрязненных участках, с фоновыми, отобранными на условно чистом участке. Надежность результатов зависит от правильного выбора сравниваемых участков, которые должны быть максимально идентичными по характеру грунта и гранулометрическому составу. Иногда для оценки используют нормативы ПДК для почв.

Контроль качества поверхностных вод проводится в соответствии с ГОСТ 17.1.3.07-82, устанавливающим единые требования к построению сети контроля, проведению наблюдений и обработке получаемых данных.

Первым этапом организации работ по наблюдению и контролю качества поверхностных вод является выбор местоположения пунктов контроля – место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды. Пункты контроля организуют в первую очередь на водоемах, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. В водотоках и водоемах с интенсивным водообменном расположением створов (мест отбора проб) устанавливают на 1 км выше источника загрязнения (вне влияния сточных вод), остальные створы – ниже источника загрязнения (не менее двух, на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод). В водотоках и водоемах с умеренным и замедленным водообменами устанавливают по одному створу в незагрязненной части водоема, другой совмещают со створом сброса сточных вод, остальные размещают параллельно ему по обе стороны (на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод). Количество горизонтов по вертикали определяется глубиной водоема или водотока: при глубине до 5 м устанавливают один горизонт (у поверхности 0–30 см), от 5 до 10 м – два (у поверхности и в 0,5 м от дна), при глубине более 10 м – три (дополнительно на половине глубины), на глубоких водоемах горизонты устанавливаются на поверхности, на глубине 10, 20, 50 и 100 м и у дна (в разнотомном водоеме назначается дополнительный горизонт, который располагается в слое скачка плотности).

На пунктах контроля в зависимости от их категории пробы отбирают ежеквартально, ежемесячно, или в сроки наиболее показательные для оценки состояния водных экосистем. Это окончание весеннего половодья, летняя межень (с минимальным уровнем воды и максимальной концентрацией загрязнителей), осеннее предшествующее ледоставу время, и зимняя межень.

Требования к отбору, консервации и хранению проб воды, атмосферных осадков и снежного покрова устанавливают:

ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб»;

ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков»;

ГОСТ 17.1.4.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах»;

РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

**Методики количественного химического анализа (КХА).** Пробы, в которых определяют содержание неорганических веществ, хранят в полиэтиленовых бутылках, органических веществ – в стеклянных. Каждая проба должна быть снабжена этикеткой. Ниже приведен пример заполнения этикетки:

Проба № 1. Дата 17.09.2006, координаты  
Место сбора: РК, Ухтинский р-н, окр. г. Ухты  
Водоем: Оз. Пионерское, створ № 1  
Коллектор: Ф. И. О.



Необходимо также проведение описания водоема (тип водоема, проточность, характер береговой линии, наличие островов, средней, максимальной-минимальной глубины, цвета, запаха воды, прозрачности, характера дна (илистое, песчаное, торфянистое и т.д.), наличие макофитов, развитие зоопланктона, видимое влияние хозяйственной деятельности, источников загрязнения. Желательно в полевых условиях с помощью портативного оборудования провести измерение физико-химических параметров (температура, pH, содержание O<sub>2</sub>, электропроводность, прозрачность, и др.).

При невозможности проанализировать отобранную пробу воды в установленные для соответствующего вида химического анализа сроки, обеспечивают ее хранение. В этом случае производят консервацию и/или охлаждение (замораживание) пробы.

Для КХА проб воды в зависимости от способа консервации требуется в среднем 1,5–3 л: на определение содержания тяжелых металлов – 250 мл пробы + 2,5 мл (консерванта – раствора HNO<sub>3</sub> (1:1); иона аммония, ХПК – 250 мл + 0,5 мл раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1); кремния, гидрокарбонат-ионов, нитрат-ионов, нитрит-ионов, фосфат-ионов, фосфора общего – 500 мл пробы + 1 мл хлороформа; хлорид-ионов, фторид-ионов, сульфат-ионов – 250 мл пробы (не консервируют);

Пробы снега отбирают перед таянием снега на глубину снежного столба. Пробы снега должны поступать на КХА в замороженном состоянии. При оттаивании пробы фильтруют и при необходимости дальнейшего хранения фиксируют. Необходимый объем проб атмосферных осадков и снежного покрова для полного КХА составляет 1,5 дм<sup>3</sup>.

### 5.3. Почвы

Важнейшей задачей в области охраны окружающей среды является организация мониторинга земельных ресурсов (земель). Мониторинг земель – комплексная система наблюдений за состоянием земельных ресурсов, оценки и прогноза изменений их состояния под воздействием антропогенных и природных факторов. Цель – своевременное выявление негативных изменений почв, прогноз и выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативного воздействия на земли, обеспечение деятельности по ведению государственного земельного кадастра.

В Постановлении Правительства РФ от 28.11.2002 г. № 846 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга земель» определены следующие основные задачи мониторинга земель:

- организация и проведение наблюдения за количественными и качественными показателями, характеризующими состояние земельных ресурсов (почв), источниками загрязнения и воздействием этих источников на окружающую среду;
- оценка состояния почв, прогноз развития негативных процессов, влияющих на почвы;
- проверка соблюдения норм и правил, стандартов качества земельных ресурсов при землепользовании;
- разработка мероприятий (рекомендаций) по эффективному использованию земель, снижению загрязнения почв;

- своевременное выявление изменений состояния земельного фонда;
- информационное обеспечение государственного земельного кадастра;
- рациональное природопользование и землеустройство;
- контроль за использованием и охраной земель.

