

Министерство образования и науки Российской Федерации
Академия наук РТ
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ

Институт проблем экологии и недропользования РТ

Ю.А. Тунакова, А.В. Желовицкая, Р.А. Шагидуллина, Д.В. Иванов

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И НОРМИРОВАНИЕ

Учебное пособие

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим центром КНИТУ-КАИ

2014

УДК 502.55+502.3+550.4

Рецензент: д.х.н., проф. Латыпова В.З.
д.х.н., проф. Фридланд С.В.

Тунакова Ю.А., Желовицкая А.В., Шагидуллина Р.А., Иванов Д.В. Экологический мониторинг. Учебное пособие/Казань: Изд-во «Отечество», 2014. 152 с.

Учебное пособие предназначено для студентов высших технических учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Техносферная безопасность», подготовки аспирантов по специальности «Геоэкология», «Экология»

Табл __, Илл. __. Библиогр.: __ назв.

ISBN 978-5-9222-0925-0

Содержание

Введение

Глава I. **Классификация, основные понятия и функции мониторинга**

1.1 Классификация систем мониторинга

1.2 Основные определения, понятия, принципы и функции экологического мониторинга

Глава 2. **Программа и организация мониторинга**

2.1. Программа мониторинга

2.2 Организация мониторинга

2.3 Информационные потребности и информационные потоки

2.4 Управление данными

Глава 3. **Мониторинг атмосферного воздуха**

3.1 Основные критерии состояния загрязнения воздушного бассейна

3.2 Организация системы наблюдений за загрязнением атмосферы

3.3 Виды наблюдений

3.4 Посты наблюдений за загрязнением атмосферы

3.4.1 Категории постов

3.4.2 Определение количества постов

3.4.3 Местоположение постов наблюдений

3.5 Определение перечня веществ, подлежащих контролю

3.6 Программа и сроки наблюдения

3.7 Отбор проб воздуха

3.8 Оборудование для отбора проб

3.9 Определение метеопараметров

3.10 Методы определения концентрации неорганических и органических загрязнений атмосферы

3.11 Анализ атмосферного воздуха с помощью газоанализаторов

Глава 4. **Мониторинг гидросферы**

4.1 Структура государственного экологического мониторинга водных объектов

4.2 Виды наблюдений за качеством поверхностных вод ОГСНК

4.2.1 Основные задачи наблюдений за качеством поверхностных вод в системе ОГСНК

4.2.2 Организация сети пунктов наблюдений за поверхностными водными объектами

4.2.3 Установление местоположения створов в пунктах наблюдений

4.2.4 Программы наблюдений за качеством воды

4.2.5 Общие и суммарные показатели качества поверхностных вод

4.2.6 Отбор проб воды

Глава 5. **Мониторинг почв**

5.1 Контроль загрязненной почвы

5.2 Контролируемые показатели состояния почв

5.3. Почвенное обследование исследования городских и промышленных зон

5.4 Отбор проб почв

5.4.1 Аппаратура, материалы, реактивы для почвенных исследований

5.4.2 Пробоподготовка к отбору проб

5.4.3 Отбор проб почвы

5.4.4 Подготовка к анализу

5.5 Методы и средства экологического контроля загрязнения почв

5.5.1 Общие требования к методам определения загрязняющих веществ в почве

5.5.2 Пробоподготовка - способы извлечение загрязняющих веществ из почвы

5.5.3 Определение токсичных органических веществ

5.6 Методы определения загрязняющих веществ в почвах

Глава 6. **Комплексные лаборатории для контроля загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы**

Глава 7. **Информационные измерительные системы**

Глава 8. **Экологическое и санитарно-гигиеническое нормирование**

8.1 Нормирование химических веществ в почве

8.2 Выбор химических веществ для нормирования

8.3 Соотношение между санитарно-гигиеническим и экологическим нормированием

8.4 Концепция экологического нормирования техногенных нагрузок на почву

8.5 Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами

Глава 9. Экологический мониторинг в республике Татарстан

9.1 Мониторинг атмосферного воздуха

9.2 Мониторинг поверхностных вод

9.3 Мониторинг почв

Список литературы

Приложения

Список условных обозначений и сокращений

ЕГСЭМ – единая государственная система экологического мониторинга
ФМ – фоновый мониторинг
ЛОС – летучие органические соединения
МОС – металлоорганические соединения
ЗВ – загрязняющие вещества
ТМ – тяжелые металлы
ЖЭ – жидкостная экстракция
ТФЭ – твердофазная экстракция
СФЭ – сверхкритическая флюидная экстракция
ТФМЭ – твердофазная микроэкстракция
ASE – Accelerated Solvent Extraction – экстракция в субкритических условиях
ПФА/ТФМЭ – парофазный анализ/твердофазная микроэкстракция
ТФМЭ/ГХ – твердофазная микроэкстракция/газовая хроматография
ТФМЭ/ВЭЖХ – твердофазная микроэкстракция/высокоэффективная жидкостная хроматография
ПФА – парофазный анализ
ПХДД/ПХД – полихлорированные дибензол-п-диоксины/полихлорированные диоксины
ПАУ – полициклические ароматические углеводороды
ПХБ – полихлорированные бифенилы
ПХДД – полихлорированные дибензол-п-диоксины
ПХДФ – полихлорированные дибензофураны
ГХ/МС – газовая хроматография/масс-спектрометрия
ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография
ГХ/ЭЗД – газовая хроматография / электрозахватный детектор
ПФА/ТФМЭ/ГХ – парофазный анализ/твердофазная микроэкстракция/газовая хроматография
СФХ – сверхкритическая флюидная хроматография
ГХ/ИК-фурье – газовая хроматография / инфракрасная – фурье спектрометрия
ВЭЖХ/ИК-фурье – высокоэффективная жидкостная хроматография/инфракрасная–фурье спектрометрия
ВЭЖХ/ГХ/МС – высокоэффективная жидкостная хроматография/газовая хроматография/масс-спектрометрия
ГХ/МС/АЭД – газовая хроматография / масс-спектрометрия / атомно-эмиссионное детектирование
ААС – атомно-абсорбционная спектрометрия
ИСП/МС – индуктивно связанная плазма / масс-спектрометрия
ИСП/АЭС – индуктивно связанная плазма / атомно-эмиссионная спектроскопия
ТСХ – тонкослойная хроматография
НСВ – нефтепромысловые сточные воды
ОВП (Eh) – окислительно-восстановительный потенциал
УГВ – уровень грунтовых вод
ЭХВ – экзогенные химические вещества
НП – нефтепродукты
ТБО – твердые бытовые отходы

Введение

Разработка механизмов рационального управления качеством среды обитания невозможна без адекватной оценки состояния природной среды и прогноза изменения этого состояния при изменении масштабов и видов техногенного воздействия.

В этой связи *экологический мониторинг* является неотъемлемым звеном в системе инженерно-экологического обеспечения техносферной безопасности. Данные, полученные в системе экологического мониторинга, должны лежать в основе комплексного использования технических, технологических и экономических средств с целью решения экологических проблем территорий, обеспечения их экономически устойчивого и экологически безопасного развития. Поскольку мониторинг атмосферы, природных и сточных вод, химического состава почв и др. позволяет не только зафиксировать степень загрязненности того или иного объекта, но и установить источник загрязнения и локализовать его, оценить эффективность используемого метода или мероприятия по очистке, ликвидации отходов, созданию безотходных технологий.

Следующим этапом после экологического мониторинга является этап *нормирования*, сопоставление мониторинговых данных с действующими нормативами.

В настоящее время в нашей стране реализуется санитарно-гигиеническое нормирование, основанное на пороговости действия и принципе антропоцентризма. В Федеральном Законе «Об охране окружающей среды» предписывается обоснование и использование в практике двух типов нормативов (статья 19):

- 1) нормативов качества окружающей среды;
- 2) нормативов допустимого воздействия на окружающую среду.

Практически все используемые нормативы качества и воздействия (статьи 21, 22) основаны на использовании предельно допустимых концентраций (ПДК) которые, как известно, имеют слабую научную обоснованность, недостаточную агрегативность и простоту интерпретации. В результате устанавливаются ошибочные приоритеты регулирования антропогенной нагрузки.

Одним из самых важных недостатков ПДК является их неизменность для всех территорий, отсутствие учёта особенностей конкретных экосистем. В новом Федеральном законе «Об охране окружающей среды» предусматривается учет природных особенностей территорий и акваторий при установлении нормативов качества окружающей среды, допустимого воздействия и допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду. В статье 14 установлен учет географических, природных, социальных, экономических и иных особенностей территорий субъектов Российской Федерации, определены дифференцированные размеры платы за негативное (вредное) воздействие на окружающую среду. Однако конкретный механизм учета территориальных особенностей при разработке нормативов в регламентирующих документах не указан.

В связи с этим еще в конце XX столетия в России был поставлен вопрос о необходимости определения экологических нормативов- адекватных ограничений существующих антропогенных воздействий, который не решен до сих пор. Под экологическим нормированием также понимают процесс разработки нормативов качества для объектов окружающей среды, соблюдение которых гарантирует нормальное функционирование экосистем различного уровня, в том числе и урбозекосистем. Экологическое нормирование отличается от санитарно-гигиенического не потенциальной оценкой экологического неблагополучия, а непосредственными его симптомами.

Разработка системы научно- обоснованных экологических нормативов невозможна без стройной, обоснованной методологии. К настоящему времени известны лишь некоторые попытки научно-обоснованной разработки экологических нормативов, идет обсуждение концептуальных основ и методической базы.

Разработка экологических нормативов связана с другими задачами прикладной экологии, такими как выбор информативных критериев, способы свертывания информации, обоснованный выбор используемых методов математического

моделирования и информационных технологий и т.д. Использование инновационных информационных технологий позволяет решать указанные задачи.

Экологический норматив должен быть детерминирован конкретным регионом и временным отрезком. Для практического использования необходимо разрабатывать нормативы на текущее время и на перспективу. Текущий уровень нормативов качества оценивается как достижимый на данном этапе развития производства. В настоящее время этой категории природоохранного нормирования соответствуют нормативы ориентировочно безопасных уровней воздействия, временно согласованных выбросов и сбросов и другие временно устанавливаемые нормативы.

Перспективный уровень оценивается как совокупность экологических нормативов, которые должны быть достигнуты к определенному сроку на основе экологического стимулирования природопользования в предшествующий период действия текущих нормативов. Это означает, что перспективные нормативы через заранее установленный промежуток времени закономерно переходят в категорию текущих. Этим обеспечивается поэтапное приближение значения антропогенной нагрузки к заданному нормативному уровню.

Если вспомнить опыт внедрения в природоохранную практику санитарно-гигиенических нормативов, то многие из них, установленные в 30-е годы 20 века, были сначала технически недостижимы. Однако в дальнейшем технологии на производстве модифицировались с целью соблюдения установленных нормативов. Поэтому разработка экологических нормативов может являться стимулом и ориентиром для повышения экологичности технологий.

Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФУНКЦИИ МОНИТОРИНГА

1.1. Классификация систем мониторинга

Мониторинг – понятие, уже ставшее интернациональным, имеет более давний российский синоним – слово «контроль», относящееся в большей степени к сфере управления. Но оба слова содержат общий смысл – наблюдение (слежение), что их и объединяет.

Термин мониторинг происходит от *monitor* – монитор (лат.) – напоминающий, надзирающий. Слово мониторинг имеет синоним – *контроль* (франц.) – наблюдение с целью проверки, относящийся в большей степени к сфере управления. Но оба термина имеют общую основу – *наблюдение*. В последнее время к слову «мониторинг» стали добавлять «экологический», вкладывая в него смысл *комплексного наблюдения за окружающей средой*.

В результате в российском законодательстве (ст. 69 Закона об охране окружающей среды) появился термин **экологический мониторинг**, который понимается и определяется как:

наблюдение за происходящими в окружающей природной среде физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, последствиями его влияния на растительный и животный мир,

обеспечение заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде, предупреждение и прогнозирование ее состояния.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. определяет экологический мониторинг в РФ как комплексную систему наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Термин «мониторинг» применительно к экологии был впервые употреблен в рекомендациях Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972 г.), согласно которым под мониторингом понималась система повторных наблюдений за состоянием окружающей среды. По мере того как изменялись представления об экологических проблемах человечества и путях их решения, перед системой мониторинга ставились новые задачи. В последнее время к слову «мониторинг» стали добавлять «экологический», вкладывая в него смысл *комплексного наблюдения за окружающей средой*.

В настоящее время **экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды)** представляет собой совокупность мероприятий, включающих в себя комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, оценку состояния и прогнозирование изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Экологический мониторинг предусматривает следующие основные мероприятия:

- выделение (определение) объекта наблюдения;
- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление информационной модели объекта наблюдения;
- планирование измерений;
- оценка состояния объекта наблюдения;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;

Основные цели экологического мониторинга – обеспечение государственной и муниципальной системы управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью современной и достоверной информацией, позволяющей:

- оценивать показатели состояния и функциональной целостности экосистемы и среды обитания человека;
- выявлять причины изменения этих показателей и оценивать их последствия;

- определять необходимые мероприятия в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются и выполнять корректировку негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб.

Исходя из этих трех целей, экологический мониторинг должен реализовывать функции *наблюдения, диагностики и раннего предупреждения*.

Основные задачи экологического мониторинга:

- наблюдение за источниками антропогенного воздействия;
- наблюдение за фактическим состоянием биосферы и ее изменением;
- наблюдение за факторами антропогенного воздействия;
- наблюдение за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием антропогенных факторов, выявление изменений обусловленных деятельностью человека;
- обобщение результатов наблюдений;
- оценка фактического состояния природной среды;
- прогноз изменения состояния природной среды под влиянием антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды.
- организация единой системы сбора и обработки данных наблюдений;
- обеспечение достоверности и сопоставимости данных наблюдений;
- организация хранения данных наблюдений, ведение специальных банков и баз экологических данных;
- оценка и прогноз состояния объектов окружающей природной среды;
- информационное обеспечение органов власти и управления комплексной информацией о состоянии окружающей природной среды и природных ресурсах, а также населения информацией о проблемах обеспечения экологической безопасности.

В настоящее время существует несколько классификаций систем мониторинга, построенных на различных подходах:

1. По территориальному принципу

- *глобальный* мониторинг – проводится в масштабах всей планеты или в пределах одного - двух материков;
- *национальный* мониторинг – проводится на территории одного государства;
- *региональный* мониторинг – проводится на большом участке территории одного государства или сопредельных участках нескольких государств, например, на внутреннем море и его побережье (Каспийское море), на протяженном водотоке (река Дунай) и т.д.;
- *локальный* мониторинг – проводится на сравнительно небольшой территории города, водного объекта, района крупного предприятия, территориально-промышленного комплекса;
- *точечный* мониторинг источников загрязнения – является максимально приближенным к источнику поступления загрязняющих веществ в окружающую среду.

В последнее время выделяются еще две системы классификации мониторинга:

- мониторинг *прогностический* – форма экологического мониторинга, позволяющая с помощью планируемого эксперимента и модельных систем исследовать вероятные (прогнозируемые) ситуации развития экосистем;
- *социально-экологический* мониторинг, включающий сбор, обработку и анализ социологической информации по вопросам экологии и охраны окружающей среды.

2. По реакции основных составляющих биосферы

- *геофизический* мониторинг – рассматривает влияние антропогенной нагрузки на геофизические (абиотические) свойства окружающей среды, например сейсмическая активность, климатические факторы;
- *биологический* мониторинг – изучает влияние деятельности человека на биотические системы (исчезновение видов, нарушение биологического равновесия);
- *экологический* мониторинг – обобщенная система, включающая в себя вышеперечисленные биотические и абиотические компоненты.

3. По наблюдениям за различными средами

- мониторинг *атмосферы* (атмосферного воздуха);
- мониторинг *гидросферы* (поверхностных и морских вод);

- мониторинг *атмосферных осадков*;
- мониторинг *почв*;
- мониторинг *биоты* (животный и растительный мир суши и воды, кроме мониторинга лесов);
- мониторинг лесов;
- мониторинг недр (геологической среды);
- мониторинг *космоса* (околоземный, орбитальный), так как интенсивное освоение околоземного пространства (с 50-х годов) привело к засорению ближнего космоса осколками космических аппаратов, число которых измеряется сотнями тысяч частиц различного размера общей массой до 3 000 тонн;
- мониторинг *криосферы* (льдов Арктики и Антарктики, горных ледников);
- *палеомониторинг* – изучение динамики состояния природной среды по археологическим образцам.

4. По факторам и источникам воздействия

- *ингредиентный* мониторинг (например, мониторинг радиоактивных излучений, тяжелых металлов, супертоксикантов, шумов, озоноразрушающих веществ и т.д.);
- мониторинг *источников загрязнения* (например, коммунальные сточные воды, автомобильный транспорт, атомная и тепло–энергетика и др.).

5. По методам наблюдений

- мониторинг *физических показателей* (мониторинг излучений, шумов и т.д.);
- мониторинг *химических показателей* (мониторинг химических веществ);
- мониторинг *биологических показателей* (например, биотестирование сточных вод);
- *дистанционный (авиационный, спутниковый)* мониторинг – дистанционное зондирование атмосферы или поверхности Земли.

К дистанционным методам относят также слежение за состоянием природной среды с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах планеты, показания которых передаются в центры наблюдения средствами дальней связи.

6. По остроте и глобальности проблемы

- мониторинг *океана*;
- мониторинг *озонового слоя*;
- мониторинг *тропических лесов* и др.

7. По виду анализируемой системы

- *медико-биологический* мониторинг;
- *экологический* мониторинг;
- *климатический* мониторинг.

В последнее время выделяются еще две системы классификации мониторинга:

- мониторинг *прогностический* – форма экологического мониторинга, позволяющая с помощью планируемого эксперимента и модельных систем исследовать вероятные (прогнозируемые) ситуации развития экосистем;
- *социально-экологический* мониторинг, включающий сбор, обработку и анализ социологической информации по вопросам экологии и охраны окружающей среды.

Легко заметить, что, перечисляя различные системы мониторинга, мы встречаем пересекающиеся понятия. Каждая система мониторинга включает в себя элементы других систем, только в низшей иерархии. Так, в региональный мониторинг включаются наблюдения в различных средах (воздух, вода, почвы), различными методами (химические, физические, биологические).

Чаще всего классификация – это прерогатива исследователя, позволяющая из набора разнородных частных определений определить общие факторы для построения моделей, анализа и прогнозирования [4–6].

Глобальная система основывается на системах национального мониторинга, которые функционируют в различных государствах согласно как международным требованиям, так и специфическим подходам, сложившимся в той или иной стране исторически или обусловленным характером экологических проблем. Международные требования, которым должны удовлетворять национальные системы, включают единые принципы разработки программ (с учетом приоритетных веществ и

факторов воздействия), обязательность наблюдений за объектами, имеющими глобальную значимость, а также передачу информации в Центр ГСМОС.

1.2 Основные определения, понятия, принципы и функции экологического мониторинга

Для понимания структуры сети мониторинга требуется, прежде всего, введение четкого понятийного аппарата. Введем следующие определения.

Объект мониторинга — выделяемый для наблюдения и контроля состояния территориально обособленный элемент живой или неживой природы, источник антропогенного и природного воздействия на нее (или их совокупности), а также выделяемая для наблюдения группа населения, находящаяся под негативным воздействием факторов среды обитания.

Предмет мониторинга — измеряемые инструментальными или иными регистрационными методами параметры состояния объекта мониторинга.

Субъект мониторинга — юридическое лицо, связанное правовыми отношениями по вопросам организации и ведения экологического мониторинга.

Система экологического мониторинга — совокупность органов управления, сил и средств, включая информационные ресурсы, уполномоченных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций, других субъектов мониторинга, в полномочия которых входит решение вопросов по организации и ведению экологического мониторинга.

Данные экологического мониторинга — документированная информация о состоянии объекта мониторинга, полученная путем измерения (регистрации) параметров состояния объектов мониторинга.

Мониторинговая информация — совокупность сведений об объектах мониторинга, включающая первичные данные измерений параметров состояния объектов мониторинга, оценки состояния окружающей природной среды и других объектов мониторинга, прогнозные оценки и рекомендации.

Информационные ресурсы в системе экологического мониторинга — документы и массивы документов в информационной системе (библиотеки фондовых материалов, базы данных экологического мониторинга, данные мониторинговых исследований, архивные документы, прогнозы и результаты аналитической деятельности структурных элементов системы мониторинга).

Мониторинговые исследования — исследования, проводимые с целью выделения объектов мониторинга, определения нормы его состояния и установления параметров состояния объекта мониторинга, по которым должны проводиться регулярные наблюдения и контроль.

ГЛАВА 2. ПРОГРАММА И ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА

2.1 Программа мониторинга

Программа мониторинга охватывает многие аспекты деятельности, связанные с планированием сети мониторинга, отбором проб и последующим их лабораторным анализом.

Выбор переменных является одним из важнейших этапов в планировании сети мониторинга и проводится на основе их показательности для оценки воздействий. По соображениям эффективности количество переменных величин, включенных в программы мониторинга, следует ограничить только теми, для которых четко определены методы их дальнейшего использования.

При введении в программы мониторинга какой-либо новой переменной величины дополнительные затраты на ее получение должны быть проанализированы с позиции эффективности таких затрат. Ограничивает выбор переменных наличие надежных и приемлемых для практического применения аналитических методов получения переменных.

Выбор участков для отбора проб является вторым важнейшим этапом планирования сети мониторинга. Выбирая такие участки, следует, прежде всего, исходить из того, что все виды мониторинга должны проводиться в рамках природных образований – ландшафтов. Поэтому выбору мест наблюдений должна предшествовать ландшафтная съемка местности.

Выбранное для отбора проб место должно быть четко привязано к определенному элементу ландшафта. Кроме того, это место помимо территориальной представительности должно еще удовлетворять как минимум требованиям долговременной неизменности использования и стабильности в настоящем и будущем, минимальности размеров и возможности отбора проб разных типов.