Структура мониторинга земель предусматривает следующие подсистемы, соответствующие категориям земель:

- 1) мониторинг земель сельскохозяйственного назначения;
- 2) мониторинг земель населенных пунктов;
- 3) мониторинг земель объектов промышленности, транспорта, связи, обороны и иного назначения;
- 4) мониторинг земель природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения;
- 5) мониторинг земель лесного фонда;
- 6) мониторинг земель водного фонда;
- 7) мониторинг земель запаса.

Получение информации при осуществлении мониторинга может производиться с использованием:

- а) дистанционного зондирования (съемки и наблюдения с космических аппаратов, самолетов, с помощью средств малой авиации и других летательных аппаратов);
- б) сети постоянно действующих полигонов, эталонных стационарных и иных участков, межевых знаков и т. п.;
- в) наземных съемок, наблюдений и обследований (сплошных и выборочных);
- г) соответствующих фондов данных.

Съемки, наблюдения и обследования, осуществляемые в ходе проведения мониторинга, в зависимости от срока и периодичности проведения делятся на:

- а) базовые (проводятся для получения данных о состоянии земель на момент начала ведения мониторинга);
- б) периодические (проводятся для получения данных о состоянии земель за определенный период – раз в 3 года и более);
- в) оперативные (проводятся для получения данных о состоянии земель на текущий момент).

Отбор проб почвы для целей мониторинга производится в соответствии со следующими ГОСТами:

ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб»;

ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»;

ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор проб».

ГОСТ 29269-91 «Почвы. Общие требования к проведению анализов».

В зависимости от цели исследования образцы почвы отбираются только из верхних горизонтов или же более детально на всю глубину разреза. При этом следует придерживаться следующих правил:

- 1) Отбор образцов нужно начинать с нижних горизонтов и двигаться к верхним. Нужно быть внимательным при отборе образцов тех горизонтов, где

есть различные фрагменты, отличающиеся по цвету и гранулометрическому составу.

2) Отбор образцов производится в хлопчатобумажные или полиэтиленовые мешочки (можно в плотную бумагу).

3) Количество мешочков должно соответствовать числу горизонтов.

4) Каждый образец почвы должен быть снабжен подробной этикеткой.

Пример заполнения этикетки приводится ниже:

Место отбора пробы: географическое название (желательно координаты)

Название растительного сообщества \_\_\_\_\_

Номер пробной площади и/или почвенного разреза \_\_\_\_\_

Название почвенного горизонта \_\_\_\_\_

Глубина взятия образца \_\_\_\_\_

Дата взятия образца: (число, месяц, год) \_\_\_\_\_

Фамилия исполнителя \_\_\_\_\_

Необходимо также запротоколировать следующие параметры: описание растительного сообщества (название, сомкнутость и ярусность растительного покрова, наличие опада, нарушений растительного покрова и др.); характеристика почвы (тип почвы, морфологическое описание профиля); видимое влияние хозяйственной деятельности, наличие загрязнений.

Образцы почвы могут быть индивидуальными и смешанными. Индивидуальные образцы берут из разрезов и прикопок по генетическим горизонтам. На сельскохозяйственных угодьях отбирают обычно смешанные почвенные образцы в пределах одной почвенной разновидности только из пахотного слоя. Образец составляется из десяти индивидуальных проб, взятых с площади 1–10 га чаще всего методом конверта. Масса пробы почвы составляет около 500 г.

Обычно в соответствии с ГОСТом для оценки загрязнения почвы тяжелыми металлами и другими загрязняющими веществами пробы берут на глубину 0–5; 0–10; 0–20 см (или послойно 0–5; 5–10, 10–20 см). Вместе с тем, в слое 0–20 см могут оказаться разные генетические горизонты почвы (органогенный и минеральный), содержание в которых микроэлементов и органических соединений значительно различается. Кроме того, мощность органогенного слоя может быть свыше 20 см. Известно, что именно верхний органогенный горизонт обладает максимальной сорбционной способностью, поэтому в этом слое накапливается основная доля загрязняющих веществ. По этой причине для корректной интерпретации результатов химического анализа рекомендуется отбор образцов почвы производить по горизонтам.

Чтобы пробу сделать представительной, необходимо на каждом участке пробоотбора сформировать смешанный образец, состоящий из 5 ÷ 10 индивидуальных образцов, взятых из органогенного горизонта в отдельных прикопках. Прикопки делают на участке, где представлены почвы одной разновидности. Общая масса смешанного образца – 500 г.

**Хранение проб почвы** осуществляют в зависимости от цели и метода анализа. Образцы лучше хранить в пластиковых мешочках. В том случае если предполагается длительное хранение образцов, почву необходимо из мешочков

высыпать на бумагу и высушить до воздушно-сухого состояния, периодически (ежедневно) их перемешивая.

Следует учесть, что хранение проб почвы может повлиять на ряд показателей. Так, для определения содержания нефтяных компонентов по РД52.24.505-2010 пробы хранят при температуре не выше +5 °С не более 7 суток. В замороженном состоянии (-15 ÷ -20 °С) допускается хранение проб в течение 2 месяцев. Для определения содержания фтора допускается хранение проб почвы в склянках с пришлифованной крышкой не более суток в холодильнике при температуре 0 ÷ 5 °С, но лучше приступать к анализу непосредственно после поступления проб в лабораторию.

Требования к подготовке проб почвы для количественного химического анализа (КХА) устанавливают следующие ГОСТы:

ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»;

ГОСТ 29269-91 «Почвы. Общие требования к проведению анализов».

ГОСТ Р ИСО 11464-2011 «Качество почвы. Предварительная подготовка проб для физико-химического анализа».

**Подготовка к анализу.** Пробы почвы, отобранные для анализа, высушивают на воздухе или в сушильном шкафу при температуре, не превышающей 40 °С. При этом важно исключить попадание прямого солнечного света. Затем почву рассыпают на бумаге, пинцетом удаляют включения (неразложившиеся корни и растительные остатки, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных) и новообразования (конкреции, известковые включения и др.). Почву растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Непросеянные комочки почвы снова растирают и просеивают. При необходимости проводят более тонкое измельчение. Из полученной пробы почвы берут навески на анализ. Измельченные пробы почвы хранят в матерчатых мешочках, бумажных или полиэтиленовых пакетах или в специальных контейнерах.

**Масса почвы, необходимая для анализов:** для определения гранулометрического состава – 25 г; агрохимических показателей – 120 г; содержания нефтепродуктов – 1 г (20 г); нефтяных компонентов – 7 г; тяжелых металлов (кислоторастворимых форм – 5 г, подвижных форм – 10 г; валового содержания – 2 г).

### Контрольные вопросы

1. Какие вещества, загрязняющие атмосферный воздух, входят в обязательный перечень контролируемых показателей на постах в городе?
2. По каким программам проводятся наблюдения за атмосферным воздухом на стационарных постах ?
3. На какие категории разделены пункты на водных объектах (водоемах, водотоках), на которых производится отбор проб для режимных наблюдений?
4. Какие биологические методы применяют для оценки экологического состояния водного объекта?
5. Какие средства используются при проведении мониторинга земель?
6. Как производится отбор проб почвы, их хранение и подготовка к химическому анализу?

## ГЛАВА 6. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 6.1. Дистанционные методы

Дистанционные методы довольно широко применяются при изучении атмосферы, в частности для получения данных о воздушных загрязнениях, их типе, концентрации и источнике. Преимуществом дистанционного измерения является возможность непрерывного определения средних концентраций вредных веществ по площади (в отличие от наземных методов, которые дают концентрации лишь в одной точке), а также оценки вертикального распределения примесей. Кроме того, данные методы позволяют оценивать движение загрязняющих веществ в атмосфере без анализа проб в различных пунктах, и таким образом, устанавливать влияние источника загрязнения, расположенного на расстоянии нескольких километров.

Множеством экспериментальных данных подтверждена связь между загрязнениями атмосферы и ее метеопараметрами. Для регулярных наблюдений за состоянием атмосферы предназначена метеостанция, на которых проводятся измерения температуры, давления и влажности воздуха, скорости и направления ветра, определяются другие характеристики состояния атмосферы (облачность, осадки, видимость, солнечная радиация). Метеостанции бывают наземные, дрейфующие, устанавливаемые на судах, на буях в открытом море.

Метеостанции оснащаются самыми разнообразными приборами. Актинометры используются для измерения интенсивности прямой солнечной радиации. Измерения скорости ветра и газовых потоков производят анемометром. Для измерений атмосферного давления используют анероид (барометр). Гигрометр служит для определения абсолютной или относительной влажности воздуха. Для сбора и измерений атмосферных жидких и твердых осадков используют осадкомер (дождемер). Для комплексных измерений метеорологических характеристик состояния атмосферы предназначен прибор метеорограф, включающий в себя термограф, барограф и гигрограф. Различают зондовые метеорографы, поднимаемые в атмосферу на шаре-зонде до 40 км, самолетные – до 10 км, змейковые (на воздушных змеях) – до 7 км и другие.

Кроме вышеперечисленных приборов для измерений температуры, давления и влажности воздуха, применяют радиозонд, отличающийся автоматической передачей их значений по радио. В атмосферу радиозонд поднимается на шарах-пилотах, наполненных водородом. Радиосигналы, направленные от зонда, на Земле принимаются специальной радиоприемной аппаратурой с автоматической регистрацией показаний. Высота полета радиозондов – 30–40 км, дальность действия 150–200 км.

В последние годы для изучения атмосферы разрабатываются акустические, радиоакустические, радиолокационные методы.

**Акустические методы** основаны на измерении скорости распространения акустического сигнала (звуковой волны) от источника излучения до объекта исследования. Разработанные наземные акустические системы зондирования атмосферы имеют дальность действия около 1 км и позволяют контролировать температурные изменения, профили скорости ветра, верхнюю границу тумана.

С помощью эхолокаторов проводят радиоакустическое зондирование, которое основано на измерении скорости распространения звуковых волн неподвижных или движущихся относительно среды (воздух, водоем) источников колебаний. Его осуществляют либо с наземной станции, либо с борта самолета,

Получение изображений местности с помощью радиолокационной аппаратуры, установленной на летательных аппаратах, называется *радиолокационной съемкой*. Она может проводиться в сложных метеоусловиях и в любое время суток, а также для изучения объектов, покрытых снегом, растительностью, рыхлыми отложениями и т. п., и способна дать дополнительную информацию, которая отсутствует на фотографиях.

В последнее время получает свое развитие лазерный (лидарный) контроль атмосферы. *Лазеры* – это приборы, испускающие световой луч очень острой направленности, то есть с очень малой расходимостью световых лучей.

Результаты, полученные при использовании вышеперечисленных методов контроля атмосферы, позволяют устанавливать закономерности планетарного распределения облачного покрова, определять места зарождения и направление перемещения циклонов, тайфунов, пыльных бурь, аэрозольных и газообразных загрязнителей.