Следует стремиться к тому, чтобы пробы разных типов отбирались в одном и том же месте, что должно облегчить комплексное использование количественных и качественных данных мониторинга, например, для расчета нагрузок на окружающую природную среду. Это означает, что при выборе места наблюдения наряду с природными условиями, такими как микроклимат, геоморфологическое положение, рельеф, растительный фонд и т.д., важную роль играет и учет антропогенных влияний.

Периодичность отбора проб должна быть основана на изменчивости концентрации загрязняющих веществ в природных средах, а также других переменных величин, наблюдение за которыми ведется в рамках программ мониторинга, и на статистическом значении и требованиях точности результатов анализа.

Кроме этих общих требований при определении периодичности отбора проб следует учитывать и природные ежедневные, сезонные и другие циклы.

Мониторинг может вестись как в реальном режиме времени (непрерывное измерение, наблюдение дистанционными способами), так и путем измерения параметров состояния объектов мониторинга через регулярные интервалы времени или по специальному регламенту.

Непрерывными наблюдения называются тогда, когда с помощью того или иного прибора получают непрерывные значения переменных величин.

Дискретными наблюдения называются тогда, когда отбор проб или непосредственные измерения осуществляются через определенные промежутки времени. Для дискретных наблюдений важно установить критерии, по которым происходит выбор момента наблюдения, то есть целенаправленно, случайно и т.д.

Методы измерений, применяемые в программах мониторинга, должны быть аттестованы, описаны и стандартизованы. Требуемая чувствительность, надежность и точность аналитических методов зависит от соответствующих допусков, установленных для использования информации. Использование более эффективных, например по пределам обнаружения или по точности, методов измерений должно производиться лишь в случае невозможности соблюдения установленных соответствующих пределов другими методами и в случае достаточной эффективности затрат, связанных с внедрением таких методов.

2.2 Организация мониторинга

Комплексность экологических проблем, их многоаспектность требует единого системного подхода к их решению. Система единого экологического мониторинга охватывает разработку и использование средств и методов наблюдений, оценку и выработку рекомендаций для управления качеством среды обитания. Решение комплексных задач экологического мониторинга в масштабах государства связано с известными трудностями, в первую очередь, обусловленными участием в создании и реализации единой системы большого числа исполнителей, преследующих определенные ведомственные интересы.

Национальный мониторинг состояния атмосферного воздуха в нашей стране осуществляет общегосударственная служба, организованная на базе наблюдательных, оперативных и научных органов Госкомгидромета, Министерства природных ресурсов, Минздрава России и ряда других ведомств, осуществляющих национальный мониторинг.

Национальная система мониторинга опирается на существующую в Госкомгидромете информационную систему получения, подготовки и представления информации. Для этого на базе Гидрометслужбы (позднее преобразованной в Госкомгидромет) в 1972 году была создана Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения природной среды (ОГСНК).

Основная цель создания ОГСНК – обеспечение заинтересованных государственных и общественных органов, предприятий и учреждений систематической информацией об уровне загрязнения окружающей среды и прогноз его изменений под влиянием антропогенных воздействий.

Информационная система ОГСНК строится по иерархическому принципу и состоит из нескольких уровней:

- первый уровень – станции наблюдения;
- второй уровень – территориальные и региональные центры, где обобщают и анализируют материалы, а также составляют местные прогнозы и дают оценку состояния атмосферы по территории этих центров;
- третий (высший) уровень – Гидрометцентр России и другие головные организации, которые разрабатывают прогнозы и определяют состояние атмосферы в национальном и глобальном масштабах.

В обработанном и систематизированном виде полученная информация представлена в кадастровых изданиях, таких как «Ежегодные данные о составе и качестве поверхностных вод суши» (по гидрохимическим и гидробиологическим показателям), «Ежегодник состояния атмосферы в городах и промышленных центрах» и др.

Помимо ОГСНК, входящей в систему Росгидромета (Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды), экологический мониторинг осуществляется целым рядом министерств и ведомств (табл. 2).

Табл. 2. Государственные организации, ответственные за экологический мониторинг в Российской Федерации

Организации	МПР	ГМ	СЭС	Зем	С/х	Стр*	НИИ**	Стат†
Состояние окружающей среды и источники воздействия								
Воздух	+	+	+			+		±
Вода	+	+	+			+		±
Почвы	±	+	±	+	±	+		±
Растительность	+	±		±	+	±		±
Фауна	+	±						±
Выбросы, сбросы, отходы								
Выбросы	+	±				±	+	+
Сбросы	+	±				±	+	+
Твердые отходы	+	±	±			+	±	+
Радиоактивные отходы	±	±	+					+

- Обозначения: + — существенный объем информации; — ограниченная информация / отдельные вопросы.
- Сокращения: МПР — Министерство природных ресурсов; ГМ — Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; СЭС — Государственная санитарно-эпидемиологическая служба (Департамент Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения); Зем — Федеральная служба земельного кадастра; С/х — Министерство сельского хозяйства и продовольствия России; Стр — Государственный комитет по строительству и жилищно-коммунальному комплексу; НИИ — отраслевые научно/исследовательские учреждения (в государственной собственности); Стат — Государственный комитет по статистике.
- * Главным образом, строительные нормы и правила.
- ** Методики, рекомендации, отдельные, как правило, несистематические исследования и т.п.
- † Накопление и обобщение данных.

Региональный мониторинг не только является частью национального мониторинга, но и решает задачи, специфические для данной территории. В проведении регионального мониторинга участвуют организации министерств и ведомств, ответственных за национальный мониторинг и местные природоохранные организации.

Основная задача регионального мониторинга – получение более полной и детальной информации о состоянии окружающей среды региона и воздействии на нее антропогенного фактора, что не представляется возможным сделать в рамках глобального и национального мониторинга, так как в их программах нельзя учесть особенности каждого региона.

К сожалению, в настоящее время отсутствует полноценный обмен информацией между ведомствами, осуществляющими мониторинг, что во многих случаях приводит к дублированию усилий, снижает эффективность всей системы мониторинга и затрудняет доступ к необходимой информации. В 1993 г. Постановлением Совета Министров — Правительства РФ от 24 ноября 1993 г. № 1229 было утверждено решение о создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая должна была объединить возможности и усилия различных служб для решения задач комплексного наблюдения, оценки и прогноза состояния среды в Российской Федерации. ЕГСЭМ как единый центр экологического мониторинга призван обеспечивать:

- координацию разработки и выполнения программ наблюдений за состоянием окружающей среды;
- регламентацию и контроль сбора и обработки достоверных и сопоставимых данных;
- хранение и анализ информации, ведение специальных банков данных, их согласование, создание межрегиональных сетей и государственной информационной системы с выходом на международные эколого-информационные системы;
- деятельность по оценке и прогнозу состояния объектов окружающей природной среды, природных ресурсов, откликов экосистем и здоровья населения на антропогенное воздействие;
- доступность интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей.

Создаваемая ЕГСЭМ имела иерархическую структуру, как и существующая ОГСНК. С 2001 г. ЕГСЭМ продолжала развиваться в регионах, где были объединены усилия органов местного самоуправления и охраны природы, приняты законодательные акты по созданию ТСЭМ — территориальных систем экологического мониторинга. В число таких регионов входят Пермская, Иркутская, Свердловская, Самарская области, республики Татарстан, Саха (Якутия), Чувашия и другие регионы. Постановление, утверждавшее ЕГСЭМ, впоследствии было отменено Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177, в котором сформулированы цели

государственного мониторинга, распределены функции между специально уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

В ведении МПР РФ в настоящее время находится ряд функциональных подсистем экологического мониторинга, включая мониторинг состояния недр, водных объектов, лесов, животного и растительного мира. К числу основных функций МПР, кроме осуществления государственного мониторинга, относится координация «деятельности федеральных органов исполнительной власти по организации и осуществлению экологического мониторинга», а также обеспечение «совместимости информационных систем и баз данных о состоянии окружающей среды».

С 1994 года согласно постановлению Совета Министров формируется Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая призвана играть важную роль в государственной системе управления природоохранной деятельностью в Российской Федерации. Создаваемая система экологического мониторинга является сложной организационно-технической системой, включающей в себя тысячи объектов мониторинга, а также субъектов мониторинга, связанных правоотношениями по вопросам организации и ведения экологического мониторинга. Материальной основой функционирования системы экологического мониторинга является мощный комплекс принадлежащих различным субъектам мониторинга (государственные органы, природопользователи, специализированные и научные организации и др.) аппаратных средств ведения мониторинга, средств получения, передачи и обработки мониторинговой информации.

Основными задачами системы экологического мониторинга в рамках федеральных, федерально-территориальных, региональных и территориальных программ являются:

- разработка и контроль выполнения наблюдения;
- организация и проведение измерений;
- обеспечение достоверности, полноты и сопоставимости измерений;
- управление данными измерений (сбор, обработка, хранение, передача и т.д.);
- организация и проведение оперативного наблюдения и измерений экологической обстановки в результате природно-техногенных аварий и катастроф;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- разработка и реализация единой научно-технической политики в области экологического мониторинга.

При формировании программ наблюдения следует исходить из необходимости наблюдения за антропогенными нагрузками на природно-техногенные объекты, контроля соблюдения экологических и санитарно-гигиенических нормативов. Необходимо также предусматривать возможность установления собственно экологических нормативов на основе данных наблюдений с учетом местных и региональных природных и техногенных условий.

Организационно и функционально ЕГСЭМ строится по сотовому принципу, который обеспечивает, с одной стороны, самостоятельность действий отдельных структур ЕГСЭМ, с другой стороны, позволяет все самостоятельные структурные элементы объединить в единую систему.

Организационные принципы построения ЕГСЭМ связаны с обеспечением целенаправленной деятельности различных ведомств, организаций, предприятий и других коллективов специалистов, вовлеченных в процесс получения информации, ее сбора, хранения и передачи.

Каждый из иерархических уровней организации ЕГСЭМ, органически связанный с соответствующим уровнем управления экологической безопасностью, имеет свои особенности и принципы формирования.

Распределение функций между центральными и территориальными органами исполнительной власти следующее:

Министерство природных ресурсов РФ и областное Министерство природных ресурсов:

- координация деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области мониторинга окружающей природной среды (ОПС);

- организация мониторинга источников антропогенного воздействия на ОПС и зон их прямого воздействия;
- организация мониторинга животного и растительного мира, наземной флоры и фауны (кроме лесов);
- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем, ведение с заинтересованными министерствами и ведомствами банков данных об окружающей природной среде, природных ресурсах и их использовании.
- мониторинг недр (геологической среды), включая мониторинг подземных вод и опасных геологических процессов;
- мониторинг водной среды водохозяйственных систем и сооружений в местах водозабора и сброса сточных вод.

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и областной центр (управление) гидрометеорологии и мониторинга ОПС:

- организация мониторинга состояния атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, околоземного космического пространства, в том числе комплексного фонового и дистанционного мониторинга окружающей природной среды;
- координация развития и функционирования ведомственных подсистем мониторинга загрязнения окружающей природной среды;
- ведение государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении.

Министерство лесного хозяйства РФ и областное управление лесами:

- мониторинг состояния лесных ресурсов и земель лесного фонда;
- мониторинг объектов животного мира, отнесенных к вредителям леса.

Роскартография:

- топографо-геодезическое и картографическое обеспечение ЕГСЭМ, включая создание цифровых карт и геоинформационных систем (ГИС).

Госкомитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ:

- мониторинг воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения;
- социально-гигиенический мониторинг.

Областной центр санэпиднадзора:

- мониторинг в части оценки качества воды источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также оценки состояния водных объектов, содержащих природные лечебные ресурсы;
- мониторинг животных, предоставляющих опасность для здоровья человека.

МЧС РФ:

- мониторинг загрязнения окружающей среды при чрезвычайных ситуациях и техногенных авариях.

Минобороны РФ:

- мониторинг окружающей среды и источников воздействия на военных объектах;
- обеспечение ЕГСЭМ средствами и системами военной техники двойного применения.

Областной комитет водного хозяйства:

- мониторинг водной среды водохозяйственных систем и сооружений в местах водозабора;
- мониторинг поверхностных водных объектов.

Координация работы государственных и ведомственных служб и сетей наблюдения касается, прежде всего, координации программ наблюдения. Такую координационную деятельность призвано осуществлять в рамках ЕГСЭМ Министерство природных ресурсов, при этом каждая из государственных систем сохраняет свою функциональную и организационную деятельность.

2.3 Информационные потребности и информационные потоки

Данные, получаемые в рамках программ экологического мониторинга, должны быть аттестованы, архивированы и доступны для потребителя или пользователя. Главная цель программ мониторинга заключается в преобразовании данных в сведения, которые удовлетворяют конкретным потребностям в информации.

Функционирование системы мониторинга связано с организацией движения информационных потоков. Так, организационные принципы построения ЕГСЭМ связаны с обеспечением целенаправленной деятельности различных ведомств, организаций, предприятий и других коллективов специалистов, вовлеченных в процесс получения информации, ее сбора, хранения и передачи.

Важнейшим этапом разработки успешной, рациональной и экономически эффективной программы мониторинга является четкое определение и конкретизация информационных потребностей и целей мониторинга. Конечная цель мониторинга – обеспечить получение информации, а не только данных, поэтому необходима конкретизация информационных потребностей.

Во-первых, следует определить критерии оценки качества природных сред и экосистем. Такие критерии не могут быть просто перечнем произвольно названных потребностей, они должны подводить к разработке соответствующей стратегии оценки.

Во-вторых, необходимо провести отбор соответствующих переменных для мониторинга. Они должны в достаточной степени характеризовать эмиссии (сбросы и выбросы) загрязнителей или отражать формы использования природных сред и территорий, либо характеризовать проблемы качества природных сред и/или быть полезными при проверке эффективности применяемых природоохранных мер.

В-третьих, следует для каждой переменной, используемой в мониторинге, установить соответствующий диапазон значений.

В-четвертых, необходимо уточнить требования к форме представления информации, например, индексы, показатели и т.д.

В процессе мониторинга информационные потребности изменяются из-за происходящих изменений хозяйственной деятельности, смены природоохранной политики, поэтому информационные потребности со временем нуждаются в корректировке. При этом не следует игнорировать необходимость обеспечения непрерывности временных рядов данных, получаемых в ходе измерений. Непрерывность необходима для надежного обнаружения существенных изменений в природной среде.

Информационные ресурсы в системе мониторинга имеют правовой статус, являются государственной собственностью и подлежат правовой защите наряду с другими ресурсами. Управление информационными ресурсами в системе экологического мониторинга ведется с соблюдением единых правил обработки, передачи, использования, документирования, архивирования и уничтожения информации.

2.4 Управление данными

Система управления данными является одним из важнейших элементов ЕГСЭМ. Каждый из иерархических уровней организации ЕГСЭМ органически связан с соответствующим уровнем управления данными и имеет свои особенности и принципы формирования. Так, Федеральный уровень предназначен для работы с информацией, получаемой территориальными системами экологического мониторинга, государственными и ведомственными службами и сетями наблюдений. Основной задачей федерального уровня ЕГСЭМ является принятие решений в области охраны окружающей среды и экологической безопасности на федеральном уровне.

В системе мониторинга создается единый банк данных мониторинга и специализированная сеть передачи данных. Банк данных имеет распределенную структуру. Данные мониторинга поступают, обрабатываются и используются в целях управления охраной окружающей среды в информационно-аналитических центрах различного уровня (предприятия, муниципалитета, области), соединенных между собой телекоммуникационными каналами.

Таким образом, основными элементами системы управления данными являются информационно-аналитические центры. Такие центры играют важную роль в организации и функционировании системы экологического мониторинга не только на территориальном, но и на федеральном уровне организации сбора, обработки и представления информации.

На федеральном уровне работает Федеральный информационно-аналитический центр (ФИАЦ) экологического мониторинга. На территориальном уровне действует Территориальный информационно-аналитический центр (ТИАЦ). Через данные центры

осуществляется информационное взаимодействие между субъектами мониторинга. С уровня ТИАЦ осуществляется информационное обеспечение лиц, принимающих решения в области охраны природы и обеспечения экологической безопасности на локальном, местном и территориальном уровнях. Как правило, такие центры осуществляют свою деятельность при непосредственном руководстве со стороны территориальных органов Министерства природных ресурсов (Минприроды). В ряде субъектов федерации принята другая схема управления ТИАЦ, например, непосредственно с уровня администрации территории. Однако и в этом случае научно-методическое руководство и многие другие управленческие задачи в деятельности ТИАЦ решаются непосредственно органами Минприроды.

ТИАЦ – один из важнейших сотовых элементов системы управления данными в ЕГСЭМ, обеспечивающий:

- сбор данных измерений и наблюдений от измерительных систем, пунктов наблюдения, специализированных аналитических лабораторий и т. д.;
- хранение данных измерений;
- обработку данных измерений и наблюдений с целью получения показателей соблюдения, диагностики и раннего предупреждения;
- формирование информационных потоков для передачи потребителям на территориальном и федеральном уровнях;
- контроль выполнения специализированных и тематических программ мониторинга.

Важная роль отводится ТИАЦ в плане формирования и ведения специализированных баз и банков данных. Особую роль играет составление и ведение кадастра воздушных и водных эмиссий, который формируется на основе инвентаризации источников загрязнения.

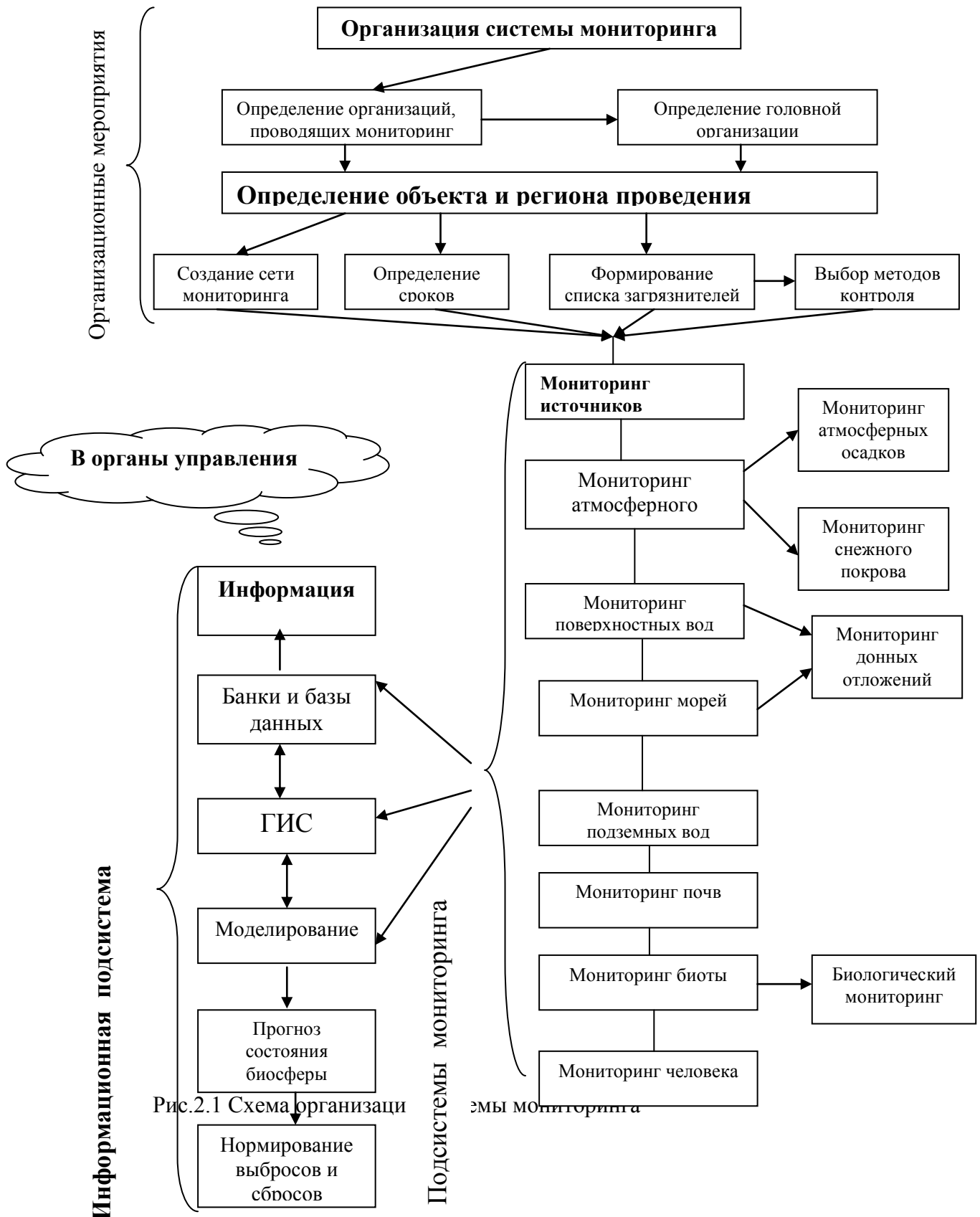
Эффективность управления качеством среды обитания во многом определяется оперативностью доступа к необходимой информации экологического характера (сведения об источниках антропогенного загрязнения среды обитания, результаты аэрокосмического зондирования территорий, данные медико-биологических и социальных исследований, сведения о географическом положении региона, информация о функциональном использовании территорий и др.), возможностью связывать эти данные друг с другом, сравнивать, анализировать, просто просматривать в удобном и наглядном виде, создавая на их основе необходимую схему, чертеж, карту, диаграмму.

На современном уровне развития вычислительной техники наиболее широким спектром возможностей для решения такого класса информационных задач на федеральном и региональном уровнях обладают геоинформационные системы (ГИС). ГИС играют в системе управления данными в экологическом мониторинге важную роль не только как средство отображения информации в удобном для лиц, принимающих решения, виде, но как важнейший инструмент идентификации состояния объекта управления.