Система наблюдений за состоянием и качеством водной среды относится к области гидрометеорологии и осуществляется на соответствующих постах наблюдения – *гидрометеорологических станциях*. Изучаются уровень воды, глубина водоема, скорость водотока, температура, цвет водной поверхности, степень минерализации (солености), биомасса и другие характеристики. Например, слежение за уровнем воды осуществляется на многочисленных водомерных постах с использованием водомерных реек, а также различных самописцев.

В труднодоступных районах устанавливают дистанционные водомерные посты с самописцами уровня воды. Преимущество использования самописцев заключается в том, что они дают возможность получать информацию об уровне воды непрерывно. Дистанционные водомерные посты кроме самописцев уровня имеют еще и передающие устройства, основанные на радио- или электросвязи. Регистрация уровня на них может производиться самописцами различного устройства: поплавковыми, манометрическими, радиоактивными. Принцип действия радиоактивного самописца основан на поглощении радиоактивного излучения приемником, по изменению интенсивности которого измеряют колебания уровня.

Глубину водоема измеряют как в отдельных точках с помощью наметки и лота, так и непрерывно профилографами. Наметка представляет собой шест диаметром около 5 см, длиной 5–7 м с дециметровыми делениями. На нижний конец наметки надевается стальной башмак, помогающий погружать наметку в воду. При глубине более 5 м используется ручной или механический лот. Лот представляет собой гибкий трос или шнур с разметкой, на конце которого прикреплен груз. Для непрерывного дистанционного контроля глубины водоема используют профилографы, которые по принципу действия делятся на механические, гидростатические и акустические. Механический профилограф измеряет глубину с помощью промерного груза на тросе или промерной штанги, перемещаемой по дну с передачей результатов на записывающий механизм с часовым заводом. Гидростатические профилографы производят замер глубины с

помощью чувствительного датчика давления, перемещаемого на тросе по дну. Существующие гидростатические профилографы рассчитаны на промеры глубин до 15 м. Акустические профилографы основаны на принципе измерения времени прохождения в воде ультразвукового импульса.

Для измерения скорости течения реки используется поплавковый метод с применением поверхностных, глубинных и интеграционных поплавков, а также гидрометрических вертушек.

Контроль загрязнения водной среды дистанционными неконтактными методами осуществляется с помощью аэрофотосъемки. Полученные из космоса фотографии и телевизионные изображения широко используются при изучении загрязнения Мирового океана, структуры и направлений морских течений, ледового покрова, таяния льдов и др.

Одним из показателей загрязнения воды является изменение ее температуры. Измерение температуры водной поверхности осуществляется активными радиолокационными методами с использованием радиолокаторов.

Значительная часть всех измерений и исследований выполняется непосредственно на поверхности океана с помощью научно-исследовательских кораблей, а также радиотелеметрических океанографических буев. На последних устанавливаются датчики для измерения требуемых параметров, источники питания, устройства для записи информации и радиоаппаратура для передачи данных по радиоканалам на судовые или наземные приемные станции.

В последнее время все большее распространение получают методы дистанционного исследования участков суши земной поверхности с применением спутников, лазерной и радарной техники.

Радарная аэросъемка – получение изображений местности с помощью радаров, установленных на летательных аппаратах. *Радары* – это устройства, состоящие из генератора электромагнитных колебаний, связанного с открытой излучающей цепью – антенной. Использование лазерной и радарной техники позволяет определить высоту деревьев, количество растений, измерить поток энергии, входящей в экосистему и выходящей из нее (соотношение поглощенной и отраженной радиации), получить данные, характеризующие растительность в зонах, где нет наземного контроля. Особенно перспективными являются лазерные исследования, при помощи которых можно провести учет пастбищных земель, измерить очаги влияния фитопатогенных факторов, выявить лесные пожары и т. п.

Важную роль в литосферных исследованиях играет дистанционный контроль снежного покрова. Изучение снежного покрова (граница покрова, глубина, плотность, температура, влагосодержание) проводят с помощью активных и пассивных радиоярких методов, использующих диапазон электромагнитных волн от видимого до метрового.

## **6.2. Химические и физико-химические методы**

Методы анализа, используемые в лабораториях, занимающихся контролем состояния окружающей среды, можно подразделить на химические и физико-химические (инструментальные).

Из методов химического анализа наибольшее распространение получил титриметрический анализ, основанный на том, что одно вещество, концентрация которого известна, добавляется к другому, количество которого требуется определить, в строго эквивалентном количестве. Титриметрические методы анализа используются при определении содержания некоторых солей, при определении жесткости воды (карбонатной и общей) и т. д.

Основные физико-химические методы анализа представлены в табл. 6.