Практически все данные, характеризующие загрязненность природных сред, состояние растительности, расположение источников эмиссии, потоки веществ между природными средами и др., имеют явно выраженный пространственно-временной характер. Это обстоятельство позволяет в качестве информационной модели исследуемого объекта или явления использовать информационный портрет экологической обстановки как совокупность графически представленных пространственно-распределенных данных на определенной территории совместно с картографической основой местности.

ГИС представляют собой новый тип интегрированных информационных систем, в концепции которых заложены всесторонние возможности сбора, накопления, визуализации и анализа любых распределенных в пространстве или привязанных к конкретному месту данных. Комплексный системный анализ информации в ГИС проводится на основе использования методов моделирования, экспертных оценок и ряда других методов.

Организацию системы мониторинга любого уровня, этапы проведения, систему управления данными можно представить с помощью схемы, изображенной на рис. 2.1.



Глава 3. Мониторинг атмосферного воздуха

3.1 Основные критерии состояния загрязнения воздушного бассейна

Основной способ выражения концентраций при анализе воздуха – г/м³, а также производные кг/м³, г/дм³, мг/м³, мкг/м³ – количество компонента в единицах массы, содержащееся в единице объема воздуха.

Содержание примесей в атмосфере, определяемое по данным наблюдений, очень быстро меняется во времени и пространстве. Поэтому данные наблюдений за концентрациями примесей рассматриваются как совокупность случайных величин – единичных разовых показателей загрязнения атмосферы.

Чтобы оценить и систематизировать состояние загрязнения воздуха, т.е. определить, является уровень загрязнения высоким или низким, обычно применяются следующие статистические характеристики (формулы для расчета приведены в табл. 3.1):

- среднее арифметическое значение концентрации примеси (выражает концентрацию примеси в определенной точке, осредненную за определенный временной интервал);
- среднее квадратическое отклонение (определяет изменчивость концентрации примеси);
- коэффициент вариации (выражает долю изменчивости по отношению к среднему значению концентрации примеси).

Все статистические характеристики рассчитываются для различного осреднения по времени и пространству. Среднее арифметическое значение концентрации примеси является единичным осредненным (основным) показателем загрязнения атмосферы.

Таблица 3.1

Характеристики состояния атмосферы

Характеристика	Метод расчета	Использование
Среднее арифметическое значение концентрации примеси, измеренных n раз	$q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$	Для оценки однородности рядов наблюдений, для дальнейших расчетов
Среднее квадратическое отклонение результатов измерений от среднего арифметического	$g_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_{cp})^2}{n - 1}}$	Для получения информации об изменчивости среднего, для статистического анализа распределения концентраций
Коэффициент вариации концентрации примеси	$V = \frac{g}{q}$	Для оценки доли изменчивости концентрации примеси

Чтобы по результатам наблюдений определить степень загрязнения воздуха, измеренные значения концентраций загрязнителей сравнивают с его предельно допустимыми значениями. Величины ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе определены в основном в мг/м³. Различают два типа предельно допустимых концентраций: максимальные разовые ПДК (ПДК_{мр}) и среднесуточные ПДК (ПДК_{сс}).

ПДК_{мр} называют максимальной разовой концентрацией вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна вызывать негативных реакций в организме человека при кратковременном вдыхании.

ПДК_{сс} называют среднюю суточную концентрацию вредного вещества, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия в условиях круглосуточного вдыхания.

Следует отметить, что принятым в РФ видам ПДК, максимальным разовым и среднесуточным, соответствуют периоды осреднения 0,3 и 24 ч, тогда как в ряде зарубежных стран нормативы загрязнения имеют более оправданные периоды осреднения, начиная от 0,5 ч до года, позволяющие учесть возможность длительного воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения.

В приложении 1 приводятся название химического вещества, значения ПДК максимальной разовой и среднесуточной ПДК, класс опасности веществ (1–4). ПДК устанавливаются на основании лимитирующего показателя вредности.

Лимитирующий показатель характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное или резорбтивное. Под *рефлекторным* действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.д. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК. *Резорбтивное* действие – возможность общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества, но и длительности его вдыхания.

С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК. На сегодняшний день установлены ПДК для более чем 700 соединений. Вещества, обладающие чрезвычайно высокой биологической активностью, запрещены к выбросу в атмосферный воздух. В настоящее время таких веществ около 40.

Единичные, разовые концентрации примеси обычно сравнивают с его максимальной разовой предельно допустимой концентрацией и определяют число случаев, когда были превышены ПДК, а также во сколько раз наибольшее значение было выше ПДК. Среднее значение концентрации за месяц или за год сравнивается с ПДК длительного действия – среднесуточной ПДК. Определяют индекс загрязнения атмосферы отдельной примесью (ИЗА):

$$I_i = \frac{q_{cp.}}{ПДК_{cc.}}$$

Поскольку с помощью ИЗА характеризуется уровень загрязнения атмосферы одним веществом, состояние загрязнения воздуха несколькими веществами, контролируемые в атмосфере города, оценивается с помощью комплексного показателя – индекса загрязнения атмосферы (КИЗА).

$$I_{in} = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{cz}}{ПДК_{cc}} \right)^{s_i}$$

При расчете КИЗА степень загрязнения атмосферы оценивается по степени превышения ПДК с учетом класса опасности.

Загрязняющие вещества в воздушном бассейне по вероятности их неблагоприятного влияния на здоровье населения делят на 4 класса: 1-й – чрезвычайно опасные, 2-й – высоко опасные, 3-й – умеренно опасные и 4-й – мало опасные. Учет класса опасности определяется «приведением» концентраций веществ, нормированных по ПДК, к концентрациям вещества 3-го класса опасности – диоксида серы.

Использование константы s основано на предположении, что на уровне ПДК все вредные вещества характеризуются одинаковым влиянием на человека, а при дальнейшем увеличении концентрации степень их вредности возрастает с различной скоростью, которая зависит от класса опасности вещества. Для 1-го класса опасности s составляет 1,7, для 2-го класса опасности – 1,3, для 3-го – 1,0, для 4-го – 0,9.

Для сравнения степени загрязнения атмосферы различных городов (населенных пунктов), различных районов одного города рекомендуется использовать в качестве характеристики уровня загрязнения КИЗА, рассчитанное по определенному количеству ингредиентов, вносящих наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферы. Чаще всего рассчитывают КИЗА по пяти приоритетным ингредиентам, так называемое КИЗА пять (КИЗА₅). КИЗА₅ также применяется для оценки временной (многолетней) тенденции изменения состояния загрязнения атмосферы одного города (населенного пункта).

Указанное ранжирование по классам состояния атмосферы выполнено в соответствии с классификацией уровней загрязнения по четырехбалльной шкале (табл. 3.2):

- класс «нормы» соответствует уровню загрязнения воздуха ниже среднего по городам страны;
- класс «риска» равен среднему уровню;
- класс «кризиса» – выше среднего уровня;

класс «бедствия» – значительно выше среднего уровня.

Таблица 3.2

Критерий оценки состояния загрязнения атмосферы по комплексному индексу (КИЗА)

Показатель состояния	Классы экологического состояния атмосферы			
	Норма (Н)	Риск (Р)	Кризис (К)	Бедствие (Б)
Уровень загрязнения воздуха	менее 5	5–8	8–15	более 15

Для химических веществ, свойства которых и механизмы действия на человеческий организм недостаточно изучены, вводится временный норматив максимально допустимого содержания в атмосферном воздухе – *ОБУВ* – *ориентировочно безопасные уровни воздействия*. ОБУВ устанавливаются сроком на три года, по истечении которого пересматриваются или заменяются на ПДК. Кроме того, в перечнях указываются вещества и их комбинации, обладающие эффектом суммации, т.е. усилением вредного воздействия при совместном присутствии в атмосферном воздухе. Для таких соединений сумма их концентраций не должна превышать 1:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} \dots \frac{C_n}{ПДК_n} < 1$$

На международном уровне пока не нормируются предельные концентрации загрязняющих веществ в воздухе, установление ПДК отнесено к компетенции правительств суверенных государств. ПДК основных загрязнителей атмосферы, нормируемые в различных странах, обобщены в справочниках.

3.2 Организация системы наблюдений за загрязнением атмосферы

Рассмотрим принципы выбора веществ для наблюдений на станциях глобального, национального, регионального и локального мониторинга.

Глобальное и макромасштабное региональное загрязнение среды антропогенными веществами практически полностью определяется дальним атмосферным переносом и последующим поступлением загрязняющих веществ в другие среды: почву, воду, биоту. Только очень ограниченное число веществ играет существенную роль в таком загрязнении. Это связано с тем, что возможность макромасштабного загрязнения лимитируется временем жизни вещества или продуктов его превращений в природных средах, токсичностью, способностью вызывать в этих средах отрицательные эффекты.

Скорость распространения воздушных масс при дальнем переносе обычно составляет от нескольких сотен до тысячи километров в сутки. Поэтому на большие расстояния могут распространяться вещества с временем жизни в атмосфере более 5 суток. Заметное накопление вещества при поступлении из атмосферы в воды и почвы происходит, если его время жизни этих средах не менее года.

Отрицательные эффекты от загрязнения могут возникать лишь при достаточно больших объемах выбросов, при которых накапливаются значительные количества вещества и достигаются относительно высокие концентрации. Для большинства веществ такое накопление происходит при выбросе не менее десятков и сотен миллионов тонн в год. Однако для токсичных компонентов заметные эффекты могут отмечаться при выбросе в сотни и десятки тысяч тонн в год.

По времени жизни в атмосфере вещества могут быть выделены в две группы:

1. Вещества с временем жизни около года и более. Концентрация таких веществ в атмосфере мало зависит от распределения источников выбросов по земному шару.

2. Вещества с временем жизни порядка 10 суток и менее. Концентрация этих веществ в атмосфере тесно связана с пространственным распределением источников выбросов и различается для промышленных и фоновых районов вплоть до нескольких порядков величины.

К веществам первой группы относятся окись углерода (IV), фреоны и др., которые обнаруживаются повсеместно и имеют малые вариации концентраций. Относящиеся ко

второй группе оксид серы (IV), оксид азота (II), оксид азота (IV), характеризуются существенными вариациями концентраций в зависимости от метеорологических и синоптических условий. В промышленных районах обычно концентрации оксида серы (IV) достигают 0,05–0,10 мг/м³, в сельских районах они ниже в несколько раз, а над океанами – в 10–100 раз. Концентрации оксида азота (II) и оксида азота (IV) в промышленных районах обычно не превышают нескольких десятков микрограмма на кубический метр, в сельских районах близки к 1–2 мкг/м³.

Следовательно, мониторингу в глобальном масштабе подлежит ограниченное число ингредиентов. К ним относятся основные примеси, такие как оксид углерода, диоксид серы, диоксид азота, (эти примеси выбрасываются в больших количествах повсеместно и характеризуются относительно большим временем жизни в атмосфере), а также специфические примеси, такие как взвешенные частицы, озон, сульфаты, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-бензпирен, ДДТ и другие пестициды.

Вещества, загрязняющие атмосферный воздух в региональном масштабе, имеют ограниченное время жизни в атмосфере (несколько суток). Они способны приводить к загрязнению крупного региона, за пределами которого концентрация загрязнителя быстро падает, однако в следовых количествах может наблюдаться повсеместно.

Программа наблюдений на региональных станциях шире, чем программа мониторинга атмосферного воздуха на глобальном и национальном уровнях, но уже, чем на постах наблюдения на локальном уровне. Перечень загрязняющих веществ, подлежащих определению в атмосферном воздухе на территории региона, включает все загрязняющие вещества, определяемые в рамках глобального и национального мониторинга, а также дополняется в зависимости от специфики региональных источников загрязнения и составляется с учетом таких свойств загрязняющих веществ, как распространенность и устойчивость в окружающей среде, способность к миграции на большие расстояния, степень негативного воздействия на биологические и геофизические системы различных уровней.

Сеть региональных станций наблюдения организуется с учетом физико-географических условий, расположения промышленных, энергетических и сельскохозяйственных предприятий.

Локальный мониторинг, как правило, является составной частью регионального, но организуется и для решения задач исключительно местного масштаба. В населенные пункты с выбросами различных отраслей промышленности и автотранспорта в воздушный бассейн поступают сотни наименований вредных веществ, которые переносятся на некоторое расстояние от источников загрязнения, перемешиваются в вышележащих слоях атмосферы и рассеиваются на определенной площади, образуя локальное загрязнение. При организации и проведении локального мониторинга должны определяться приоритетные загрязнители, прежде всего, за которыми ведутся наблюдения по программам глобального, национального, регионального мониторинга атмосферного воздуха, а также приоритетные специфические загрязнители, выбрасываемые местными источниками загрязнения.

Успешное решение задач, стоящих перед системой мониторинга, зависит не только от правильного выбора примесей, содержание которых следует контролировать в рамках каждой из подсистем мониторинга; качество функционирования сети мониторинга в большой степени зависит от структуры этой сети, программы ее работы, методов измерений. В связи с этим необходимо определить оптимальные временные и пространственные параметры сети, оптимальное количество постов в населенном пункте, позволяющее оценить уровень загрязнения в нем. Рассмотрим основные подходы к формированию структуры сети мониторинга и определения оптимальных параметров ее работы.

3.3 Виды наблюдений

Измерения концентраций примесей проводят как в районе действия конкретного источника загрязнения атмосферы, так и на некотором удалении от него.

Для определения максимальных значений концентраций загрязняющих веществ, которые создаются при направленных выбросах от предприятий на тот или иной район города, а также размера зоны распространения примесей от данного предприятия

организуются *подфакельные наблюдения*. Подфакельными наблюдениями называются измерения концентраций примесей под осью факела выбросов из труб промышленных предприятий. Местоположение точек, в которых производится отбор проб воздуха для определения концентраций вредных веществ, меняется в зависимости от направления факела. Подфакельные наблюдения проводятся в районе отдельно стоящего источника выбросов или группы источников как на территории города, так и за его пределами с помощью передвижных станций наблюдения.

Измерения концентраций проводятся по оси факела на различных расстояниях от источника выброса и в точках слева и справа от линии, перпендикулярной оси факела. Наблюдения следует проводить на расстояниях 10–40 средних высот труб от источника, где особенно велика вероятность появления максимума концентраций. Такой вид обследования позволяет проследить изменение концентрации с увеличением расстояния от источника выброса, определить вклад в локальный уровень загрязнения низких и высоких источников выбросов и др.

Схема мониторинга атмосферного воздуха включает как первичное звено санитарно-промышленные и аналитические лаборатории предприятий, которые проводят «точечный» мониторинг атмосферного воздуха (*воздух рабочей зоны*) на территории непосредственно предприятия-загрязнителя. Контроль за качеством воздуха проводится также внутри цехов и рабочих помещений и зачастую дополняет производственный технологический контроль.

С целью контроля качества воздуха «точечный» мониторинг источников выбросов («подфакельные» наблюдения), и околопромышленных районов проводится также органами Санэпиднадзора (СЭН) и Госкомэкологии (ГЭК) или Минприроды. Кроме того, ГЭК и СЭН проводят локальный мониторинг воздуха в жилых кварталах, на крупных автомагистралях внутри города, в основном в наименее благополучных по экологической ситуации районах.

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и ее территориальные органы осуществляют непрерывный контроль за качеством атмосферного воздуха в населенных пунктах (локальный, региональный и национальный уровни) с целью определения основных фоновых показателей загрязнения атмосферы, решения вопросов трансграничного переноса загрязняющих веществ и выявления высоких и экстремально высоких уровней загрязнения. В системе Росгидромета наблюдения за загрязнением атмосферы регулярно проводятся в 238 городах России на 649 стационарных постах. Измеряются концентрации от 5 до 25 загрязняющих веществ.

Обследование состояния загрязнения атмосферы в городе или крупном районе организуется для выяснения причин высоких уровней концентраций примесей, установления их неблагоприятного влияния на здоровье населения и окружающую среду и для разработки мероприятий по охране атмосферного воздуха.

В зависимости от целей различают три вида обследования:

- эпизодическое – для ориентировочной оценки состояния загрязнения воздуха в населенном пункте и при выборе мест для размещения постов наблюдений;
- комплексное – для детального изучения особенностей и причин высокого уровня загрязнения, его влияния на здоровье населения и окружающую среду в целом, а также для разработки рекомендаций по проведению атмосфероохранных мероприятий;
- оперативное – для выявления причин резкого ухудшения качества воздуха.

В зависимости от вида обследования составляется программа обследования. На основании обобщенных результатов обследования разрабатываются конкретные рекомендации по проведению атмосфероохранных мероприятий и делается вывод о необходимости организации регулярных наблюдений при их отсутствии.

Так, эпизодическое обследование проводится при отсутствии регулярных наблюдений за загрязнением атмосферы и его результаты являются основанием для определения целесообразности проведения регулярных наблюдений. При разработке атмосфероохранных мероприятий для отдельного города или крупного промышленного района необходимо детальное изучение состояния загрязнения атмосферы, которое осуществляется на основании комплексного обследования.

Целями комплексного обследования являются:

- выделение районов, подверженных влиянию определенных источников загрязнения;
- изучение распределения по территории содержания загрязняющих веществ, особенно не контролируемых систематически;
- уточнение правильности расчетов нормативов ПДВ;
- изучение особенностей переноса загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах, за пределы исследуемой территории;
- изучение взаимного влияния отдельных источников загрязнения на исследуемый район.

В ходе комплексного обследования изучаются:

- 1) физико-географические характеристики исследуемого района с указанием рельефа местности, наличия водных объектов, растительных массивов (для определения количества точек наблюдения и расстояния между ними);
- 2) климатические условия распространения примесей в атмосфере (для определения метеопараметров, за которыми должны проводиться наблюдения, определения сроков проведения наблюдений);
- 3) техногенные параметры стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферы (для определения перечня предприятий и автомагистралей, подлежащих обследованию, определения приоритетного перечня веществ, подлежащих контролю).

3.4 Посты наблюдений за загрязнением атмосферы

3.4.1 Категории постов

Мониторинг атмосферного воздуха проводится на стационарных постах наблюдения (постоянные точки отбора), а также методом «маршрутных обследований».

В соответствии с нормативными документами устанавливаются посты наблюдений трех категорий: стационарные, маршрутные и передвижные (подфакельные).

Стационарный пост предназначен для непрерывных наблюдений за качеством атмосферного воздуха населенных мест.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб, когда невозможно или нецелесообразно устанавливать стационарный пост или необходимо более детально изучить загрязнение воздуха в отдельных районах, например в новых жилых кварталах города.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом для выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов.

Стационарный пост представляет собой оборудованный павильон, для маршрутных и подфакельных постов используются передвижные (автомобильные) лаборатории анализа воздуха.

Для достоверной оценки распределения концентраций примесей по территории города и разработки комплекса природоохранных мероприятий требуется изучение характера изменения уровня загрязнения атмосферы за длительный период. Корректное решение этой задачи возможно лишь по данным однородных и длительных рядов наблюдений. Выявление тренда многолетних изменений уровня загрязнения атмосферы возможно лишь по результатам наблюдений, выполняемых в течение многих лет на одних и тех же стационарных постах. Эти обстоятельства обусловили необходимость создания опорных постов сети мониторинга. Опорные посты устанавливаются из расчета один пост на 100–200 км² и размещаются таким образом, чтобы по данным наблюдений на этих постах можно было определять фоновое загрязнение атмосферы в крупном районе города.

3.4.2 Определение количества постов наблюдений

Репрезентативность наблюдений за состоянием загрязнения атмосферы в населенном пункте зависит от количества и правильности расположения постов на обследуемой территории. В связи со сложным характером распределения концентраций примесей ряд ученых рекомендует увеличивать число постов для повышения качества данных наблюдений. Чем больше постов наблюдений и чем чаще на них проводятся наблюдения, тем полнее характеризуются временные и пространственные изменения

состояния загрязнения атмосферы. Но увеличение числа постов приводит к значительным материальным затратам и резкому увеличению объема информации, которая полностью не может быть использована. Вопрос об оптимальном количестве пунктов наблюдений впервые был регламентирован ГОСТ 17.2.3.07-86 «Правила контроля воздуха населенных пунктов», согласно которому требуется устанавливать один пост на 10–20 км² в равнинной местности и один пост на 5–10 км² в пересеченной.

Для определения необходимого количества постов используются различные подходы. Наибольшее распространение получил следующий подход: территория города покрывается частой сетью постов наблюдений, далее исключаются те станции, данные наблюдений на которых коррелируют с данными наблюдений на других станциях. Таким образом, устанавливается необходимое пространственное разрешение сети. Этот подход связан со значительными материальными затратами. Более того, оказалось, что даже при большом числе постов и малых расстояниях между ними значения концентраций примесей в каждый момент времени получаются со значительной погрешностью из-за реальной погрешности измерений (10–15%), которая больше измеренного значения концентрации. Поэтому существенное увеличение плотности сети и уменьшение расстояния между постами лишь в малой степени повышает точность оценки пространственного распределения уровня загрязнения. Более важно повысить точность измерений.

В настоящее время число стационарных постов контроля атмосферного воздуха определяется в зависимости от численности населения, площади населенного пункта, степени индустриализации, рельефа местности, наличия объектов, зависящих от чистоты воздуха (природные и уникальные парки, исторические сооружения, памятники архитектуры и т.д.). Требуемое число постов, определяемое в зависимости от численности населения приводится в табл.3.3.

Таблица 3.3

Регламентируемое число постов в зависимости от численности населения

Число жителей, тыс.чел.	Количество постов
50	1
50–100	2
100–200	2–3
200–500	3–5
Более 500	5–10
Более 1000	10–20

3.4.3 Местоположение постов наблюдений

В зависимости от решаемых задач пост может находиться в зоне максимального влияния источника выбросов (определение концентрации загрязняющего вещества в конкретной точке) либо вдали от источников загрязняющих веществ (определение уровня загрязнения воздуха на большой площади). В первом случае пост предпочтительно размещать в зоне возможного появления максимальных концентраций примесей, связанных с выбросами рассматриваемого источника. Обычно такая зона находится в 0,5–2 км от низких источников выбросов и в 2–4 км от крупных промышленных предприятий. Влияние автомагистрали может быть обнаружено лишь в непосредственной близости от нее. Следует отметить, что уровень загрязнения воздуха, формирующийся под воздействием источника выбросов, может быть точно зафиксирован лишь тогда, когда этот источник расположен на территории, не подверженной воздействию других источников выбросов, или когда интересующий нас источник выбрасывает примеси, не характерные для выбросов других предприятий.