**Таблица 6.** Методы физико-химического анализа

<b>Название метода</b>	<b>Измеряемая величина</b>	<b>Определяемые вещества (чувствительность метода)</b>
1. Спектральные; рентгеноспектральные; фотометрические; атомно-абсорбционные; люминесцентные	Поглощение или испускание видимых, ультрафиолетовых и рентгеновских лучей. Колебание атомов. Рассеяние света	Различные химические элементы, в том числе тяжелые металлы в атмосферном воздухе, воде, почвах, растениях. Органические вещества, в том числе нефть и нефтепродукты (полумикро-, микроколичества)
2. Рефрактометрические	Показатель преломления	Ароматические, неароматические углеводороды, соли в воде (макроколичества)
3. Поляриметрические	Вращение плоскости поляризации	
4. Полярографические	Сила диффузного тока при восстановлении или окислении на электроде	Ионы тяжелых металлов в атмосферном воздухе, воде, почве (полумикро- и микроколичества)
5. Кулонометрические	Количество электричества для электродной реакции	Различные химические элементы в воздухе, воде, почвах, в т. ч. тяжелые металлы, канцерогены, газообразные загрязнители атмосферы (SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> и др.) (микро-, субмикроколичества)
6. Потенциометрические	Электродный потенциал	pH среды; окислительно-восстановительный потенциал почв, воды; присутствие различных ионов (макро- и микроколичества)
7. Кондуктометрические	Электрическая проводимость	СПАВ в сточных водах; пестициды в почвах, растениях; SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> в атмосферном воздухе; агрессивные среды (макро- и микроколичества)
8. Радиометрические	Радиоактивность	Радиоактивное загрязнение атмосферы, воды, почвы, растений (макро-, микро- и субмикроколичества)

Многие задачи химического анализа при охране окружающей среды связаны с необходимостью определения следов органических и неорганических веществ. В таких случаях высокая чувствительность методов анализа должна сочетаться с достаточной селективностью, а также правильностью и воспроизводимостью результатов определений. Желательно, чтобы предварительная обработка пробы не носила сложного характера, а длительность выполнения единичного определения была минимальной. Поскольку при контроле объектов окружающей среды чаще всего проводятся серийные анализы, предпочтение отдают тем методикам, которые легко поддаются полной автоматизации, начиная от отбора проб и кончая выдачей результатов анализа. При выборе метода



анализа желательно, чтобы стоимость оборудования была доступна для большинства лабораторий, использующих этот метод.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем преимущества дистанционных методов при изучении объектов окружающей среды?
2. Назовите дистанционные методы контроля окружающей среды.
3. Какими приборами оснащаются метеостанции?
4. Что измеряют профилографом?
5. Какие химические и физико-химические методы получили наибольшее распространение при контроле ОС?

## ГЛАВА 7. БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

В процессе мониторинга окружающей среды проводятся наблюдения за изменением не только абиотической составляющей биосферы, но и ответной реакцией ее биотического компонента, что определяет широкий спектр методов и приемов исследований. Живые организмы чувствительны к изменениям среды обитания и поэтому относятся к наиболее показательным при оценке изменений, протекающих в экосистеме под влиянием антропогенных факторов. По этой причине одним из важных видов экологического мониторинга является биологический мониторинг (биомониторинг). Основными задачами биологического мониторинга являются:

- оценка качества изучаемых экосистем (в конечном итоге – с точки зрения возможности их использования человеком);
- выявление причин изменений биотических компонентов, источников и факторов негативного внешнего воздействия;
- прогноз устойчивости экосистем и допустимости изменений и нагрузок на среду в целом.

По Н. Ф. Реймерсу, мониторинг биологический – слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием) и оценка качества окружающей среды с помощью организмов биоиндикаторов. *Биоиндикатор* – это группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об естественных и антропогенных изменениях в среде, в том числе и о присутствии и концентрации загрязнителей. Проведение наблюдений за состоянием ОС с использованием биоиндикаторных организмов называют биоиндикацией.

Биомониторинг может осуществляться на различных уровнях организации живого: *макромолекул, клетки, ткани, органа, организма, популяции, биоценоза*. Проведение биологического мониторинга имеет как преимущества, так и недостатки, по сравнению с аналитическими методами оценки качества ОС. К преимуществам биомониторинга относят доступность и дешевизну по сравнению с физико-химическими методами, возможность использовать биоиндикаторы на всех уровнях организации живого; возможность распознавать ранние симптомы нарушения экосистем, трудно регистрируемые химическими методами. Недостатки в использовании биоиндикаторов обусловлены трудностью интерпретации реакции организмов на действие различных факторов и точной количественной оценки степени воздействия факторов. Известно, что для большинства видов реагирование на любое техногенное воздействие (если, разумеется, оно не носит катастрофический характер) принципиально не отличается от выработанных в ходе эволюции тривиальных реакций на изменения среды. К недостаткам также можно отнести многомерность факторов среды и измеряемых параметров экосистем; недостаточный уровень накопленных знаний по реакции живых организмов и экосистем в целом на действие антропогенных факторов.

Биоиндикация незаменима в тех случаях когда: фактор не может быть измерен; фактор трудно измерить; фактор легко измерить, но трудно интерпретировать.

К биоиндикаторам предъявляются следующие требования:

- присутствие индикаторов в большом количестве в исследуемой экосистеме;

- легкость в идентификации;
- биология вида-индикатора должна быть хорошо изучена;
- доступность получения (сбора в природе) или легкость в культивировании;
- четко выраженная количественная и качественная реакция на отклонение свойств среды обитания от экологической нормы;
- наличие корреляции между реакцией организма и уровнем воздействия стресс-фактора на систему.

Типы биоиндикаторов: а) чувствительный – быстро реагирует значительным отклонением показателей от нормы; б) аккумулятивный – накапливает воздействия без проявляющихся нарушений.

Чаще всего методы биоиндикации используют для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха и водной среды.

**Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха.** Флористические и фаунистические методы основаны на изучении видового состава, структуры сообществ и комплексов доминирующих групп растений и животных. К наиболее показательным группам, реагирующим на атмосферное загрязнение, относятся лишайники, которые в большинстве своем чрезвычайно чувствительны к различным антропогенным воздействиям. На них действуют, прежде всего вещества, увеличивающие кислотность среды ( $\text{SO}_2$ , HF, HCl,  $\text{NO}_x$ ). Дендрологический метод биоиндикации загрязнения атмосферного воздуха позволяет изучать многолетнюю динамику изменения загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах, так как подавление фотосинтетической деятельности древесных растений и ослабление деревьев и насаждений отражаются на радиальном годичном приросте.

Анатомо-морфологические методы биоиндикации загрязнения воздуха основаны на выявлении у растений различных нарушений: некрозов на листьях и хвое, уменьшения линейного роста побегов, количества и размеров ассимиляционных органов на годичных кольцах (древесные растения) или на стеблях (травянистые растения), сокращения сроков жизни деревьев.

Некоторые представители животного мира могут реагировать на загрязнение воздушной среды – клещи-орibatиды, ряд бабочек, тли, клопы-подкорники, пауки, жуки-жужелицы и др. насекомые, а также многие виды позвоночных животных – земноводные, мелкие млекопитающие.

**Биоиндикация загрязнения водной среды.** При определении степени экологического неблагополучия водоемов оцениваются два основных фактора:

1) Опасное для здоровья людей снижение качества питьевой воды и санитарно-эпидемиологическое загрязнение водных объектов рекреационного назначения;

2) Создание угрозы деградации или нарушения функций воспроизводства основных биотических компонентов естественных экологических систем водоемов.

Для оценки этих факторов используются как химические, так и биологические методы. При биологическом мониторинге важно учитывать состояние и развитие всех экологических групп водного сообщества, совокупность критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов. При проведе-

нии биоиндикации качества водной среды используются основные показатели, характеризующие степень экологической деградации пресноводных экосистем:

- бактериопланктон (разнообразие и общее количество бактерий, и количество сапрофитных бактерий (кл./мл));

- фитопланктон (разнообразие и количественные показатели (тыс. кл./л и мг/л) развития разных отделов водорослей, концентрация хлорофилла «а» (мкг/л), фитомасса нитчатых водорослей (кг/м<sup>2</sup>), индекс сапробности фитопланктона и фитобентоса;

- зоопланктон (разнообразие видов и численность (экз./л));

- зообентос (разнообразие видов и численность (экз./дм<sup>2</sup>)), биотический индекс по Вудивиссу, олигохетный и хирономидный индексы;

- ихтиофауна (видовой состав рыб, учет редких, ценных и промысловых видов, количественный учет, заболеваемость рыб в процентах от годового улова);

- интегральный показатель – биотест с использованием низших ракообразных (учитывается степень гибели дафний и цериодафний, и гибель 50 % и более рачков в течение 96 и 48 часов).

Таким образом, биологический мониторинг служит для наблюдений, оценки и прогноза любых изменений в биотических компонентах экосистем, вызванных факторами естественного и антропогенного происхождения и проявляемых на организменном, популяционном или экосистемном уровнях.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные задачи биологического мониторинга.
2. Укажите достоинства и недостатки биологического метода при осуществлении экологического мониторинга.
3. Для оценки степени загрязнения каких компонентов ОС чаще всего используют методы биоиндикации?

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

## Темы контрольной работы (с примерным планом)

### 1. Основные источники загрязнения окружающей среды.

Введение.

1. Основные компоненты окружающей среды, подлежащие контролю (атмосферный воздух, водные объекты, почвы).

2. Естественные и антропогенные источники загрязнения окружающей среды.

3. Приоритетность измерений концентраций загрязняющих веществ.

4. Свойства загрязняющих веществ.

Заключение.

### 2. Организация экологического мониторинга в России

Введение.

1. Цели и задачи экомониторинга (актуальность, определение мониторинга, ссылка на руководящий документ, цели и задачи)

2. Классификация видов и направлений деятельности мониторинга.

3. Особенности мониторинга в связи с пространственными масштабами и дифференциацией сред.

4. Организация и структура мониторинга ОС в РФ.

5. Сбор, хранение и аналитическая обработка информации о состоянии окружающей среды.

6. Оценка экологической ситуации в России.

Заключение.

### 3. Мониторинг атмосферы в РФ

Введение (актуальность, определение мониторинга, ссылка на руководящий документ, цели и задачи).

1. Строение, состав и свойства атмосферы.

2. Загрязнение атмосферы.

3. Нормирование качества атмосферного воздуха. Организация и структура мониторинга атмосферы.

4. Основные средства реализации мониторинга воздушной среды.

5. Пробоотбор и пробоподготовка.

6. Методы анализа проб воздуха.

Заключение.

### 4. Мониторинг водных объектов в РФ

Введение (актуальность, определение мониторинга, ссылка на руководящий документ, цели и задачи).

1. Строение, состав и свойства гидросферы.

2. Загрязнение поверхностных и подземных вод.

3. Оценка качества воды.

4. Организация и структура мониторинга водных объектов.
5. Основные средства мониторинга водной среды.
6. Пробоотбор и пробоподготовка.
7. Методы анализа проб воды.
8. Обработка результатов.

Заключение.

### **5. Мониторинг состояния недр в РФ**

Введение (актуальность, определение мониторинга, ссылка на руководящий документ, цели и задачи).

1. Рациональное использование и охрана недр.
2. Организация государственного мониторинга состояния недр.
3. Основные средства мониторинга геологической среды.

Заключение.

### **6. Организация мониторинга земель в РФ**

Введение (актуальность, определение мониторинга земель, ссылка на руководящий документ, цели и задачи).