Во втором случае пост должен располагаться на открытой проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием (асфальт, твердый грунт, газон), не подвергающейся воздействию отдельно стоящих источников выбросов. Вследствие значительного перемешивания городского воздуха уровень загрязнения в районе поста будет определяться всеми источниками выбросов, расположенными на исследуемой территории.

При выборе площадки для поста следует учитывать, что если пост разместить на закрытом участке (вблизи высоких зданий, на узкой улице, под кронами деревьев или вблизи низкого источника загрязнения), то он будет характеризовать условия загрязнения, создаваемые в этом конкретном месте. Уровень загрязнения воздуха здесь может оказаться либо заниженным, из-за поглощения газов густой зеленью, либо завышенным из-за застоя воздуха и скопления вредных веществ.

Кроме того, при установке постов необходимо учитывать повторяемость ветров. При определенных направлениях ветра выбросы от многочисленных предприятий могут создавать общий факел, соизмеримый с факелом выбросов крупного источника. Если повторяемость такого направления ветра велика, то этот факел будет определять формирование зоны наибольших средних концентраций примеси в 2–4 км от основной группы предприятий, причем иногда эта зона может располагаться на окраине города с подветренной стороны.

Для характеристики распределения концентрации примеси по городу обычно устанавливается несколько постов. Посты следует располагать между жилыми массивами, в парках и зонах отдыха, в районе размещения основных промышленных объектов, а также в центре и на окраине города для получения интерполированных значений концентраций примеси между постами.

Для наиболее рационального выбора местоположения поста наблюдения необходимо на основании данных о размещении основных источников загрязнения атмосферы и их техногенных параметров выбросов, особенностей рельефа местности и розы ветров рассчитать поле максимальных концентраций примесей или провести предварительные замеры загрязнения атмосферного воздуха в заданном районе.

Выбору местоположения стационарных постов должно предшествовать ознакомление с генеральным планом развития города, чтобы исключить возможность переноса поста в связи со строительством промышленного предприятия или жилого массива.

3.5 Определение перечня веществ, подлежащих контролю

В перечень веществ, подлежащих контролю на постах наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха, включаются *основные* (определяются практически на всех постах в РФ) и *специфические* (в зависимости от размера населенного пункта, числа жителей, промышленной специализации) загрязнители. В городах согласно Руководящим документам регламентируется контролировать:

основные примеси:

- пыль (взвешенные вещества);
- диоксид серы (SO₂);
- диоксид азота (NO₂);
- оксид углерода (CO);

специфические примеси:

- оксид азота – только в городах с населением более 250 тыс.чел.;
- 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.чел.;
- пестициды – в городах, расположенных рядом с сельскохозяйственными

районами.

Перечень веществ для систематических наблюдений на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ. В результате составляется список веществ, подлежащих контролю в первую очередь.

Принцип выбора вредных веществ и определение их приоритетности (формирование приоритетного списка веществ) основано на использовании параметра потребления воздуха (ПВ). *Параметр потребления воздуха (ПВ)* – объем чистого воздуха,

необходимый для разбавления выбросов загрязняющих веществ до уровня средней допустимой концентрации.

Используют реальный и требуемый параметры потребления воздуха, которые рассчитываются по формулам:

$$\text{реальный: } ПВ_i = \frac{M_i}{q_i}; \text{ требуемый: } ПВ_{mi} = \frac{M_i}{ПДК_i},$$

где M – суммарное количество выбросов i -й примеси от всех источников, расположенных на территории города; q_i – концентрация, установленная по данным расчетов или наблюдений.

Устанавливается, будет ли средняя или максимальная концентрация примеси превышать при данных выбросах соответственно среднюю суточную ПДК_{сс} или максимальную разовую ПДК_{мр}. Если $ПВ_{mi}$ превысит $ПВ_i$, то ожидаемая концентрация примеси в воздухе может быть равна ПДК или превысит ее, следовательно, i -я примесь должна контролироваться. Перечень веществ для организации наблюдений устанавливается сравнением $ПВ_i$ с $ПВ_{mi}$ для средних ($ПВ_{сс}$) и максимальных ($ПВ_{мр}$) концентраций примесей.

Для выявления необходимости наблюдений за i -й примесью с использованием $ПВ_{сс}$ концентрацию примеси рассчитывают по заданным значениям M_i , ПЗА – потенциала загрязнения атмосферы и L_i – характерного размера города, определяемого условно как радиус круга площадью S_i , соответствующей площади города, по формуле:

$$L_i = \sqrt{\frac{S_i}{\pi}}.$$

Для специфических примесей, выбрасываемых, как правило, из одиночных низких источников вместо L_i используется L_i' – расстояние на котором средняя концентрация примеси имеет наибольшее значение (обычно принимается равным 2 км).

ПЗА для города определяется по географическим зонам (для европейской части РФ в среднем принимается равным 2,5).

На основании совместного анализа данных о суммарных выбросах и средней концентрации примеси для европейской части РФ получены эмпирические зависимости.

Для зон с ПЗА ≤ 3 зависимость имеет вид:

$$M_i = 50q_{срi}L,$$

а для городов, расположенных в зоне ПЗА > 3 зависимость имеет вид:

$$M_i = 25q_{срi}L.$$

По известным значениям M_i и L_i определяется величина концентрации i -й примеси, и сравнивается с ПДК_{сс}. Если расчетная величина концентрации i -й примеси превысит значение ее ПДК_{сс} и $ПВ_{mi} > ПВ_i$, то i -я примесь должна контролироваться.

После отбора примесей, подлежащих контролю, определяется очередность организации контроля за специфическими примесями, выбрасываемыми разными источниками. Для этого по приведенным формулам рассчитываются значения параметра требуемого потребления воздуха для i -го количества примесей, и по этим значениям определяется очередность контроля за содержанием примесей в атмосфере.

Первой в списке контролируемых примесей будет примесь с наибольшим значением $ПВ_m$, второй будет примесь со следующим значением $ПВ_m$ и т.д. Таким образом составляется первый предварительный список примесей в порядке 1,2,3. Если несколько примесей имеют одинаковые значения $ПВ_{mi}$, то сначала записывается примесь класса опасности 1, затем 2, 3 и 4.

Перейдем к оценке ожидаемой максимальной концентрации примесей. В этом случае при выборе примесей для контроля их содержания в воздухе устанавливается соотношение ($ПВ_{2i}$ и $ПВ_{2mi}$) между ожидаемой при данных выбросах максимальной разовой концентрацией i -й примеси и ее ПДК_{мр}. Значения $ПВ_{2i}$ для наиболее часто встречающихся неблагоприятных условий рассеивания (коэффициент стратификации атмосферы A ($с^{2/3}м^0С^{1/3}г$) отдельно для холодных и горячих выбросов с ΔT на соответствующих высотах H (м) и различных скоростях выхода газовой смеси из

трубы v ($\text{м}^3/\text{с}$)), полученные экспериментально по данным обследования десятков городов РФ, приведены в табл.3.4.

Таблица 3.4

Определение реального параметра потребления воздуха PB_{2i} при различных техногенных параметрах выбросов

A	v	H			v	H		
		20	50	100		50	100	250
	Низкие и холодные выбросы ($\Delta T < 50$)				Высокие и горячие выбросы ($\Delta T > 50$)			
120	1	0,3	1,6	6,6	50	3,5	14,0	87,4
120	10	0,6	3,6	14,2	1200	10,1	40,3	252,1
160	1	0,2	1,2	5,0	50	2,6	10,5	65,6
160	10	0,4	2,7	10,7	1200	7,6	30,3	189,1
200	1	0,2	1,0	4,0	50	2,1	8,4	52,4
200	10	0,3	2,1	8,5	1200	6,0	24,2	151,3
240	1	0,1	0,8	3,3	50	1,8	7,0	43,7
240	10	0,3	1,8	7,1	1200	5,0	20,2	126,1

Отдельно рассматриваются выбросы с разностью значений температуры выбрасываемой газовой смеси и окружающего воздуха $\Delta T < 50$ °C и $\Delta T > 50$ °C. За температуру окружающего воздуха принимается среднемесячная температура самого жаркого месяца. Коэффициент A для европейской территории РФ равен 160. Значения H устанавливаются с учетом следующих условий. Если примесь поступает в атмосферу от многих мелких источников и автотранспорта, то $H=20$ м. Если примеси выбрасываются из нескольких промышленных источников разной высоты, то принимаем условно $H=50$ м, что примерно соответствует средней высоте труб. Если в городе основные примеси выбрасываются в основном промышленными предприятиями с высокими трубами (ТЭЦ, ГРЭС и др.), то для них $H = 100 \div 250$ м.

По значениям M_i и $ПДК_{\text{мр}i}$ определяется параметр требуемого потребления воздуха, который сравнивается затем с PB_{2i} . Если $PB_{2mi} > PB_{2i}$, то i -я примесь включается во второй предварительный список примесей, рекомендованных для контроля.

С помощью значений PB_{2i} , приведенных в табл.3.4, определяется второй предварительный список. Этот список одновременно является списком городов, где необходимо организовать наблюдения за основными примесями.

Окончательный приоритетный список примесей, рекомендуемых для систематических наблюдений, составляется из двух списков. Сначала распределяются места в списке примесей по значению PB_{mi} . Номер первый присваивается примеси, которой соответствует наибольшее значение PB_{mi} . Затем распределяются места в порядке убывания значений PB_{2mi} .

Работа проводится в несколько этапов. Окончательный приоритетный список составляется по сумме мест в предварительных списках, составленных по значениям PB_{mi} и PB_{2mi} . При этом примеси, для которых нет $ПДК_{\text{мр}}$, включаются в список по удвоенному номеру места, полученного по значению PB_{mi} . Если несколько примесей имеют одинаковые номера мест в окончательном списке, то очередность этих примесей устанавливается по классу опасности веществ. В первую очередь записываются примеси классов опасности 1 и 2.

Пример для расчета приоритетного списка примесей, подлежащих контролю в атмосфере населенного пункта

Требуется составить приоритетный список примесей, подлежащих контролю в городе М. В соответствии с данными инвентаризации выбросов вредных веществ в городе М, коэффициент атмосферной стратификации $A = 160$; потенциал загрязнения атмосферы ПЗА=2,5; характерный размер города $L_i = 6$ км; высота выбросов $H = 50$ м, $\Delta T > 50$. В табл. 3.5 приведены значения количества выбросов M для восьми примесей (графа 2), а также значения $ПДК_{\text{сс}}$ и $ПДК_{\text{мр}}$ (графы 3 и 5). Из списка исключаются примеси, не имеющие ПДК (Изопентан).

1. Для основных примесей (диоксида азота, диоксида серы) рассчитываем по эмпирическим зависимостям концентрации примесей от массы выбросов (с учетом $L=6$

км) и записываем результат в графу 4. Сравниваем полученные значения с их предельно допустимыми концентрациями и устанавливаем, что средние концентрации диоксида серы и диоксида азота будут превышать соответствующие ПДК, и в табл.3.5 в графе 6 ставим знаки «плюс».

2. Для специфических примесей, поступающих в атмосферу от одиночных источников (акролеин, аммиак и др.) рассчитываем по эмпирическим зависимостям средние концентрации с использованием $L_i' = 2$ км, сравниваем их с предельно допустимыми концентрациями устанавливаем, что следует контролировать средние концентрации следующих примесей: аммиак, свинец и сероводород. Против них в графе 6 ставим знак «плюс», против остальных специфических записей – знак «минус».

3. Рассчитываем значения $ПВ_{2mi}$ для всех примесей, имеющих $ПДК_{мр}$ (графа 9) и сравниваем эти значения с $ПВ_{2i}$ из табл.3.4 для выбросов при $\Delta T > 50$, $H = 50$ м. Для примесей, у которых $ПВ_{2mi} > ПВ_{2i}$ ставим в графе 7 знак «плюс» (диоксид азота, аммиак, ацетон, диоксид серы, сероводород).

4. По значению $ПВ_{mi}$ для шести примесей устанавливаем номера мест с 1-го по 6-е. Они помещаются в графу 10. По значениям $ПВ_{2mi}$ номера мест с 1-го по 5-е записываем в графу 11.

5. Определяем сумму мест для каждой из шести примесей и записываем в графу 12. Для свинца, у которого нет $ПДК_{мр}$, номер места равен $3 \cdot 2 = 6$.

6. Составляем приоритетный список примесей для организации наблюдений в городе М. При этом для одинаковых значений суммы мест первой ставится примесь с большим значением $ПВ_{mi} + ПВ_{2mi}$ или примесь, класс опасности которой выше (имеет меньший номер).

Таблица 3.5

Исходные данные и результаты расчета приоритетного списка примесей для контроля

Примесь	М тыс.т/г	ПДК _{сс}	C _{срi}	ПДК _{мр}	Контроль		ПВ _{mi}	ПВ _{2mi}	Номера мест		Сум- ма мест
					ПВ _{mi}	ПВ _{2mi}			ПВ _{mi}	ПВ _{2mi}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Диоксид азота	12,07	0,04	0,04	0,085	+	+	301,8	142	2	1	3
Акролеин	0,001	0,03	$1 \cdot 10^{-4}$	0,03	-	-	-	-	-	-	-
Аммиак	7,94	0,04	0,079	0,2	+	+	198,4	39,69	4	4	8
Ацетон	1,93	0,35	0,019	0,35	-	+	5,52	5,52	6	5	11
Изопентан	0,013	Нет ПДК			-	-	-	-	-	-	-
Свинец	0,071	$3 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	Нет ПДК	+	-	236,7	-	3	-	6
Диоксид серы	20,04	0,05	0,067	0,5	+	+	400,8	40,08	1	3	4
Сероводород	0,823	0,008	0,008	0,008	+	+	102,9	102,9	5	2	7

Приоритетный список:

1. Диоксид азота.
2. Диоксид серы.
3. Свинец.
4. Сероводород.
5. Аммиак
6. Ацетон

На основании установленного перечня веществ, подлежащих контролю, 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, и за специфическими веществами, которые характерны для промышленных выбросов многих предприятий данного города (населенного пункта).

На неопорных стационарных и маршрутных постах проводятся наблюдения за содержанием специфических примесей приоритетного списка, характерных для близлежащих источников выбросов. Наблюдения за основными примесями на этих постах проводятся по сокращенной программе или не проводятся, если среднемесячная концентрация этих веществ в течение года не превышала 0,5 среднесуточной ПДК. Одна

специфическая примесь контролируется на двух-трех стационарных постах одновременно.

Перечень вредных веществ, подлежащих контролю, пересматривается при изменении данных инвентаризации промышленных выбросов, появлении новых источников выбросов, реконструкции предприятий, 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.

При подфакельных измерениях наблюдения за основными примесями не проводятся, так как трудно выделить вклад исследуемого источника в уровень загрязнения воздуха этими примесями. Под факелом предприятия выполняются наблюдения за специфическими вредными веществами, характерными для выбросов этого предприятия.

3.6 Программа и сроки наблюдения

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из четырех программ наблюдений: полной, неполной, сокращенной и суточной.

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняются ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз при обязательном отборе в 1, 7, 13, 19 часов по местному декретному времени.

По неполной программе наблюдения проводятся с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 часов местного декретного времени.

По сокращенной программе наблюдения проводятся с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 часов местного декретного времени.

Допускается проводить наблюдения по скользящему графику в 7, 10, 13 часов во вторник, четверг, субботу и в 16, 19, 22 часов в понедельник, среду, пятницу. Наблюдения по скользящему графику предназначены для получения разовых концентраций.

Программа суточного отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. В отличие от наблюдений по полной программе, наблюдения по этой программе проводятся путем непрерывного суточного отбора проб и не позволяют получать разовых значений концентрации. Все программы наблюдений позволяют получать концентрации среднемесячные, среднегодовые и средние за более длительный период.

Наблюдения на маршрутных постах, как и на стационарных, проводятся по полной, неполной или сокращенной программе. Для этого типа постов разрешается смещение сроков наблюдений на 1 час в обе стороны от стандартных сроков. Сроки отбора проб воздуха при подфакельных наблюдениях должны обеспечить выявление наибольших концентраций примесей, связанных с особенностями режима выбросов и метеорологических условий рассеивания примесей, и они могут отличаться от сроков наблюдений на стационарных и маршрутных постах.

В период неблагоприятных метеорологических условий, сопровождающихся значительным возрастанием содержания примесей до высокого уровня загрязнения (НМУ), проводят наблюдения через каждые 3 часа. При этом отбирают пробы на территории наибольшей плотности населения на стационарных или маршрутных постах или под факелом основных источников загрязнения – по усмотрению управления по гидрометеорологии.

3.7 Отбор проб воздуха

Определению концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе предшествует стадия пробоотбора. Правильность отбора пробы определяет получаемый результат анализа. Отбор проб осуществляется путем протягивания определенного объема атмосферного воздуха воздуходувными устройствами (аспиратор, пылесос) через поглотительный прибор, заполненный жидким или твердым сорбентом для улавливания вещества, или через аэрозольный фильтр, задерживающий содержащиеся в воздухе

частицы. При этом определяемая примесь из большого объема воздуха концентрируется в небольшом объеме сорбента или на фильтре, что существенно понижает предел обнаружения примесей при последующем определении.

По принципу отбора проб примеси легко разделить на аэрозоли, присутствующие в воздухе в виде твердых и жидких частиц с малой скоростью осаждения, и газовые примеси. Пробы воздуха на содержание аэрозолей и крупных частиц пыли отбирают на аэрозольные фильтры различных типов (бумажные и полимерные), улавливающие взвешенные в воздухе частицы.

Отбор разовых проб для определения газообразных загрязняющих веществ проводится тремя способами:

- в жидкостные поглотители, т.е. в стеклянные сосуды разной конфигурации, наполненные специальными растворами, способными при пропускании через них воздуха избирательно поглощать какую-либо его составляющую часть;

- с помощью пленочных сорбентов в так называемые сорбционные трубки. В трубках стеклянные гранулы покрыты пленкой невысыхающего реагента. Развитая поверхность позволяет поглощать определенную часть загрязнителей атмосферы;

- в резиновые камеры, стеклянные емкости, лавсановые подушки, специальные шприцы.

Пленочные сорбенты имеют ряд преимуществ перед жидкостными поглотителями. Раствор, нанесенный на гранулы, не испаряется при высоких температурах и не замерзает при низких. Внедрение методов отбора проб воздуха на пленочные сорбенты позволило расширить сеть мониторинга загрязнения атмосферы в городах, где нет лабораторий – осуществить так называемый безлабораторный контроль, поскольку сорбционные трубки более компактны и менее хрупки, их можно хранить в холодильнике и пересылать любым транспортом.

При наблюдении за уровнем загрязнения атмосферы используют следующие режимы отбора проб на один фильтр или поглотительный прибор:

- разовый (20-30 мин.);

- дискретный (через равные промежутки времени в течение суток отбирают несколько разовых проб);

- суточный (отбор производится непрерывно в течение суток).

Для того, чтобы зафиксировать с достаточной точностью максимальные концентрации примесей, необходимо проводить непродолжительный пробоотбор, для фиксирования средних за сутки концентраций примесей проводят суточный отбор пробы.

При отборе пробы требуется не только тщательность технического выполнения операций, но и учет ряда важных факторов, например агрегатного состояния вещества в момент отбора пробы, физико-химических свойств улавливаемой смеси, соответствия скорости и отбираемого объема воздуха составу поглотительного раствора и чувствительности применяемой реакции. Поскольку количество улавливаемого вещества должно быть достаточно для его надежного определения выбранным методом анализа, количество воздуха, пропущенное при отборе пробы через поглотительную систему, должно быть строго определено. Недостаточный объем пропущенного воздуха приводит к улавливанию недостаточного количества анализируемого вещества, а аспирация излишних объемов воздуха приводит к неоправданному усреднению результатов.

Оптимальный объем воздуха, необходимый для определения токсичной примеси, можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{a \cdot V}{C_0 \cdot V_1},$$

где V_0 – объем воздуха при 0°C и атмосферном давлении, м^3 ;

a – чувствительность определения, мкг , вещества в анализируемом объеме пробы (обычно соответствует содержанию вещества в первой пробирке стандартной шкалы);

V – общий объем пробы, мл ;

V_1 – объем пробы, взятый на анализ, мл ;

C_0 – предельно допустимая концентрация анализируемого вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Так как пробы воздуха для анализа отбирают при разных температурах и барометрическом давлении, то необходимо взятый воздух привести к нормальным

условиям (0 °С и атмосферному давлению 760 мм рт. ст.). Приведение объема воздуха к нормальным условиям основано на законе Бойля–Мариотта и Гей–Люссака и производится по формуле:

$$V_0 = \frac{V_1 \cdot 273 \cdot P}{(273 + t) \cdot 760},$$

где V_0 – объем пробы воздуха, приведенный к нормальным условиям, л.

V_1 – объем исследуемого воздуха, л;

P – барометрическое давление во время отбора пробы, мм рт. ст.;

t – температура воздуха во время отбора пробы, град.

Расчет результатов анализа (концентрация загрязняющего вещества в воздухе, мг/м³) проводят по одной из формул:

$$C_p = \frac{m \cdot V}{V_1 \cdot V_0}; \quad C_p = \frac{m_1}{V_0}; \quad C_p = K_3 \cdot \frac{m_1}{V_0},$$

где C_p – концентрация загрязняющего вещества в воздухе, мг/м³;

m – масса загрязняющего вещества, найденная по градуировочной характеристике в объеме раствора, взятого на анализ, мкг;

m_1 – масса загрязняющего вещества во всей пробе, мкг;

K_3 – эмпирический поправочный коэффициент.

Используемая при расчете концентрации загрязняющего вещества формула зависит от конкретной схемы проведения анализа, и ссылка на нее дается в каждой методике.

3.8 Оборудование для отбора проб

Система отбора состоит из воздухозаборной линии, распределительной гребенки для подключения поглотительных приборов, побудителей расхода воздуха (пылесосы, электроаспираторы со скоростью прокачивания 100–200 л/мин) и устройств, регистрирующих объем пропускаемого воздуха (реометры, ротаметры, счетчики). Объем отобранной разовой пробы составляет 2–4 м³.

Способ пробоотбора определяется в зависимости от дальнейших применяемых методов индикации (химических или физико-химических).

Для широкого диапазона скоростей аспирации воздуха (v , л/мин) к настоящему времени разработаны следующие модели:

– поглотительные приборы Рихтера 1Р – $0,5 < v < 5$; 7Р – $2 < v < 20$; 10Р – $2 < v < 50$ (рис. 3.1);

– модернизированный поглотительный прибор Зайцева $0,5 < v < 3$ (рис. 3.2);

– поглотители, где аспирация воздуха происходит через «кипящий» псевдосжиженный слой сорбента, сопротивление которого увеличивает скорость аспирации $v > 20$.

Точность химического анализа в значительной степени зависит от правильности измерения расхода воздуха, проходящего через поглотительный прибор. Наиболее распространенными расходомерами при анализе атмосферного воздуха являются ротаметры с различной формой поплавка.

Электроаспиратор ЭА-3 (рис. 3.3) состоит из фильтродержателя, блока аспирации с расходомером и побудителем расхода (вихревым вентилятором). Блок аспирации включает в себя счетчик газа, измерительную диафрагму, дифманометр и дроссель для регулировки и определения расхода воздуха, воздухопровод с электронагревателем и терморегулятором для поддержания постоянной температуры отбираемого воздуха при отрицательных температурах наружного воздуха. Электроаспиратор снабжен двумя сменными фильтродержателями. Первый предназначен для отбора проб пыли из атмосферного воздуха на фильтр, второй – для отбора проб воздуха на фильтр и твердые сорбенты. Все части электроаспиратора размещены в специальном термоизолированном металлическом шкафу.

На стационарных постах используются электроаспираторы различных моделей. Их технические характеристики и возможности применения приведены в табл.3.6.

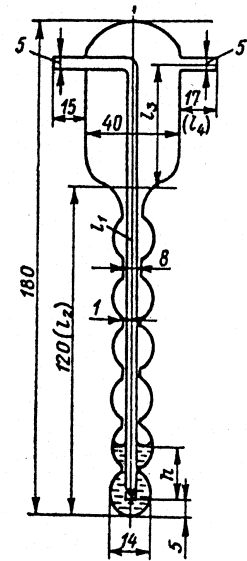
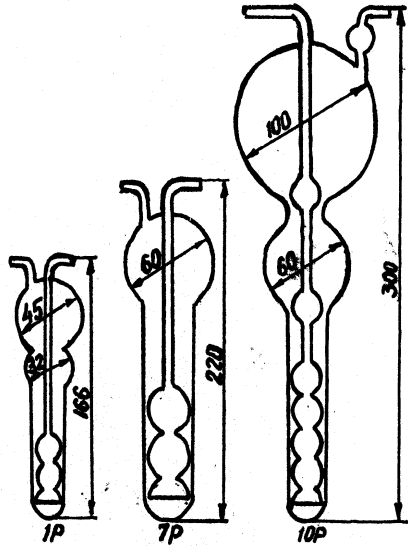


Рис. 3.1 - Поглощительные приборы Рихтера

Рис. 3.2 - Жидкостной поглощительный прибор Зайцева

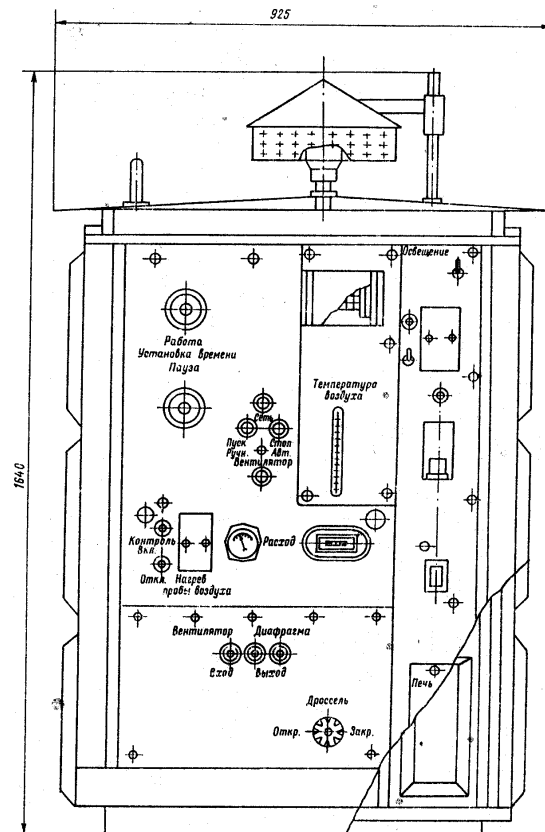


Рис. 3.3 - Схема электроаспиратора ЭА-3

Таблица 3.6

Основные технические данные электроаспираторов

Параметр	А-1	ЭА-1А	Модел ль 822	Компонент	ЭА-2	ЭА-2С	ЭА-2СМ	ЭА-3
Суммарный расход воздуха, дм ³ /м	20	10	42	8	250	125	250	600
Длительность отбора пробы, мин	20	20	20	20 авто-матический	20	непрерывный	непрерывный	непрерывный
Тип проб (разовые, суточные)	разов.	разов.	разов.	разов.	суточ.	суточ.	разов. и суточ.	разов. и суточ.
Определяемые компоненты	газы	газы, пыли	газы	газы	пыли	пыли	пыли	газы, пыли
Вид поглотителя	сорбент	сорбент	сорбент	сСорбент	фильтр	фильтр	фильтр	фильтр

3.9 Определение метеопараметов

Параллельно отбору проб на постах наблюдения проводится контроль за рядом метеорологических параметров, таких как направление и скорость ветра, влажность воздуха, давление и температура воздуха.

Перечень измеряемых параметров и диапазон их измерений приведены в табл.3.7.

Таблица 3.7

Измеряемые метеорологические параметры

Измеряемый параметр	Диапазон измерений
Температура	от -50 до +50 град.
Относительная влажность	15-98 %
Направление ветра	0-360 ⁰
Скорость ветра	1,5-40 м/с

3.10 Методы определения концентрации неорганических и органических загрязнителей атмосферы

Для получения достоверной информации о загрязнении атмосферы необходимы надежные методы анализа отобранных проб. Основными требованиями к ним являются селективность, точность определения, воспроизводимость и низкий предел обнаружения (0,8 ПДК), экспрессность, низкая стоимость и доступность химических реактивов.

В руководящих документах приводятся методики, основанные на использовании следующих физико-химических методов: фотометрии, атомно-адсорбционной спектрофотометрии, потенциометрии, газовой хроматографии. Рассмотрим возможности этих методов анализа (табл.3.8).

Таблица 3.8

Характеристика методов анализа вредных примесей в атмосфере

Название метода	Применение	Преимущества и недостатки методов	Предел обнаружения, гр
Фотометрический	Анализ всех газовых примесей, кроме СО	Простота методик, высокая производительность, доступность и надежность аппаратуры; используют для серийных измерений проб	10 ⁻¹⁰
Потенциометрический	Преимущественно определение	Простота в исполнении и надежность, анализ имеет	10 ⁻¹¹

	металлов	невысокую стоимость	
Газохроматографический	Анализ преимущественно органических примесей	Определение нескольких компонентов из одной пробы, более высокая чувствительность метода; высокая сложность выполнения и стоимость аппаратуры, невысокая производительность	10^{-13}
Атомно-адсорбционная спектрофотометрия	Определение тяжелых металлов в аэрозолях и осадках	Высокая производительность; при переходе от одного металла к другому требуется перестройка аппаратуры, высокая стоимость анализа	10^{-12}

Пробы атмосферного воздуха анализируют с использованием чувствительных и селективных аналитических приборов, таких как фотоколориметры (спектрофотометры), газовые хроматографы, электрохимические и оптические газоанализаторы. Но все же следует отметить, что большая часть рекомендуемых методик определения концентраций неорганических и некоторых органических примесей основана на фотометрическом методе анализа.

Практически все рекомендуемые руководящими документами методики по анализу атмосферных примесей разработаны с использованием двухлучевых фотоколориметров ФЭК-56 и ФЭК-56М, предусматривающих уравнивание интенсивностей двух световых потоков при помощи переменной диафрагмы. Чувствительность однолучевых фотоколориметров ниже, чем двухлучевых, поэтому использование двухлучевых фотоколориметров предпочтительнее.

Схема двухлучевого фотоколориметра приведенная на рис.5.8, включает 1 – источник света, 2 – светофильтр, 3 – линзу, 4 и 4' – зеркала, 5 и 5' – кюветы с растворами сравнения и фотометрируемым раствором, 6 и 6' – щелевые диафрагмы, 7 и 7' – фотоэлементы, 8 – усилитель, 9 – нуль – индикатор.

Регистрация аналитических сигналов осуществляется измерением светопоглощения анализируемого раствора. Поочередно сравнивают интенсивности световых потоков, проходящих через раствор сравнения (принимают за оптический нуль), и фотометрируемый раствор. Сначала прибор настраивают на электрический нуль и в оба световых потока вводят требующиеся светофильтры. Шкалу правого отсчетного барабана 6' устанавливают на нулевую отметку. Затем в левый световой поток устанавливают кювету с раствором сравнения 5, а в правый – кювету с фотометрируемым раствором 5'. Вследствие поглощения света фотометрируемым раствором интенсивность светового потока, падающего на правый фотоэлемент 7', будет меньше – фотометрическое равновесие будет нарушено. При вращении левого компенсационного барабана 6 ширина щели в нем уменьшится и стрелка нуль-индикатора 9 в момент компенсации встанет на нуль. Затем в правый световой поток вводят кювету с раствором сравнения 5. При этом фотометрическое равновесие вновь нарушается, так как увеличивается световой поток, падающий на правый фотоэлемент 7'. Вращением рукоятки правого отсчетного барабана 6', уменьшающего ширину щели, фотометрическое равновесие будет вновь восстановлено, о чем можно будет судить по приведению стрелки нуль-индикатора 9 к нулю. Поглощение в этот момент считывают по шкале правого барабана 6'.

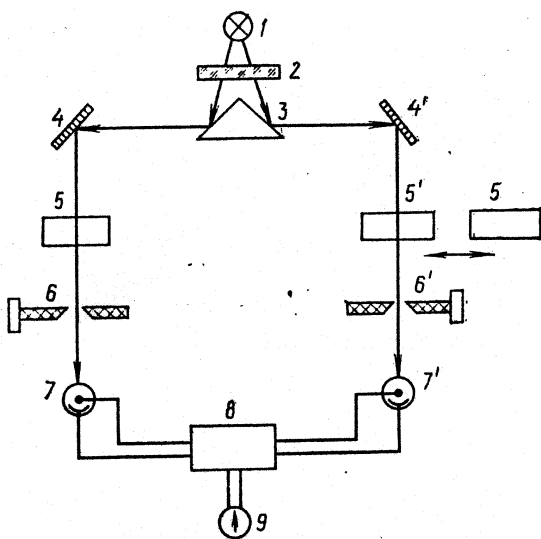


Рис. 3.4. Принципиальная схема фотометрического двухлучевого прибора с компенсационным способом измерения

Применение вместо фотоколориметров спектрофотометров в ряде случаев дает возможность улучшить метрологические характеристики методик благодаря более точной настройке на максимум светопоглощения, однако их стоимость обычно существенно выше. Поэтому для проведения серийных анализов использование спектрофотометров в большинстве случаев не оправдано.

3.11 Анализ атмосферного воздуха с помощью газоанализаторов

3.11.1 Основные типы газоанализаторов и их преимущества

Для разработки эффективных и оперативных мероприятий по управлению качеством атмосферного воздуха требуется непрерывное, круглосуточное определение концентрации вредных веществ. Условие непрерывности измерения концентраций примесей обуславливает следующие требования к средствам измерения:

- автоматизация измерений за содержанием атмосферных газовых примесей;
- диапазон прибора измерения должен перекрывать пределы концентраций газа, рассеянного в атмосферном воздухе;
- порог чувствительности средств измерения должен обеспечивать определение концентраций вредных веществ на уровне ПДК;
- анализаторы газов должны быть рентабельны в эксплуатации и обеспечены доступными средствами их периодической поверки и корректировки.

Данные требования реализуются путем применения автоматических газоанализаторов, используемых как самостоятельно, так и в составе станций (передвижных и стационарных).

В настоящее время в рамках системы мониторинга атмосферного воздуха, основанной на сети Госкомгидромета для измерения концентрации основных загрязняющих веществ используются следующие автоматические газоанализаторы, серии 600–01: 623 ИН–02 (спектроабсорбционный метод), 667 ФФ–01 (флуоресцентный метод), 652 ХЛ–01 (хемолуминесцентный метод анализа) и серии 600–03: 645 ХЛ–03, 667 ФФ–03. Кроме того, используются ГМК–3 первого и второго поколения. В состав модернизированных газоанализаторов второго поколения включены встроенные микроЭВМ, обеспечивающие статистическую обработку измеряемых сигналов для повышения точности измерений, особенно при измерении концентраций на уровне ПДК и ниже. Кроме этого, микроЭВМ управляет работой узлов газоанализатора по алгоритму, обеспечивающему повышение стабильности, воспроизводимости показаний и других метрологических характеристик, а также осуществляет контроль работоспособности основных узлов. В настоящее время налажен серийный выпуск газоанализаторов третьего поколения.

Рассмотрим основные принципы работы газоанализаторов, а также характеристики используемых в них методов анализа.

Общая структура газоанализатора может быть представлена следующей схемой (рис. 3.5).

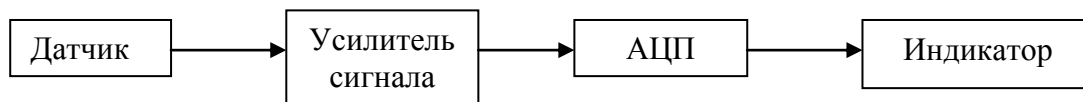


Рис. 3.5 - Простейшая схема газоанализатора

В качестве датчика используются различные устройства, преобразующие химические или физические свойства газа в электрический сигнал, который с помощью усилителя и АЦП отображается на регистрирующем приборе. Основное требование к датчику – зависимость сигнала от концентрации газа должна описываться простейшей пропорциональной функцией.

Рассмотрим принципы измерения и блок-схемы газоанализаторов, с помощью которых контролируется содержание основных примесей и ряда специфических примесей в атмосфере.

Глава 4. Мониторинг гидросферы

Экологический мониторинг поверхностных водных объектов в Российской Федерации

4.1 Структура государственного экологического мониторинга водных объектов

В настоящее время в рамках проекта ООН создана глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС), частью которой является программа, посвященная водным проблемам – ГСМОС (Вода) – с центром в Канаде. В программе ГСМОС (Вода) активное участие принимают 4 специализированных учреждения ООН: Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Всемирная метеорологическая организация (ВМО) и Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО).

Задачами программы ГСМОС (Вода) является следующее:

- мониторинг распространения и трансформации загрязняющих веществ в водной среде;
- оповещение о серьезном нарушении состояния водных объектов;
- напоминание правительствам о необходимости принятия мероприятий по охране, восстановлению и улучшению окружающей среды.

Программа ГСМОС (Вода) включает 7 основных пунктов:

- создание всемирной сети станций мониторинга;
- разработка единой методики отбора и анализа проб воды;
- осуществление контроля за точностью данных;
- использование современных систем хранения и распространения информации;
- организация повышения квалификации для специалистов;
- подготовка методических справочников;
- обеспечение необходимым оборудованием (в отдельных случаях).

В 1972 г. на базе станций гидрометеослужбы организована Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды (ОГСНК), построенная по иерархическому принципу.

ОГСНК состоит из **нескольких уровней**:

- станций наблюдения (первичных пунктов), осуществляющих наблюдения, определенную обработку и обобщение данных;
- территориальных и региональных центров, осуществляющих обобщения, анализ материалов, составление местных прогнозов и оценку состояния окружающей среды по своей территории;
- высшего Гидрометцентра и других головных центров (НИИ).

В обработанном и систематизированном виде полученная информация представлена в кадастровых изданиях, таких как “Ежегодные данные о составе и качестве поверхностных вод суши” (по гидрохимическим и гидробиологическим показателям).

Государственный водный кадастр (ГВК)

Государственный водный кадастр представляет собой систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны, включающий количественные и качественные показатели, данные регистрации водопользователей и учета использования вод. Ведение

ГВК предусмотрено “Водным законодательством РФ”. Основная задача ГВК – обеспечение народного хозяйства необходимыми данными о водных ресурсах, водных объектах, режиме, качестве и использовании природных вод, а также водопользователях.

Государственному учету и включению в государственный водный кадастр подлежат все воды единого государственного фонда. К ним относятся:

- воды рек, озер, водохранилищ и других поверхностных водоемов и водных источников, включая воды каналов и прудов;
- ледники и подземные воды;
- внутренние моря и другие внутренние морские воды;
- территориальные воды (территориальное море).

Учет поверхностных вод суши по качественным показателям осуществляется в рамках ОГСНК. Основными требованиями к гидрохимической сети применительно к государственному учету вод являются следующие:

- строгая увязка сети пунктов (створов) гидрохимических наблюдений с размещением на них водопользователей, особенно водопользователей с водоемкими производствами;

- достаточная полнота пространственного охвата водных объектов сетью наблюдений, обеспечивающих получение соответствующей информации о качестве забираемых водопользователями поверхностных вод, а также данных об изменении качества воды в результате водопользования;

- достаточная частота наблюдений во времени;
- строгая увязка перечня определяемых загрязняющих веществ и показателей загрязнения в воде водоема или водотока со спецификой состава сточных вод, сбрасываемых в водный объект основными водопользователями.

Публикуемая часть ГВК имеет следующую структуру:

- поверхностные воды (реки и каналы; озера и водохранилища; качество вод суши; селевые потоки; ледники, моря и устья рек);
- подземные воды;
- использование вод.

Каждый из трех перечисленных разделов подразделяется на три серии:

- каталожные данные (разовое издание);
- ежегодные данные (ежегодное издание);
- многолетние данные (издаются один раз в 5 лет).

4.2 Виды наблюдений за качеством поверхностных вод ОГСНК

В рамках ОГСНК проводят:

- наблюдения за уровнем загрязненности поверхностных вод по физическим, химическим, гидрологическим и гидробиологическим показателям в режимных пунктах;
- наблюдения, предназначенные для решения специальных задач.

Каждый из этих видов наблюдений осуществляется в результате:

- предварительных (рекогносцировочных) наблюдений и исследований на водных объектах или их участках;
- систематических наблюдений на водных объектах в выбранных пунктах.

4.2.1 Основные задачи наблюдений за качеством поверхностных вод в системе ОГСНК

Основные задачи систематических наблюдений за качеством поверхностных вод в системе ОГСНК можно сформулировать следующим образом:

- систематическое получение как отдельных, так и осредненных во времени и пространстве данных о качестве воды;

- обеспечение хозяйственных органов, а также заинтересованных организаций систематической информацией и прогнозами изменения гидрохимического режима и качества воды водоемов и водотоков и экстренной информацией о резких изменениях загрязненности воды.

Порядок организации и проведения наблюдений в пунктах режимных работ определены ГОСТом 17.1.3.07–82 и Методическими указаниями.

К задачам специальных наблюдений и исследований, определяемым в каждом конкретном случае, относятся:

- установление основных закономерностей процессов самоочищения;
- определение влияния накопленных в донных отложениях загрязняющих веществ на качество воды;
- составление балансов химических веществ водоемов или участков водотоков;
- оценка выноса химических веществ через замыкающий створ рек;
- оценка выноса химических веществ с коллекторно-дренажными водами и др.

4.2.2 Организация сети пунктов наблюдений за поверхностными водными объектами

Для проведения мониторинга **вод суши** организуются:

- **стационарная сеть пунктов** наблюдений за естественным составом и загрязнением поверхностных вод;
- **специализированная сеть пунктов** для решения научно-исследовательских задач;
- **временная экспедиционная сеть** пунктов.

В основе организации и проведения наблюдений за качеством поверхностных вод лежат следующие принципы: **комплексность** и **систематичность наблюдений**, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями, определение показателей качества воды едиными методами. Соблюдение этих принципов достигается установлением программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям) и периодичности проведения контроля, выполнением анализа проб воды по единым или обеспечивающим требуемую точность методикам.

Сеть *гидрохимических* наблюдений должна охватывать

- **в пространстве:**
 - по возможности все водные объекты, расположенные на территории изучаемого бассейна;
 - всю длину водотока с определением влияния наиболее крупных его притоков и сброса сточных вод в него;
 - всю акваторию водоема с определением влияния на него наиболее крупных притоков и сброса в него сточных вод;
- **во времени:**
 - все фазы гидрологического режима (весеннее половодье, летнюю межень, летние и осенние дождевые паводки, ледостав, зимнюю межень);
 - различные по водности годы (многоводные, средние по водности и маловодные);
 - суточные изменения химического состава воды;
 - катастрофические сбросы сточных вод в водные объекты.

4.2.3 Установление местоположения створов в пунктах наблюдений

Под **пунктом наблюдения** следует понимать место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды.

Пункты наблюдений организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое народнохозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. На не загрязненных сточными водами водоемах и водотоках или их участках создаются пункты для фоновых наблюдений.

Пункты наблюдений организуют на водоемах и водотоках в районах:

- расположения городов и крупных поселков, сточные воды которых сбрасываются в водоемы и водотоки;
- сброса сточных вод отдельно стоящими крупными промышленными предприятиями, территориально производственными комплексами, организованного сброса сельскохозяйственных сточных вод;
- мест нереста и зимовья ценных и особо ценных видов промысловых организмов;
- предплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;

- пересечения реками государственных границ;
- замыкающих створов больших и средних рек;
- устьев загрязненных притоков больших водоемов и водотоков.