1. Строение, состав и свойства почв.
2. Изменение почв под воздействием человека.
3. Категории земель
4. Мониторинг земель.
5. Пробоотбор и пробоподготовка почв к анализам.
6. Методы анализа проб почвы.

Заключение.

### **7. Мониторинг лесов в РФ**

Введение (актуальность, определение мониторинга, ссылка на руководящий документ, цели и задачи).

1. Состояние лесного фонда в РФ.
2. Лесопользование.
3. Организация мониторинга лесов.
4. Виды лесного мониторинга (лесопатологический, лесопожарный и др.).

Заключение.

### **8. Биологический мониторинг**

Введение.

1. Чувствительность живых организмов к различным загрязнителям.
2. Оценка качества воды, атмосферного воздуха, почвы с использованием индикаторных видов (биоиндикация).

3. Организация биологического мониторинга (ботанического, мониторинга животного мира и др.).

Заключение.

## **9. Мониторинг радиационного загрязнения окружающей среды в РФ**

Введение.

1. Радиоактивное излучение, его источники.
2. Радиоактивные отходы и выбросы.
3. Влияние радиационного фактора на здоровье населения.
4. Организация системы контроля радиационной обстановки в РФ.

Заключение.

## **10. Социально-гигиенический мониторинг в РФ**

Введение.

1. Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье человека.
2. Цели и задачи социально-гигиенического мониторинга, его организация.
3. Медико-географические показатели здоровья населения в РФ.

Заключение.

## **11. Глобальная система мониторинга окружающей среды**

Введение.

1. Глобальные проблемы человечества.
2. Организация и структура глобального мониторинга (ГСМОС).
3. Классификация видов и направлений деятельности мониторинга.

Заключение.

## **12. Современные методы контроля состояния окружающей среды**

Введение.

1. Дистанционные методы.
2. Химические и физико-химические методы.
3. Биологические методы.

Заключение.

## **13. Аэрокосмический мониторинг**

Введение

1. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ).
2. Средства и методы аэрокосмического мониторинга.
3. Обработка данных.

Заключение

## **14. Организация регионального мониторинга (на примере Республики Коми)**

Введение.

1. Цели и задачи мониторинга окружающей среды в РК.
2. Виды экологического мониторинга.
3. Организации и службы, занимающиеся мониторингом ОС в РК.
4. Оценка экологической ситуации в Республике Коми.

Заключение.

## **15. Состояние лесного фонда в РФ**

Введение.

1. Мировой лесной фонд.
2. Использование лесов.
3. Влияние загрязнения на леса.
4. Воспроизводство лесных ресурсов.
5. Меры по охране лесов.

Заключение.

## **16. Проблема отходов в России**

Введение.

1. Источники отходов.
2. Виды отходов.
3. Обращение с отходами (хранение, утилизация).
4. Контроль мест хранения отходов.

Заключение.

## **17. Мониторинг морей и океанов**

Введение.

1. Источники загрязнения морей и океанов.
2. Мониторинг морской среды.
3. Международное сотрудничество в области охраны морей и океанов.

Заключение.

## **18. Защита биосферы от загрязнения**

Введение.

1. Защита атмосферного воздуха от загрязнения.
2. Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения отходами.
3. Рекультивация нарушенных земель.

Заключение.

## **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Определение понятия «экологический мониторинг».
2. Исторические сведения о развитии мониторинга в мире и России.
3. Цели и задачи экологического мониторинга.
4. Организационные и научные основы мониторинга.
5. Виды мониторинга (глобальный, региональный, локальный).
6. Глобальная система мониторинга окружающей среды. Международная геосферно-биосферная программа.
7. Классификация химических веществ по классам опасности.
8. Дистанционные и контактные методы контроля окружающей среды.
9. Аэрокосмический мониторинг.



10. Основные виды автоматизированных систем контроля окружающей среды .
11. Организация и структура мониторинга в РФ.
12. Организация мониторинга загрязнения окружающей среды в системе Росгидромета.
13. Правовое и нормативно-методическое обеспечение системы мониторинга в РФ.
14. Нормирование качества окружающей среды.
15. Основные источники загрязнения окружающей среды в РФ.
16. Загрязнение атмосферного воздуха.
17. Нормирование качества воздуха.
18. Организация мониторинга атмосферного воздуха в РФ.
19. Отбор проб воздуха и их подготовка для целей мониторинга.
20. Методы анализа проб воздуха для целей мониторинга.
21. Организация фоновых мониторингов. Выбор пунктов наблюдений.
22. Состояние гидросферы в РФ.
23. Основные источники загрязнения водных объектов в РФ.
24. Нормирование качества воды.
25. Мониторинг поверхностных вод суши в РФ.
26. Мониторинг загрязнения морей.
27. Отбор проб воды и их подготовка для целей мониторинга.
28. Методы анализа проб воды для целей мониторинга.
29. Состояние геологической среды в РФ.
30. Организация государственного мониторинга состояния недр в РФ.
31. Характеристика земельных ресурсов в РФ, категории земель.
32. Источники загрязнения почв.
33. Нормирование качества почв.
34. Отбор проб почвы и их подготовка для целей мониторинга.
35. Методы анализа проб почвы для целей мониторинга.
36. Организация мониторинга земель в РФ.
37. Состояние лесного фонда в РФ.
38. Организация мониторинга лесов в РФ.
39. Биологический мониторинг. Биоиндикация и биотестирование.
40. Радиационная ситуация в РФ.
41. Нормирование радиационного воздействия на окружающую среду.
42. Организация контроля радиационной обстановки в России.
43. Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье человека.
44. Организация социально-гигиенического мониторинга в РФ.
45. Организация локального мониторинга.
46. Организация регионального мониторинга на примере Республики Коми, Московского региона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Учебная литература