Для изучения природных процессов и определения фонового состояния воды водоемов и водотоков пункты наблюдений создают также на не подверженных прямому антропогенному воздействию участках, в том числе на водоемах и водотоках, расположенных на территориях заповедников и национальных парков и являющихся уникальными природными образованиями.

В пунктах наблюдений организуют один или несколько створов. Под **створом** понимают условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Местоположение створов устанавливают с учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водного объекта, расположения источников загрязнения, количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод, интересов водопользователей и водопотребителей.

Один створ устанавливают **на водотоках** при отсутствии организованного сброса сточных вод в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков, на предплотинных участках рек, на замыкающих участках рек, в местах пересечения государственной границы.

При наличии организованного сброса сточных вод устанавливают на водотоках два створа и более. Один из них располагают выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод), другие – ниже источника (или группы источников) загрязнения в месте полного смешения. Химический состав воды в пробе, отобранной в створе выше источника загрязнения, характеризует фоновые показатели качества воды водотока в данном пункте. Сравнение фоновых показателей с показателями качества воды в пробе, отобранной ниже источника загрязнения, позволяет судить о характере и степени загрязненности воды под влиянием источников загрязнения данного пункта. Изменение химического состава воды в пробах, отобранных в первом после сброса сточных вод створе и в расположенных ниже створах, дает возможность оценить самоочищающую способность водотока.

Верхний (первый) фоновый створ устанавливают в 1 км выше первого источника загрязнения. Выбор створов ниже источника (или группы источников) загрязнения осуществляют с учетом комплекса условий, влияющих на характер распространения загрязняющих веществ в водотоке. Необходимо, чтобы нижний створ характеризовал состав воды в целом по сечению, т.е. был расположен в месте достаточно полного (не менее 80%) смешения сточных вод с водой водотока.

На реках, где створ полного смешения находится далеко от источников загрязнения, процесс трансформации части загрязняющих веществ может завершиться до створа полного смешения и их влияние на физические свойства и химический состав воды в этом створе может быть не обнаружено. В этом случае створ устанавливают, исходя из интересов народного хозяйства, на ближайшем участке водопользования. На реках, используемых для нужд рыбного хозяйства, такой створ устанавливают не далее 0,5 км от места сброса сточных вод.

При наличии группы источников загрязнения верхний (фоновый) створ располагают выше первого источника, нижний – ниже последнего. Исходя из интересов народного хозяйства, между створами выше и ниже источников загрязнения могут быть установлены дополнительные створы, которые должны характеризовать влияние отдельных источников загрязнения.

Для наблюдений по водоему в целом с учетом геоморфологии береговой линии и других факторов устанавливают не менее трех створов, по возможности равномерно распределенных по акватории. При контроле на отдельных загрязненных участках водоемов створы устанавливают с учетом условий водообмена водоемов.

На водоемах с интенсивным водообменом (коэффициент водообмена более 5 раз в год) расположение створов аналогично расположению их на водотоках: один створ устанавливают в 1 км выше источника загрязнения, вне зоны его влияния, остальные створы (не менее двух) располагают ниже источника загрязнения на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязнения.

На водоемах с умеренным (от 0,1 до 5 раз в год) и **замедленным** (до 0,1 раз в год) **водообменом** один створ устанавливают вне зоны влияния источника или группы источников загрязнения, второй створ совмещают с местом сброса сточных вод, остальные створы (не менее двух) располагают параллельно второму по обе его стороны на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей загрязненной зоны).

Количество вертикалей в створе на водоеме определяется шириной зоны загрязненности: первую вертикаль располагают на расстоянии не далее 0,5 км от места сброса сточных вод или от берега, последнюю – непосредственно за границей зоны загрязнения.

Количество вертикалей в створе на водотоке определяется условиями смешения речных вод со сточными водами или водами притоков: при неоднородности химического состава в створе устанавливают не менее трех вертикалей (на стержне и на расстоянии 3–5 м от берегов), при однородности химического состава – одну вертикаль (на стержне реки).

Количество горизонтов на вертикали определяется глубиной водоема или водотока в месте измерения: при глубине до 5 м устанавливается один горизонт (у поверхности – в 0,2–0,3 м от поверхности воды летом и у нижней поверхности льда зимой), при глубине от 5 до 10 м – два (у поверхности и в 0,5 м от дна), а при глубине более 10 м – три (дополнительно промежуточный, расположенный на половине глубины).

4.2.4 Программы наблюдений за качеством воды

Все пункты наблюдений за качеством воды водоемов и водотоков делят на 4 категории, определяемые частотой и детальностью программ наблюдений. Назначение и расположение пунктов контроля определяются правилами наблюдений за качеством воды водоемов и водотоков.

Пункты первой категории располагают на средних и больших водоемах и водотоках, имеющих важное народнохозяйственное значение:

- в районах городов с населением свыше 1 млн. жителей;
- в местах нереста и зимовья особо ценных видов промысловых рыб;
- в районах повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ;
- в районах организованного сброса сточных вод, в результате которых наблюдается высокая загрязненность воды.

Пункты второй категории устраивают на водоемах и водотоках в пределах следующих участков:

- в районах городов с населением от 0,5 до 1 млн. жителей;
- в местах нереста и зимовья ценных видов промысловых рыб (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;
- в районах со средней загрязненностью воды.

Пункты третьей категории располагают на водоемах и водотоках:

- в районах городов с населением менее 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 наблюдается низкая загрязненность воды.

Пункты четвертой категории устанавливают:

- на незагрязненных участках водоемов и водотоков,
- на водоемах и водотоках, расположенных на территориях государственных заповедников и национальных парков.

Наблюдения за качеством воды ведут по определенным **видам программ**, которые выбирают в зависимости от категории пункта контроля. Периодичность проведения контроля по гидробиологическим и гидрохимическим показателям устанавливают в соответствии с категорией пункта наблюдений. При выборе программы контроля

учитывают целевое использование водоема или водотока, состав сбрасываемых сточных вод, требования потребителей информации.

Параметры, определение которых предусмотрено **обязательной программой** наблюдений за качеством поверхностных вод по гидрохимическим и гидрологическим показателям, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Параметры, определение которых предусмотрено обязательной программой наблюдений

Параметры	Единицы измерения
Расход воды (на водотоках)	м ³ /с
Скорость течения воды (на водотоках)	м/с
Уровень воды (на водоемах)	м
Визуальные наблюдения	-
Температура	°С
Цветность	градусы
Прозрачность	см
Запах	баллы
Кислород	мг/дм ³
Диоксид углерода	мг/дм ³
Взвешенные вещества	мг/дм ³
Водородный показатель (рН)	-
Окислительно-восстановительный потенциал (Еh)	мВ
Хлориды (Сl ⁻)	мг/дм ³
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³
Гидрокарбонаты (НСО ₃ ⁻)	мг/дм ³
Кальций (Са ²⁺)	мг/дм ³
Магний (Mg ²⁺)	мг/дм ³
Натрий (Na ⁺)	мг/дм ³
Калий (K ⁺)	мг/дм ³
Сумма ионов (S _и)	мг/дм ³
Аммонийный азот (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³
Нитритный азот (NO ₂ ⁻)	мг/дм ³
Нитратный азот (NO ₃ ⁻)	мг/дм ³
Минеральный фосфор (PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³
Железо общее	мг/дм ³
Кремний	мг/дм ³
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³
ХПК	мгО/дм ³
Нефтепродукты	мг/дм ³
СПАВ	мг/дм ³
Фенолы (летучие)	мг/дм ³
Пестициды	мг/дм ³
Тяжелые металлы	мг/дм ³

Наблюдения по обязательной программе на водотоках осуществляют, как правило, 7 раз в год в основные фазы водного режима: во время половодья – на подъеме, пике и

спаде; во время летней межени – при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка; осенью – перед ледоставом; во время зимней межени.

В водоемах качество воды исследуют при следующих гидрологических ситуациях: зимой при наиболее низком уровне и наибольшей толщине льда; в начале весеннего наполнения водоема; в период максимального наполнения; в летне-осенний период при наиболее низком уровне воды.

Сокращенную программу наблюдений за качеством поверхностных вод по гидрологическим и гидрохимическим показателям подразделяют на три вида:

- *Первая программа* предусматривает определение расхода воды (на водотоках), уровня воды (на водоемах), температуры, концентрации растворенного кислорода, удельной электропроводности, визуальные наблюдения.

- *Вторая программа* предусматривает определение расхода воды (на водотоках), уровня воды (на водоемах), температуры, рН, удельной электропроводности, концентрации взвешенных веществ, ХПК, БПК₅, концентрации 2–3 загрязняющих веществ, основных для воды в данном пункте контроля, визуальные наблюдения.

- *Третья программа* предусматривает определение расхода воды, скорости течения (на водотоках), уровня воды (на водоемах), температуры, рН, концентрации взвешенных веществ, концентрации растворенного кислорода, БПК₅, концентрации всех загрязняющих воду в данном пункте контроля веществ, визуальные наблюдения.

Гидрохимические показатели качества природных вод в пунктах контроля сопоставляют с установленными нормами качества воды.

Программы и периодичность наблюдений по гидрохимическим показателям для пунктов различных категорий приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Программы и периодичность наблюдений для пунктов различных категорий

Периодичность проведения контроля	Категория пунктов наблюдения			
	I	II	III	IV
Ежедневно	Сокращенная программа 1	Визуальные наблюдения	-	-
Ежедекадно	Сокращенная программа 2	Сокращенная программа 1	-	-
Ежемесячно	Сокращенная программа 3			-
В основные фазы водного режима	Обязательная программа			

Внедрение в систему наблюдений за качеством воды гидробиологических методов позволяет непосредственно выяснить состав и структуру сообществ гидробионтов.

Полная программа наблюдений за качеством поверхностных вод по гидробиологическим показателям предусматривает:

- исследование *фитопланктона* – общей численности клеток, числа видов, общей биомассы, численности основных групп, биомассы основных групп, числа видов в группе, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;

- исследование *зоопланктона* – общей численности организмов, общего числа видов, общей биомассы, численности основных групп, биомассы основных групп, числа видов в группе, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;

- исследование *зообентоса* – общей численности, общей биомассы, общего числа видов, числа групп по стандартной разработке, числа видов в группе, числа основных групп, биомассы основных групп, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;

- исследование *перифитона* – общего числа видов, массовых видов, частоты встречаемости, сапробности;

- определение *микробиологических показателей* – общего числа бактерий, числа сапрофитных бактерий, отношения общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий;

- изучение *фотосинтеза* фитопланктона и *деструкции* органического вещества, определение отношения интенсивности фотосинтеза к деструкции органического вещества, содержания хлорофилла;

- исследование *макрофитов* – проективного покрытия опытной площадки, характера распространения растительности, общего числа видов, преобладающих видов (наименования, проективного покрытия, фенофазы, аномальных признаков).

Сокращенная программа наблюдений за качеством поверхностных вод по гидробиологическим показателям предусматривает исследование:

- *фитопланктона* – общей численности клеток, общего числа видов, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;

- *зоопланктона* – общей численности организмов, общего числа видов, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;

- *зообентоса* – общей численности групп по стандартной разработке, числа видов в группе, числа основных групп, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;

- *перифитона* – общего числа видов, массовых видов, сапробности, частоты встречаемости.

Программы и периодичность наблюдений по гидробиологическим показателям для станций различных категорий приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Периодичность проведения наблюдений по гидробиологическим показателям и виды программ

Периодичность проведения наблюдений	Категория пункта наблюдений			
	I	II	III	IV
Ежемесячно	Сокращенная программа	Сокращенная программа	Сокращенная программа (контроль в вегетационный период)	-
Ежеквартально	Полная программа			

4.2.5 Общие и суммарные показатели качества поверхностных вод

Минерализация. Суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ; обычно выражается в мг/дм³ (до 1000 мг/дм³) и ‰ (промилле или тысячная доля при минерализации более 1000 мг/дм³).

Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность, изменяется в широких пределах. Большинство рек имеет минерализацию от нескольких десятков миллиграммов в литре до нескольких сотен. Их удельная электропроводность варьирует от 30 мкСм/см до 1500 мкСм/см. Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется в интервале от 40–50 мг/дм³ до 650 г/кг (плотность в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм³) составляет величины 20–120 мкСм/см.

Многие производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водоснабжения предъявляют определенные требования к качеству вод, в частности, к минерализации, так как воды, содержащие большое количество солей, отрицательно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции, вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв.

Таблица 4.4 Классификация природных вод по минерализации

Категория вод	Минерализация, г/дм ³
Ультрапресные	<0,2
Пресные	0,2-0,5

Воды с относительно повышенной минерализацией	0,5-1,0
Солоноватые	1,0-3,0
Соленые	3-10
Воды повышенной солености	10-35
Рассолы	>35

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/дм³. По согласованию с органами департамента санэпиднадзора для водопровода, подающего воду без соответствующей обработки (например, из артезианских скважин), допускается увеличение минерализации до 1500 мг/дм³.

Электропроводность. Электропроводность – это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость природной воды зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. Природные воды представляют в основном смешанные растворы сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻. Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие других ионов, например Fe³⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Al³⁺, NO₃⁻, HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻, не сильно влияет на электропроводность, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах (например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод). По значениям электропроводности природной воды можно приближенно судить о минерализации воды с помощью предварительно установленных зависимостей.

Затруднения, возникающие при оценке суммарного содержания минеральных веществ (минерализации) по удельной электропроводности, связаны с неодинаковой удельной электропроводностью растворов различных солей, а также с повышением электропроводности при увеличении температуры.

Нормируемые величины минерализации приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2 мСм/см (1000 мг/дм³) и 3 мСм/см (1500 мг/дм³) в случае как хлоридной (в пересчете на NaCl), так и карбонатной (в пересчете на CaCO₃) минерализации.

Величина удельной электропроводности служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов, главным образом неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод. Удельная электропроводность – удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия.

Температура. Температура воды в водоеме является результатом нескольких одновременно протекающих процессов, таких как солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентным перемешиванием вод и др. Обычно прогревание воды происходит сверху вниз. Годовые и суточные изменения температуры воды на поверхности и глубинах определяется количеством тепла, поступающего на поверхность, а также интенсивностью и глубиной перемешивания. Суточные колебания температуры могут составлять несколько градусов и обычно наблюдаются на небольшой глубине. На мелководье амплитуда колебаний температуры воды близка к перепаду температуры воздуха.

В требованиях к качеству воды водоемов, используемых для купания, спорта и отдыха, указано, что летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более, чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет. В водоемах рыбохозяйственного назначения допускается повышение температуры воды в результате сброса сточных вод не более, чем на 5°С по сравнению с естественной температурой.

Температура воды – важнейший фактор, влияющий на протекающие в водоеме физические, химические, биохимические и биологические процессы, от которого в значительной мере зависят кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения. Значения температуры используют для вычисления степени насыщения

воды кислородом, различных форм щелочности, состояния карбонатно-кальциевой системы, при многих гидрохимических, гидробиологических, особенно лимнологических исследованиях, при изучении тепловых загрязнений.

Взвешенные вещества (грубодисперсные примеси). Взвешенные твердые вещества, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и режимом стока, зависит от пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т.п.

Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды и на проникновение в нее света, на температуру, состав растворенных компонентов поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит для рекреационного использования по эстетическим соображениям.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения содержание взвешенных веществ в результате спуска сточных вод не должно увеличиваться соответственно более, чем на 0,25 мг/дм³ и 0,75 мг/дм³. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/дм³ природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в пределах 5%.

Определение количества взвешенных частиц важно проводить при контроле процессов биологической и физико-химической обработки сточных вод и при оценке состояния природных водоемов.

Грубодисперсные примеси определяют гравиметрическим методом после их отделения путем фильтрования через фильтр "синяя лента" (преимущественно для проб с прозрачностью менее 10 см).

Органолептические наблюдения

Метод определения состояния водного объекта путем непосредственного осмотра его. При органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока и часто свидетельствующие о его загрязнении: гибель рыбы и других водных организмов, растений, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и пр.

Запах. Свойство воды вызывать у человека и животных специфическое раздражение слизистой оболочки носовых ходов. Запах воды характеризуется интенсивностью, которую измеряют в баллах. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

На запах воды оказывают влияние состав содержащихся в ней веществ, температура, значения рН, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д.

Таблица 4.4

Определение интенсивности запаха воды

Оценка интенсивности запаха, баллы	Интенсивность	Характер проявления запаха
0	никакого запаха	отсутствие ощутимого запаха
I	очень слабый	запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом
II	слабый	запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это внимание
III	заметный	запах, легко обнаруживаемый, может быть причиной того, что вода неприятна для питья

IV	отчетливый	запах, обращающий на себя внимание, может заставить воздержаться от питья
V	очень сильный	запах, настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Мутность. Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: слабая опалесценция, опалесценция, слабая, заметная и сильная муть.

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/дм³ по каолину.

Мутность воды определяют турбидиметрически (по ослаблению проходящего через пробу света) путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Результаты измерений выражают в мг/дм³ (при использовании основной стандартной суспензии каолина) или в ЕМ/дм³ (единицы мутности на дм³ при использовании основной стандартной суспензии формазина); 1,5 мг/дм³ каолина соответствует 2,6 ЕМ/дм³ формазина. Турбидиметрическое определение предназначено для вод, имеющих переменчивый состав и форму тонкодисперсных примесей. Если пробу предварительно не профильтровать, то турбидиметрически будут определены не только коллоидные, но и более грубодисперсные частицы.

Цветность. Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п. Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды.

Цветность природных вод колеблется от единиц до тысяч градусов

Различают "истинный цвет", обусловленный только растворенными веществами, и "кажущийся" цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной **pH**.

Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. В соответствии с требованиями к качеству воды в зонах рекреации окраска воды не должна обнаруживаться визуально в столбике высотой 10 см

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

Прозрачность. Прозрачность (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т.е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Воду в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (как правило, шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в сантиметрах с указанием способа измерения.

Ослабление интенсивности света с глубиной в мутной воде приводит к большему поглощению солнечной энергии вблизи поверхности. Появление более теплой воды у поверхности уменьшает перенос кислорода из воздуха в воду, снижает плотность воды,

стабилизирует стратификацию. Уменьшение потока света также снижает эффективность фотосинтеза и биологическую продуктивность водоема.

Определение прозрачности воды – обязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

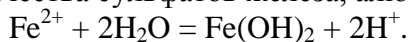
Водородный показатель (рН). Содержание ионов водорода в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:



Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения рН тесно связаны с процессами фотосинтеза (при потреблении CO_2 водной растительностью высвобождаются ионы OH^-). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов:



Значение рН в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5–8,5, в атмосферных осадках 4,6–6,1, в болотах 5,5–6,0, в морских водах 7,9–8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина рН для большинства речных вод составляет 6,8–7,4, летом 7,4–8,2. Величина рН природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения, величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5.

Величина рН воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Величина рН воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

В водоеме можно выделить несколько этапов процесса его закисления. На первом этапе рН практически не меняется (ионы бикарбоната успевают полностью нейтрализовать ионы H^+). Так продолжается до тех пор, пока общая щелочность в водоеме не упадет примерно в 10 раз до величины менее 0,1 моль/дм³.

На втором этапе закисления водоема рН воды обычно не поднимается выше 5,5 в течение всего года. О таких водоемах говорят как об умеренно кислых. На этом этапе закисления происходят значительные изменения в видовом составе живых организмов.

На третьем этапе закисления водоема рН стабилизируется на значениях $\text{pH} < 5$ (обычно рН 4,5), даже если атмосферные осадки имеют более высокие значения рН. Это связано с присутствием гумусовых веществ и соединений алюминия в водоеме и почвенном слое.

Природные воды в зависимости от рН рационально делить на семь групп (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Группы природных вод в зависимости от рН

Группа	рН	Примечание
Сильнокислые воды	<3	результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Кислые воды	3–5	поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в

		результате разложения органических веществ
Слабокислые воды	5–6,5	присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны)
Нейтральные воды	6,5–7,5	наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слабощелочные воды	7,5–8,5	наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Щелочные воды	8,5–9,5	присутствие Na_2CO_3 или NaHCO_3
Сильнощелочные воды	9,5	присутствие Na_2CO_3 или NaHCO_3

Окислительно-восстановительный потенциал (Eh). Мера химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах. Значения окислительно-восстановительных (редокс) потенциалов выражаются в вольтах (милливольтах).

В природной воде значение Eh колеблется от – 400 до + 700 мВ и определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов, и в условиях равновесия характеризует среду сразу относительно всех элементов, имеющих переменную валентность.

Изучение редокс-потенциала позволяет выявить природные среды, в которых возможно существование химических элементов с переменной валентностью в определенной форме, а также выделить условия, при которых возможна миграция металлов.

Различают несколько основных типов геохимических обстановок в природных водах:

- *окислительный* – характеризуемый значениями Eh + (100–150) мВ, присутствием свободного кислорода, а также целого ряда элементов в высшей форме своей валентности (Fe^{3+} , Mo^{6+} , As^{5-} , V^{5+} , U^{6+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{4+});

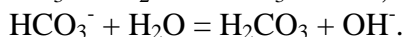
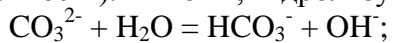
- *переходный окислительно-восстановительный* – определяемый величинами Eh + (100–0) мВ, неустойчивым геохимическим режимом и переменным содержанием сероводорода и кислорода. В этих условиях протекает как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов;

- *восстановительный* – характеризуемый отрицательными значениями Eh. В подземных водах присутствуют металлы низких степеней валентности (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{4+} , V^{4+} , U^{4+}), а также сероводород.

Кислотность. Кислотность природных и сточных вод определяется их способностью связывать гидроксид-ионы. Расход гидроксида отражает общую кислотность воды. В обычных природных водах кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободного диоксида углерода. Естественную часть кислотности создают также гуминовые и другие слабые органические кислоты и катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, алюминия, органических оснований). В этих случаях рН воды не бывает ниже 4,5.

В загрязненных водоемах может содержаться большое количество сильных кислот или их солей за счет сброса промышленных сточных вод. В этих случаях рН может быть ниже 4,5. Часть общей кислотности, снижающей рН до величин <4,5, называется *свободной*.

Щелочность. Под щелочностью природных или очищенных вод понимают способность некоторых их компонентов связывать эквивалентное количество сильных кислот. Щелочность обусловлена наличием в воде анионов слабых кислот (карбонатов, гидрокарбонатов, силикатов, боратов, сульфитов, гидросульфитов, сульфидов, гидросульфидов, анионов гуминовых кислот, фосфатов). Их сумма называется общей щелочностью. Ввиду незначительной концентрации трех последних ионов общая щелочность воды обычно определяется только анионами угольной кислоты (карбонатная щелочность). Анионы, гидролизуясь, образуют гидроксид-ионы:



Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для нейтрализации 1 дм³ воды. Щелочность большинства природных вод определяется только гидрокарбонатами кальция и магния, рН этих вод не превышает 8,3.

Определение щелочности полезно при дозировании химических веществ, необходимых на обработку вод для водоснабжения, а также при реагентной очистке некоторых сточных вод. Определение щелочности при избыточных концентрациях щелочноземельных металлов важно для установлении пригодности воды для ирригации. Вместе со значениями рН щелочность воды служит для расчета содержания карбонатов и баланса угольной кислоты в воде.

Растворенный кислород. Растворенный кислород находится в природной воде в виде молекул O₂. На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают ее. К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, следует отнести:

- процесс абсорбции кислорода из атмосферы;
- выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза;
- поступление в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пересыщены кислородом.

Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на поверхности водного объекта. Скорость этого процесса повышается с понижением температуры, с повышением давления и понижением минерализации. Аэрация – обогащение глубинных слоев воды кислородом – происходит в результате перемешивания водных масс, в том числе ветрового, вертикальной температурной циркуляции и т.д.

Фотосинтетическое выделение кислорода происходит при ассимиляции диоксида углерода водной растительностью (прикрепленными, плавающими растениями и фитопланктоном). Процесс фотосинтеза протекает тем сильнее, чем выше температура воды, интенсивность солнечного освещения и больше биогенных (питательных) веществ (Р, N и др.) в воде. Продуцирование кислорода происходит в поверхностном слое водоема, глубина которого зависит от прозрачности воды (для каждого водоема и сезона может быть различной, от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров).

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся реакции потребления его на окисление органических веществ: биологическое (дыхание организмов), биохимическое (дыхание бактерий, расход кислорода при разложении органических веществ) и химическое (окисление Fe²⁺, Mn²⁺, NO₂⁻, NH₄⁺, CH₄, H₂S). Скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры, количества бактерий и других водных организмов и веществ, подвергающихся химическому и биохимическому окислению. Кроме того, уменьшение содержания кислорода в воде может происходить вследствие выделения его в атмосферу из поверхностных слоев и только в том случае, если вода при данных температуре и давлении окажется пересыщенной кислородом.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах – от 0 до 14 мг/дм³ – и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Суточные колебания зависят от интенсивности процессов его продуцирования и потребления и могут достигать 2,5 мг/дм³ растворенного кислорода. В зимний и летний периоды распределение кислорода носит характер стратификации. Дефицит кислорода чаще наблюдается в водных объектах с высокими концентрациями загрязняющих

органических веществ и в эвтрофированных водоемах, содержащих большое количество биогенных и гумусовых веществ.

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. Кислородный режим оказывает глубокое влияние на жизнь водоема. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около 5 мг/дм³. Понижение его до 2 мг/дм³ вызывает массовую гибель (замор) рыбы. Неблагоприятно сказывается на состоянии водного населения и пересыщение воды кислородом в результате процессов фотосинтеза при недостаточно интенсивном перемешивании слоев воды.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе, отобранной до 12 часов дня, не должно быть ниже 4 мг/дм³ в любой период года; для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация растворенного в воде кислорода не должна быть ниже 4 мг/дм³ в зимний период (при ледоставе) и 6 мг/дм³ – в летний

Определение кислорода в поверхностных водах включено в программы наблюдений с целью оценки условий обитания гидробионтов, в том числе рыб, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки стоков. Содержание растворенного кислорода существенно для аэробного дыхания и является индикатором биологической активности (т.е. фотосинтеза) в водоеме.

Таблица 4.6

Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности

Уровень загрязненности воды и класс качества	Растворенный кислород		
	лето, мг/дм ³	зима, мг/дм ³	% насыщения
Очень чистые, I	9	14-13	95
Чистые, II	8	12-11	80
Умеренно загрязненные, III	7-6	10-9	70
Загрязненные, IV	5-4	5-4	60
Грязные, V	3-2	5-1	30
Очень грязные, VI	0	0	0

Относительное содержание кислорода в воде, выраженное в процентах его нормального содержания, называется степенью насыщения кислородом. Эта величина зависит от температуры воды, атмосферного давления и солености.

Жесткость. Жесткость воды представляет собой свойство природной воды, зависящее от наличия в ней главным образом растворенных солей кальция и магния. Суммарное содержание этих солей называют общей жесткостью. Общая жесткость подразделяется на карбонатную, обусловленную концентрацией гидрокарбонатов (и карбонатов при рН 8,3) кальция и магния, и некарбонатную – концентрацию в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот. Поскольку при кипячении воды гидрокарбонаты переходят в карбонаты, которые выпадают в осадок, карбонатную жесткость называют временной или устранимой. Остающаяся после кипячения жесткость называется постоянной. *Результаты определения жесткости обычно выражают в мг-экв/дм³.*

В естественных условиях ионы кальция, магния и других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с карбонатными минералами и других процессов растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов являются также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/дм³ считается мягкой, от 4 до 8 мг-экв/дм³ – средней жесткости, от 8 до 12 мг-экв/дм³ – жесткой и выше 12 мг-экв/дм³ – очень жесткой. Общая жесткость колеблется от единиц до десятков, иногда сотен мг-экв/дм³, причем карбонатная жесткость составляет до 70–80% от общей жесткости.

Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70%); однако в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50–60%. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (десятки и сотни мг-экв/дм³). Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения.

Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 10,0 мг-экв/дм³. Особые требования предъявляются к технической воде (из-за образования накипи).

Окисляемость перманганатная и бихроматная (ХПК). Величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется окисляемостью. Существует несколько видов окисляемости воды: перманганатная, бихроматная, иодатная, цериевая. Наиболее высокая степень окисления достигается методами бихроматной и иодатной окисляемости воды.

Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 дм³ воды.

Состав органических веществ в природных водах формируется под влиянием многих факторов. К числу важнейших относятся внутриводоемные биохимические процессы продуцирования и трансформации, поступления из других водных объектов, с поверхностными и подземными стоками, с атмосферными осадками, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Образующиеся в водоеме и поступающие в него извне органические вещества весьма разнообразны по своей природе и химическим свойствам, в том числе по устойчивости к действию разных окислителей. Соотношение содержащихся в воде легко- и трудноокисляемых веществ в значительной мере влияет на окисляемость воды в условиях того или иного метода ее определения.

В поверхностных водах органические вещества находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях. Последние в рутинном анализе отдельно не учитываются, поэтому различают окисляемость фильтрованных (растворенное органическое вещество) и нефилтрованных (общее содержание органических веществ) проб.

Величины окисляемости природных вод изменяются в пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов в литре в зависимости от общей биологической продуктивности водоемов, степени загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов, а также от влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот, торфяников и т.п. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными (десятые и сотые доли миллиграмма на 1 дм³), исключение составляют воды нефтяных месторождений и грунтовые воды, питающиеся за счет болот. Горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2–3 мг О/дм³, реки равнинные – 5–12 мг О/дм³, реки с болотным питанием – десятки миллиграммов на 1 дм³.

Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет довольно отчетливую физико-географическую зональность (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Физико-географическая зональность природных вод

Окисляемость	мг О/дм ³	Зона
Очень малая	0-2	Высокогорье
Малая	2-5	Горные районы
Средняя	5-10	Зоны широколиственных лесов, степи, полупустыни и пустыни, а также тундра

Повышенная	15-20	Северная и южная тайга
------------	-------	------------------------

Окисляемость подвержена закономерным сезонным колебаниям. Их характер определяется, с одной стороны, гидрологическим режимом и зависящим от него поступлением органических веществ с водосбора, с другой, – гидробиологическим режимом.

В водоемах и водотоках, подверженных сильному воздействию хозяйственной деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод. Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять *перманганатную окисляемость*; в более загрязненных водах определяют, как правило, *бихроматную окисляемость* (ХПК).

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг О/дм³; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О/дм³.

В программах мониторинга ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению сильным химическим окислителем. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока.

Таблица 4.8

Величины ХПК в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	ХПК, мг О/дм ³
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5-15
Очень грязные	>15

Для вычисления концентрации углерода, содержащегося в органических веществах, значение ХПК (мг О/дм³) умножается на 0,375 (коэффициент, равный отношению количества вещества эквивалента углерода к количеству вещества эквивалента кислорода).

Биохимическое потребление кислорода (БПК). Степень загрязнения воды органическими соединениями определяют как количество кислорода, необходимое для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях. Биохимическое окисление различных веществ происходит с различной скоростью. К легкоокисляющимся ("биологически мягким") веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенол, фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ и др. Медленно разрушаются "биологически жесткие" вещества, такие как гидрохинон, сульфонол, неионогенные ПАВ и др.

БПК₅. В лабораторных условиях наряду с БПК_n определяется БПК₅ – биохимическая потребность в кислороде за 5 суток.

В поверхностных водах величины БПК₅ изменяются обычно в пределах 0,5–4 мг О₂/дм³ и подвержены сезонным и суточным колебаниям.

Сезонные колебания зависят в основном от изменения температуры и от исходной концентрации растворенного кислорода. Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2–3 раза при повышении температуры на 10°С. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.

Суточные колебания величин БПК₅ также зависят от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на 2,5 мг О₂/дм³ в зависимости от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и

потребления. Весьма значительны изменения величин БПК₅ в зависимости от степени загрязненности водоемов.

Таблица 4.9

Величины БПК₅ в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³
Очень чистые	0,5-1,0
Чистые	1,1-1,9
Умеренно загрязненные	2,0-2,9
Загрязненные	3,0-3,9
Грязные	4,0-10,0
Очень грязные	10,0

Для водоемов, загрязненных преимущественно хозяйственно-бытовыми сточными водами, БПК₅ составляет обычно около 70% БПК_п.

В зависимости от категории водоема величина БПК₅ регламентируется следующим образом: не более 3 мг О₂/дм³ для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг О₂/дм³ для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования. Для морей (I и II категории рыбохозяйственного водопользования) пятисуточная потребность в кислороде (БПК₅) при 20°С не должна превышать 2 мг О₂/дм³.

Определение БПК₅ в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. Необходимо использовать величины БПК₅ при контроле эффективности работы очистных сооружений.

БПК_п. Полным биохимическим потреблением кислорода (БПК_п) считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до начала процессов нитрификации. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют БПК₂₀, считая, что эта величина близка к БПК_п.

Полная биологическая потребность в кислороде БПК_п для внутренних водоемов рыбохозяйственного назначения (I и II категории) при 20°С не должна превышать 3 мг О₂/дм³.

Глава 5. Мониторинг почв

Почвенный мониторинг является составной частью экологического мониторинга.

В последнее время исследователи все чаще обращаются к системному анализу, тем не менее до сих пор еще в отношении к почве не использованы те наиболее существенные моменты системного подхода, которые позволяют представить ее как целостную, саморегулируемую, самостоятельную функциональную систему открытого характера, где наблюдается исключительно тесная взаимосвязь с условием внешней среды. В методологическом отношении необходимо понятие о почве, как о системе.

Непрерывной частью целостных систем выступают их компоненты, образующие целое. В почве связь между слагающими ее компонентами настолько прочна, что малейшие изменения одного из них вызывает неизбежное изменение и других. Именно органическая связь компонентов обуславливает монолитность почвы как природного тела при взаимодействии с окружающей средой.

Отсюда вытекает важное методологическое положение о том, что в условиях ноосферы процессы почвообразования под воздействием антропогенного фактора активно изменяют интенсивность и направление. Возникает необходимость следить за состоянием почв и уровнем их плодородия и управлять новым качественным состоянием почв.

Из всего сказанного можно вывести две основные цели почвенного мониторинга:

- 1). своевременное обнаружение неблагоприятных изменений свойств почв и почвенного покрова при различных видах его использования, а также при развитии естественного почвообразовательного процесса;
- 2). контроль за состоянием почв по сезонам года под сельскохозяйственными культурами для выдачи своевременных рекомендаций по применению регулирующих мероприятий.

Задачи почвенного мониторинга включают в себя:

- контроль за размерами и интенсивностью ежегодных потерь почвы от дождевой и ветровой эрозии;
- выявление регионов с дефицитным балансом главных элементов питания растений; обнаружение и оценка скорости потерь гумуса, азота, фосфора и других элементов питания;
- долгосрочный и сезонный (по фазам развития растений) контроль за влажностью, температурой почв и содержанием доступных растениям форм питательных элементов;
- контроль за изменением кислотности и щелочности почв;
- контроль за изменением солевого режима почв;
- контроль за физическим состоянием почв;
- контроль за загрязнением почв ТМ, пестицидами, нефтепродуктами и т.д.;
- экспертная оценка (надзор) за вероятным изменением свойств почв в связи с проектированием гидростроительства, мелиораций;
- инспекторский контроль за правильностью отчуждения пахотопригодных почв для промышленных и коммунальных целей.

Таким образом, целью мониторинга почв и почвенного покрова является определение локальных, региональных и глобальных изменений свойств почв и их пространственного распределения под влиянием как естественных факторов, так и антропогенных воздействий. Последние заслуживают особо пристального внимания.

Прямые и косвенные антропогенные воздействия на почву весьма разнообразны. В самом общем виде они могут быть сгруппированы по характеру воздействия (механические, физические, химические, биологические и др.) и по источникам воздействия (климатические, гидрологические, геологические, техногенные и т.п.).

Почвенный мониторинг должен иметь комплексный характер (табл. 5.1), наибольшая его эффективность может быть достигнута при одновременном контроле трех групп показателей (ранней диагностики, кратко- и долгосрочных изменений свойств почв), которые отражают наиболее существенные черты данного типа и данного региона. Системы показателей, используемых в комплексном почвенном мониторинге, включают наборы показателей, с помощью которых в зависимости от поставленных задач достаточно полно оценивается состояние почвы.

Таблица 5.1 - Содержание комплексного почвенного мониторинга

Цели	Задачи	Объекты
Раннее обнаружение неблагоприятных изменений свойств почв при различных видах их использования	Оценка среднегодовых потерь почв вследствие эрозии Обнаружение регионов с дефицитным балансом главных элементов питания растений Контроль над изменением кислотности почв Контроль над изменением солевого режима Контроль за глобальным загрязнением Контроль за локальным загрязнением	Представительные почвы главных почвенно-климатических зон Почвы эрозионно-опасных территорий Почвы интенсивного сельхозиспользования Мелиорируемые почвы Почвы заповедников или условно фоновых территорий Почвы зон концентрации промышленных предприятий
Контроль за состоянием почв по сезонам года под	Контроль за влажностью Контроль за температурой	Почвы опорных пунктов длительного интенсивного

сельскохозяйственными культурами	Контроль за водно-физическими свойствами Контроль за содержанием элементов питания растений	возделывания сельскохозяйственных культур
----------------------------------	--	---

Почвенный мониторинг реализуется на трех уровнях: мониторинг состояния почвенного покрова, мониторинг состояния почв, мониторинг загрязнения почв. Цели его определены теми коренными изменениями почв, которые возникают при длительном антропогенном воздействии на них: эрозионными процессами, накоплением токсичных элементов, прогрессирующим засолением, дефицитным балансом гумуса и азота, нарастанием кислотности почв.

В зависимости от целей и задач мониторинга *объектами* его могут стать или специально выбранные территории, наиболее подверженные опасности глубокого изменения свойств почв под антропогенным воздействием, или вся площадь, занятая в сельскохозяйственном производстве. В качестве обязательных объектов мониторинга должны быть выделены фоновые территории, в число которых, кроме биосферных заповедников, должны быть включены и используемые в хозяйствах земли с минимальным техногенным воздействием. Периодичность наблюдений определяется темпами развития контролируемых процессов (от 1 года до десятков лет) или физиологическими особенностями возделываемых культур.

Для методологии почвенного мониторинга как совокупности методов исследования характерны приемы общего характера, применяемые в науке, и специальные. Последние определяются особенностями почвы как природного объекта. При решении экологических проблем необходимо иметь в виду, что природная среда - сложная система, все компоненты которой взаимосвязаны. В наибольшей мере характеризуют сложную систему те связи, которые устанавливаются между взаимодействующими компонентами. Эти связи и являются в первую очередь объектами изучения.

Природную систему можно характеризовать на основе результатов природных наблюдений, полевых опытов, достаточного объема статистических данных, характеризующих систему, обобщения результатов в форме некоторых закономерностей. Эксперимент в области экологии либо затруднен, либо практически невозможен. Единственным эффективным методом изучения столь сложной системы может быть анализ и синтез. На этапе анализа предполагается рассмотрение почвы как составляющей биосферы, изучение ее специфических свойств, которые могут быть информативными с точки зрения исследования. Синтез предполагает последующее изучение взаимосвязи почвы и других компонентов биосферы. Проверка правильности представлений о функционировании системы, получение количественных характеристик ее показателей, прогноз состояния системы проводятся с помощью системного анализа и математического моделирования.

Наряду с почвенным мониторингом существует почвенно-экологический мониторинг в основе которого лежат следующие основные задачи:

- 1) разработка методов контроля за наиболее уязвимыми свойствами почв, изменение которых может вызвать потерю плодородия, ухудшение качества растительной продукции, деградацию почвенного покрова;
- 2) постоянный контроль за важнейшими показателями почвенного плодородия;
- 3) ранняя диагностика негативных изменений почвенных свойств;
- 4) разработка методов контроля за сезонной динамикой почвенных процессов с целью прогноза ожидаемых урожаев и оперативного регулирования развития сельскохозяйственных культур, изменением свойств почв при длительных антропогенных нагрузках;
- 5) ведение мониторинга за состоянием почв территорий ненарушенных антропогенными вмешательствами (фоновый мониторинг)

Специальные задачи мониторинга почв выполняемые на разном уровне (локальном, региональном, глобальном), различаются. Объединяет их общая цель:

своевременное обнаружение изменений свойств почв при различных видах их использования и неиспользования.

Локальный и региональный мониторинг должен решать следующие задачи:

- 1) характеристика источника загрязнения и загрязняющих веществ;
- 2) определение уровней контролируемых показателей состояния почв, вод, растений на территории, подверженной действию источника загрязнения;
- 3) установление зон распространения почв с ухудшением контролируемых свойств;
- 4) определение характера действия загрязняющих веществ на почву, а также путей миграции, аккумуляции и направления трансформации загрязняющих веществ в почве;
- 5) оценка сопротивляемости почв загрязнению и возможности их самоочищения;
- 6) рекомендация мероприятий по снижению или ликвидации последствий загрязнения почв;
- 7) оценка экономического ущерба, нанесенного природе и сельскому хозяйству загрязнением почв.

При *глобальном мониторинге* должно проводиться следующее:

- 1) характеристика потока контролируемых химических элементов на почвы фоновых территорий;
- 2) определение уровней контролируемых показателей состояния почв;
- 3) выявление зон миграции, аккумуляции, направления трансформации контролируемых химических элементов в почве;
- 4) определение скорости накопления контролируемых химических элементов в почвах фоновых территорий.

Также свой предмет и задачи имеет *литомониторинг* — организованная с контрольными и прогнозно-диагностическими целями система повторяющихся, заранее спланированных в пространстве и времени наблюдений за изменениями геологической среды и её компонентов, зависящими от естественных и антропогенных (техногенных) факторов.

5.1 Контроль загрязнений почвы

Оперативный контроль за загрязнением почвы основан на сравнении результатов измерения содержания токсичных веществ в почве с ПДК или ОДК для почвы.

Предельно допустимой концентрацией (ПДК в почве) называется максимальная концентрация загрязняющего почву вещества, не вызывающая негативного прямого или косвенного воздействия на природную среду и здоровье человека.

Ориентировочная допустимая концентрация (ОДК) химического соединения в почве устанавливается расчетным путем. Это временный гигиенический норматив, срок действия которого 3 года.

ПДК и ОДК устанавливаются в основном для пахотного слоя почвы и выражаются в мг на 1 кг почвы (мг/кг).

В России содержания в почвах нормированы лишь для 200 химических соединений. В основном это тяжелые металлы и пестициды, а ПДК (или ОДК) для летучих органических соединений насчитывается не более 12-15. Пока еще нет официальных данных ПДК (ОДК) для содержания в почве нефтепродуктов, хотя они относятся к главным приоритетным загрязняющим веществам воды и почвы, и диоксины.

В таблице 5.2 представлены контролируемые параметры почвы.