1. *Алексеев, Л. С.* Контроль качества воды [Текст] : учебник / Л. С. Алексеев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2010. – 159 с.
2. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы [Текст] / под ред. Т. В. Гусевой. – Москва : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2010. – 192 с.
3. *Голицин, А. Н.* Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды [Текст] : учебник / А. Н. Голицин. – Москва : Оникс, 2010. – 336 с.
4. *Мотузова, Г. В.* Экологический мониторинг почв [Текст] : учебник / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. – Москва : Академический Проект ; Гаудеамус, 2007. – 237 с.
5. *Тарасов, В. В.* Мониторинг атмосферного воздуха [Текст] : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В. В. Тарасов, И. О. Тихонова, Н. Е. Кручинина. – Москва : ФОРУМ, 2008. – 128 с.

### Дополнительная учебная, учебно-методическая литература

1. *Николайкин, Н. И.* Экология [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обуч. по тех. направлениям и специальностям / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова ; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). – 6-е изд., испр. – Москва : Дрофа, 2008. – 623 с. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/53452/>. – Загл. с экрана.
2. Экология [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обуч. по напр. подготовки «Экономика» и экон. специальностям / В. Д. Валова (Копылова) ; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Дашков и К, 2012. – 360 с. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/115790/>. – Загл. с экрана.
3. Экологический мониторинг [Текст] : учеб.-метод. пособие для преп., студ., учащихся / под ред. Т. Я. Ашихминой. – Санкт-Петербург : Академический проект. – [Б. м.] : Альма Матер, 2008. – 416 с. – (Gaudeamus).
4. Экологический мониторинг [Текст] : учеб.-метод. пособие. – Сыктывкар : Изд-во СГУ, 2002. – 148 с.

### Дополнительная литература

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2008 году [Текст] : ежегодник / Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Коми, Гос. учреждение Респ. Коми «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Респ. Коми». – Сыктывкар : [б. и.], 2009. – 120 с.
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2009 году [Текст] : ежегодник / Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Коми, Гос. учреждение Респ. Коми «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Респ. Коми». – Сыктывкар : [б. и.], 2010. – 120 с.
3. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2010 году [Текст] : ежегодник / Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Коми, Гос. учреждение Респ. Коми «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Респ. Коми» ; ред. кол. Ю. В. Лисин [и др.]. – Сыктывкар : [б. и.], 2011. – 116с.
4. Инженерная экология [Текст] : научно-аналитический журнал. – Выходит раз в два месяца.  
2009. – № 2, 3;  
2010. – № 1, 2.
5. Использование и охрана природных ресурсов в России [Текст] : науч.-информационный, проблемно-аналитический бюллетень. – Выходит раз в два месяца.

2008. – № 4–6;  
2009. – № 1–3;  
2010. – № 1, 2.
6. Окружающая среда [Текст] : энциклопедический словарь-справочник : 1 500 терминов : в 2-х томах : пер. с нем. Т. 1. А – О. – Москва : ПРОГРЕСС, 1999. – 304 с.
7. Окружающая среда [Текст] : энциклопедический словарь-справочник : 1 500 терминов : в 2-х томах : пер. с нем. Т. 2. П – Я. – Москва : ПРОГРЕСС, 1999. – 304 с.
8. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов [Текст] : обзорная информация. – Москва : РАН ; Москва : ВИНТИ. – Выходит ежемесячно.  
2008. – № 1–12;  
2009. – № 1–9;  
2010. – № 1–6;  
2012. – № 1–6.
9. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов [Текст] : реферативный журнал : отдельный выпуск. – Москва : ВИНТИ. – Выходит ежемесячно.  
2007. – № 1–12.
10. Экологическая экспертиза [Текст] : обзорная информация. – Москва: РАН ; Москва : ВИНТИ. – Выходит раз в два месяца.  
2008. – № 1–6;  
2009. – № 1–6.
11. Экологический вестник России [Текст]. – Выходит ежемесячно.  
2008. – № 7–12;
12. Экологический энциклопедический словарь [Текст] / ред. А. С. Монин. – Москва : Ноосфера, 2002. – 930 с.
13. Экология и жизнь [Текст] : научно-популярный и образовательный журнал. – Выходит ежемесячно.  
2008. – № 1–12;  
2009. – № 1–6;  
2010. – № 1–6.
14. Экология производства [Текст] : науч.-практ. журнал. – Выходит ежемесячно.  
2008. – № 7–12;  
2009. – № 1–9;  
2010. – № 7–12;  
2011. – № 1–12;  
2012. – № 1–12.

*Учебное издание*

ПАТОВА Елена Николаевна, кандидат биологических наук, доцент;  
КУЗНЕЦОВА Елена Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

---

Сан.-эпид. заключение № 11.РЦ.09.953.П.000015.01.09

---

Подписано в печать 05.03.13. Формат 60 × 90 1/16.  
Уч.-изд. л. 3,1. Усл. печ. л. 3,2. Тираж 40. Заказ № 747.

---

Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова» (СЛИ)  
167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39.  
www.sli.komi.com. E-mail: institut@sfi.komi.com.

---

Редакционно-издательский отдел СЛИ. Отпечатано в СЛИ