Таблица 5.2 - Контролируемые параметры загрязнения почвы

Показатель	Единица измерения	Норматив (ПДК, не более)
рН	единица рН	6,0 – 9,0
Нефтепродукты	мг/кг	0,1
Бенз/а/пирен	мг/кг	0,02
Диметилбензолы (1,2-диметилбензол; 1,3-диметилбензол; 1,4-диметилбензол)	мг/кг	0,3
Комплексные гранулированные удобрения (КГУ)	мг/кг	120,0
Комплексные жидкие удобрения (КЖУ)	мг/кг	80,0
Фуран-2-карбальдегид	мг/кг	3,0
Хлорид калия (по К ₂ О)	мг/кг	360,0

Кобальт	мг/кг	5,0
Ванадий	мг/кг	150,0
Марганец	мг/кг	1500
Мышьяк	мг/кг	2,0
Ртуть	мг/кг	2,1
Сурьма	мг/кг	4,5
Свинец	мг/кг	32,0
Медь	мг/кг	3,0
Никель	мг/кг	4,0
Хром трехвалентный	мг/кг	6,0
Хром шестивалентный	мг/кг	0,05
Цинк	мг/кг	23,0
Перечень контролируемых параметров загрязнения представлен в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06		

При выборе объектов в первую очередь обследуют почвы территорий повышенного риска воздействия на здоровье населения (детские дошкольные, школьные и лечебные учреждения, селитебные территории, зоны санитарной охраны водоемов, питьевого водоснабжения, земли, занятые под сельхозкультуры, рекреационные зоны и т. д.).

Отбор, транспортирование, хранение, подготовка к анализу и анализ проб осуществляются в соответствии с утвержденными нормативными документами. Принципиальные положения по отбору проб почвы представлены в табл. 5.3.

Контроль за загрязнением почв населенных пунктов проводится с учетом существующих или планируемых функциональных зон. Места отбора проб предварительно отмечают на картосхеме, отражающей структуру городского ландшафта. Пробная площадка должна располагаться на типичном для изучаемой территории месте. При неоднородности рельефа площадки выбирают по элементам рельефа. На территорию, подлежащую контролю, составляют описание с указанием адреса, точки отбора, общего рельефа микрорайона, расположения мест отбора и источников загрязнения, растительного покрова, характера землепользования, уровня грунтовых вод, типа почвы и других данных, необходимых для правильной оценки и трактовки результатов анализов образцов.

Таблица 5.3 - Методологические принципы отбора проб почвы для оценки санитарного состояния почв

Целевой анализ	Частота отбора проб	Размещение пробных площадок	Количество пробных площадок	Размер пробных площадок	Количество объединенных проб с одной площадки	Глубина отбора проб, см	Масса объединенной пробы
Санитарно-химический	не менее 1 раз/год	на разных расстояниях от источника загрязнения	не менее одной в каждом месте контроля	25 м ²	одна из не менее 5 точек по 200 г каждая	послойно 0-5 5-20	1 кг
в т.ч. на тяжелые металлы	не менее 1 раза в 3 года						
Бактериологический	не менее 1 раз/год	в местах возможного нахождения людей, животных, загрязнения органическими отходами	на площади 100 м ² одна площадка	25 м ²	10 из 3 точек по 20-250 г каждая	послойно 0-5 5-20	600-750 г
Гельминтологический	2-3 раза в год	тоже, что и для бактериологии	на площади 100 м ² одна площадка	25 м ²	4-10 каждая из 10 точечных по 20 г каждая	послойно 0-5 5-20	200
Этимологический	не менее 2 раз/год	мусоросборники разных типов, свалки, иловые площадки	вокруг одного объекта 10 площадок	0,2 x 2м	1 из 10 площадок	10	1 кг
Оценка биологической активности почв (динамика самоочищения)	в течение 3 мес. (вегетационный период), 1-й мес. еженедельно, затем 1 раз/месяц	не менее 1 экспериментальной и 1-й контрольной площадки		25 м ²	1 объединенная из не менее 5 точечных по 200 г	0-25	1 кг

При контроле за загрязнением *почв промышленными источниками* площадки для отбора проб располагают на площади трехкратной величины санитарно-защитной зоны вдоль векторов «розы ветров» на расстоянии 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 5000 м и более от источника загрязнения (ГОСТ 17.4.4 02-84).

Для контроля санитарного состояния *почв детских дошкольных, школьных и лечебно-профилактических учреждений, игровых площадок и зон отдыха* отбор проб проводят не менее 2 раз в год - весной и осенью. Размер пробной площадки должен быть не более 5×5 м. При контроле санитарного состояния почв территорий детских учреждений и игровых площадок отбор проб проводится отдельно из песочниц и общей территории с глубины 0-10 см.

С каждой песочницы отбирается одна объединенная проба, составленная из 5 точечных. При необходимости возможен отбор одной объединенной пробы из всех песочниц каждой возрастной группы, составленной из 8-10 точечных проб.

Пробы почвы отбирают либо с игровых территорий каждой группы (одна объединенная из не менее пяти точечных), либо одна объединенная проба с общей территории из 10 точечных, при этом следует учитывать наиболее вероятные места загрязнения почв.

При контроле *почв в районе точечных источников загрязнения* (выгребные ямы, мусоросборники и т.п.) пробные площадки размером не более 5×5 м выбирают на разном расстоянии от источника и в относительно чистом месте (контроль).

При изучении загрязнения *почв вблизи транспортных магистралей* пробные площадки закладываются на придорожных полосах с учетом рельефа местности, растительного покрова, метео- и гидрологических условий. Пробы почвы отбирают с узких полос длиной 200-500 м на расстоянии 0-10, 10-50, 50-100 м от полотна дороги. Одна смешанная проба составляется из 20-25 точечных, отобранных с глубины 0-10 см.

При оценке *почв сельскохозяйственных территорий* пробы почвы отбирают 2 раза в год (весна, осень) с глубины 0-25 см. На каждые 0-15 га закладывается не менее одной площадки размером 100-200 м² в зависимости от рельефа местности и условий землепользования.

Геохимическое картирование *территории крупных городов* с многочисленными источниками загрязнения проводится по сети апробирования. Для выявления очагов загрязнения рекомендуемая плотность отбора 1-5 проб/км² с расстоянием между точками отбора 400-1000 м. Для дальнейшего выделения территории с максимальной степенью загрязнения сеть апробирования сгущается до 25-30 проб/км², расстояние между точками отбора около 200 м. Пробы рекомендуется отбирать с глубины 0-5 см. Размер сети апробирования может меняться в зависимости от масштаба картирования, характера использования территорий, требований к уровню их загрязнения, а также вариабельности содержания загрязнений на отдельных участках обследуемых территорий.

5.2 Контролируемые показатели состояния почв

Нет сомнений в том, что качество почв должно оцениваться на основании экологических нормативов. Актуальные проблемы именно экологической оценки почв, как одного из этапов почвенного мониторинга, заключаются в установлении (корректировке) предельных уровней, описываемых соответствующими параметрами состояния – физическими, химическими, биологическими, санитарно-бактериологическими, а также в оценке последствий фактического и прогнозируемого состояния экосистем.

Обобщающие, интегральные показатели комплексной характеристики почв необходимы для изучения их антропогенеза и реализации почвенного мониторинга. Из группы взаимосвязанных характеристик почв следует выбрать ту, которая в наибольшей степени характеризует какой-либо параметр или процесс.

Основной принцип выбора параметров состояния - это не стремление характеризовать почву наиболее полно, а концентрация внимания на тех свойствах почвы,

которые в наибольшей степени подвержены изменениям под воздействием антропогенных факторов, служат интегральным показателем этих изменений. Отобранная система параметров состояния должна наиболее полно и комплексно отражать произошедшие в почве изменения.

Рэуце и Кырстя (1986) выделяют следующие классы показателей:

Показатели химического состояния почв включают: емкость поглощения, состав обменных катионов, степень засоления, валовые содержания элементов, активность ионов в жидкой фазе почвы, содержание органического вещества, групповой и фракционный состав гумуса, отношение С_{гк}:С_{фк}, отношение С:N, окислительно-восстановительный потенциал.

Показатели физического состояния почв включают: водопроницаемость, влажность, предельная полевая влагоемкость, полевая влагоемкость, влажность завядания, гранулометрический состав, агрегатный состав, водопрочность агрегатов, плотность почвы, плотность твердой фазы почвы, пористость агрегатов, набухание, температура, электропроводность, намагниченность;

Показатели биологического состояния почв: дыхание почвы, скорость разложения целлюлозы, ферментативная активность, численность и видовое разнообразие микроорганизмов, гено- и фитотоксичность почвы.

Санитарно-бактериологические показатели состояния почв: содержание патогенных бактерий и вирусов, санитарно-энтмологические, санитарно-гельминтологические и комплексные показатели.

Показатели эрозионного воздействия на почвы: мощность гумусового горизонта, наличие погребенных горизонтов.

Каждое из указанных свойств является важной характеристикой почвы и необходимо для полноты знаний о ней. Рассмотрим более подробно эти показатели.

Показатели химического состояния почв

Содержание легкорастворимых солей. Состояние почвенной биоты во многом определяется динамикой химического состава почвенного раствора. Биоценоз, сформированный в конкретных природных условиях, чутко реагирует на изменение среды обитания. Следует помнить, что антропогенная деятельность, направленная на улучшение агрохимических и агрофизических свойств почв, не всегда благоприятна для природных экосистем. Процессы вторичного засоления почв, которые наблюдаются при проведении мелиоративных мероприятий, изменяя химический состав и минерализацию почвенного раствора, приводят к серьезным нарушениям функционирования природных экосистем.

Показателем, отражающим эти изменения, может служить содержание легкорастворимых солей в почве, определяемое по количеству плотного остатка солей в водной вытяжке или по изменению электрохимических свойств почв.

При исследовании почв засоленного ряда широко используется метод, основанный на определении изменения электропроводности почв в зависимости от содержания легкорастворимых солей - кондуктометрия. Измерения могут проводиться как в лаборатории, путем определения электропроводности насыщенных водой почвенных паст или суспензий, так и в полевых условиях: измерения электропроводности почвы или отдельных ее горизонтов *in situ*.

Критерием кислотно-основных свойств почвы является реакция рН почвы: $pH = - \lg a_{H^+}$, где a_{H^+} - активность ионов водорода. Это одна из основных почвенных характеристик, определяющая протекание различных почвообразовательных процессов, а также доступность растениям различных питательных элементов (табл. 5.4).

Оптимальным для большинства высших растений является диапазон рН от 6 до 7,5. Различные виды антропогенного воздействия на почвы приводят как к уменьшению величины рН, так и к ее возрастанию. Одной из самых серьезных проблем является подкисление почвы в результате интенсивного использования физиологически кислых

минеральных удобрений (в основном азотных), а также при выпадении кислых атмосферных осадков, загрязненных кислотообразующими газами (SO₂, NO_x, HF и др.).

Таблица 5.4 - Градация почв по степени кислотности

pH	Оценка	Примечание
< 4,5	сильно кислые	по Н.Ф. Корнилову
4,6-5,0	среднекислые	
5,1-5,5	слабокислые	
5,6-6,0	близкие к нейтральным	
6,0-7,0	нейтральные	
7,5-8,0	слабощелочные	по Б.А. Зимовцу
7,5-8,0	среднещелочные	
> 8,0	сильнощелочные	

Для почв, обладающих низкими буферными свойствами, эти воздействия могут привести к катастрофическим изменениям. Процессы вторичного засоления и осолонцевания сопровождаются, напротив, существенным увеличением pH, что также приводит к негативным последствиям для растительного покрова (снижение продуктивности, изменение видового состава).

Известно много способов определения величины pH в различных водных (1:1, 1:2,5; 1:5) суспензиях и пастах, в солевых (1н KCl и др.) вытяжках, в почвенных образцах с естественной влажностью. Существенным недостатком этих приемов является то, что они связаны с отбором и дальнейшей обработкой (высушивание, хранение, разбавление водой или растворами) почвенных образцов, что влечет за собой изменение величины pH. Наибольшим приближением к реальным кислотно-щелочным условиям в почве являются результаты измерений непосредственно в почве естественного залегания (так называемые измерения *in situ*).

Для характеристики окислительно-восстановительных условий в почве в качестве параметра состояния рекомендуется использовать величину окислительно-восстановительного потенциала (ОВП или Eh) почвы. ОВП почвы является функцией соотношения активностей окисленных и восстановленных форм соединений в почве и характеризует физико-химические условия протекания процессов почвообразования и питания растений и микроорганизмов. В свою очередь величина ОВП является интегральным результатом физических, химических и биологических процессов.

Различные антропогенные воздействия могут как увеличивать (распахивание, осушение, эрозия), так и уменьшать (подтопление почв, засоление, осолонцевание) ОВП почвы, что ведет к изменениям в функционировании всего биогеоценоза. Измерения величины Eh следует проводить только в почве естественного залегания.

Содержание гумуса. Гумус определяет химические, физико-химические, физические и биологические свойства почв. Гумусовые вещества являются одним из источников элементов питания для растений и, в первую очередь, азота. Почвы богатые органическим веществом, как правило, обладают наиболее благоприятными условиями для обитания биоты.

Антропогенная деятельность нарушает сложившийся природный баланс и может способствовать как гумусообразованию, через поступление дополнительных количеств органических остатков, так и снижению его содержания в результате усиления процессов минерализации или эрозии. Если первый процесс при рассмотрении агроценозов носит положительный характер (исключая случаи поступления ископаемых органических остатков, таких как нефть, например), то проявление второго негативно при рассмотрении как естественных, так и антропогенных биогеоценозов и является результатом неправильного природопользования. Снижение содержания специфического органического вещества почв будет отражать степень их антропогенной деградации.

Показателем количества гумуса в почвах является содержание органического углерода в почвенном образце после удаления нетрансформированных растительных и животных остатков.

Определение органического углерода может проводиться окислением бихроматом калия в сернокислой среде или сухим высокотемпературным сжиганием.

Специфические контролируемые показатели химического состояния почв

Научно обоснованный контроль за состоянием почв, испытывающих загрязнение, предполагает наличие некоторой теоретической модели поведения загрязняющих веществ в почвах. Для разработки такой модели необходимы следующие сведения:

- поток химических элементов (загрязняющих веществ) из атмосферы в почву;
- химический состав соединений элементов в осадках;
- общий запас элементов в верхних горизонтах (слоях) почвы;
- предположения о соединениях этих элементов в почвах, которые пополняют соединения элементов, поступившие с осадками;
- запас этих соединений в верхних горизонтах (слоях) почвы;
- предположения о скорости трансформации в почве поступивших соединений элементов в другие химические соединения;
- сведения о скорости миграции элементов в ландшафте;
- сведения о скорости их вовлечения в биологический круговорот;
- сведения о пространственном и временном варьировании содержаний контролируемых элементов и их соединений.

Почву характеризует множество показателей ее состояния, перечень которых необходимо определить и обосновать. Наибольшей информативности можно ожидать от использования относительных показателей, а не абсолютных. В связи с этим среди выбранных должны быть показатели двух видов. Во-первых, показатели наименее устойчивых свойств почв, наиболее чувствительных к антропогенному воздействию. Во-вторых, нужны показатели наиболее стабильных свойств, так как они характеризуют внутренние свойства системы или объекта, находящиеся в состоянии динамического равновесия с окружающей средой.

Среди показателей должны быть такие, которые отражают специфическую реакцию на воздействие загрязнения, поскольку загрязняющие вещества имеют различную природу и последствия их избыточного поступления в почву и в растения специфичны. Должны контролироваться показатели и неспецифической природы, интегральные свойства анализируемой системы, так как они взаимосвязаны и отражают общее состояние почвы.

Значениям показателей, характеризующих свойства почвы, свойственны достаточно высокие уровни варьирования, что также необходимо учитывать при анализе данных и принятии решений. Наконец, необходимо четко определять пространственно-временные границы анализируемой системы.

Контролируемый показатель загрязнения почв должен соответствовать следующим требованиям:

1. Необходима схема поведения загрязняющих веществ и участия их в почвенно-химических процессах, основанная на аналитических и термодинамических методах изучения природы вещества.

2. Показатель должен быть интегральной характеристикой состояния контролируемого химического элемента и физико-химического состояния почв.

3. Показатель должен в достаточной мере быть чувствительным, чтобы можно было ожидать повышения уровня при увеличении содержания элемента в выпадениях.

4. Показатель должен быть в достаточной мере устойчивым для точки опробования и умеренно варьировать в пространстве и времени, в противном случае интервал возможных значений его будет так велик, что, во-первых, объект исследования утратит

свою индивидуальность, во-вторых, создаст угрозу ошибочно загрязненные почвы с относительно высоким уровнем показателя отнести к незагрязненным.

5. Скорости перехода соединений элемента, которые характеризуют этот показатель, в состав менее подвижных, а, следовательно, менее опасных, должны быть таковы, чтобы можно было ожидать отрицательного действия этих соединений на растения прежде, чем они перейдут в состав устойчивых и недоступных растениям соединений.

6. Должны существовать стандартные надежные методы определения показателя, обеспечивающие правильность и требуемую воспроизводимость результатов.

Общее содержание загрязняющих веществ в почвах является показателем менее информативным, чем при оценке загрязнения воды или воздуха. При высоком содержании загрязняющих веществ в почвах состояние растений ухудшается в том случае, когда в почвах оказывается высокое содержание этих веществ в доступном для растений состоянии. Если доступность веществ ограничена, растения могут и не проявлять признаков угнетения. Таким образом, необходимы данные о подвижных соединениях химических элементов, так как именно они характеризуют способность загрязняющих веществ переходить в сопредельные среды (вспомним, например, транслокационные и миграционные ПДК).

Содержание подвижных соединений загрязняющих веществ повышается в зоне локального загрязнения. Процент экстрагируемых ацетатно-аммонийным буфером и разбавленной азотной кислотой при этом повышается. Например, 1н HNO₃ извлекает из загрязненных почв до 95% металлов, поступивших антропогенным путем. В почвах фоновых территорий запас подвижных соединений измеряется единицами процентов от общего их содержания.

Показатели физического состояния почв

Наряду с химическими свойствами, большое значение для оценки состояния почвы как среды обитания имеет характеристика ее физических параметров. Почвы представляют собой совокупность твердых, жидких и газообразных веществ, которые, взаимодействуя друг с другом, определяют ее физические свойства: структуру, плотность сложения, влажность, гранулометрический и агрегатный состав и т.д.

Водопроницаемость. Интегральным параметром, отражающим весь комплекс физических свойств почв, является водопроницаемость: способность почв впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. Водопроницаемость измеряется объемом воды, которая проходит через единицу площади поперечного сечения в единицу времени.

Водопроницаемость, находясь в тесной зависимости от основных физических свойств почв, отражает большинство видов антропогенного воздействия, приводящих к их нарушению. Так, водопроницаемость гумусового горизонта падает при неправильной агротехнике в земледелии, перегрузке пастбищ, нарушении мелиоративных технологий, избыточном рекреационном воздействии и повышается, если в результате правильного природопользования наблюдается улучшение физических свойств почв. Например, водопроницаемость целинных подзолистых почв - 1,8 мм/мин, а черноземов - 8, мм/мин, тогда как пахотных их аналогов - 0,6 и 1,9 мм/мин, соответственно. Водопроницаемость солонцов составляет 0,2 мм/мин.

В табл. 5.5 представлены данные водопроницаемости почв по Н.А. Качинскому.

Таблица 5.5 - Шкала водопроницаемости почв по Н.А. Качинскому

Водопроницаемость (в Па) в 1-й час впитывания при напоре 5 см и температуре воды 10°C	Оценка
>1000	провальная
1000-500	излишне высокая
500-100	наилучшая
100-70	хорошая

70-30	удовлетворительная
<30	неудовлетворительная

Плотность почвы. Другим, не менее информативным параметром, отражающим физическое состояние почв, является их плотность - масса почвы в единице ее объема ненарушенного сложения. Как и водопроницаемость, она зависит от гранулометрического состава и агрегированности почв, от плотности сложения агрегатов и характера их упаковки.

Плотность почвы сравнительно легко определяется в полевых условиях и поэтому ее широко применяют в качестве обобщенного показателя физического состояния почв при их агротехнической и почвенно-мелиоративной оценке. Основным методом измерения плотности почв является буровой. Простота и доступность метода позволяет использовать его в ряде случаев для оценки физического состояния почв вместо водопроницаемости. Исключение составляют сильно набухающие почвы, пористость которых изменяется при изменении влажности, что может приводить к занижению результатов определения плотности.

Уровень грунтовых вод. Важным фактором, определяющим степень увлажнения почвенного профиля, являются грунтовые воды, под которыми понимаются воды первого от дневной поверхности водоносного горизонта. Глубина залегания грунтовых вод определяет степень гидроморфизма почв и, следовательно, состояние биогеоценоза, сформировавшегося с данным режимом увлажнения. Так, для автоморфных биогеоценозов неблагоприятное воздействие оказывает поднятие уровня грунтовых вод (УГВ), тогда как для гидроморфных, напротив, их снижение. Например, при снижении УГВ в болотных биогеоценозах при осушительных мелиорациях, вследствие обезвоживания торфяной толщи, усиления ее аэрации интенсифицируются процессы биологического разложения органического вещества. Поднятие грунтовых вод в автоморфных почвах приводит к усилению их гидроморфизма и появлению таких неблагоприятных свойств как снижение окислительно-восстановительного потенциала и т.д., и, в конечном итоге, изменению структуры биоценоза.

В естественных биогеоценозах в течение года наблюдается динамика уровня грунтовых вод. Амплитуда колебаний зависит от многих причин: степени изолированности водоносного горизонта от поверхности, литологического состава пород, положения в рельефе, климатических условий и т.д.

Изменение УГВ в результате антропогенной деятельности может происходить как при прямом воздействии на УГВ (осушительные мелиорации), так и опосредовано (строительство гидротехнических и других сооружений, горные разработки). Как правило, определение уровня грунтовых вод и прослеживание его динамики проводятся в стационарных скважинах.

Показатели биологической активности почв

Показатели биологической активности почв наряду с параметрами химических и физических свойств необходимы для характеристики состояния почвы как биологической системы и оценки степени ее повреждения при антропогенном воздействии (пестицидами, тяжелыми металлами, удобрениями и т.д.). Более того, часто только биологические показатели способны установить физиологическую активность комплекса ксенобиотиков в почве и выявить критические уровни ее загрязнения.

Вследствие биохимических превращений, которые осуществляют микроорганизмы, в почве происходят важнейшие процессы круговорота веществ, почвообразования, детоксикации ксенобиотиков, самоочищения почвы. Ассоциация почвенных микроорганизмов является категорией экологической и функционирует как единое целое благодаря взаимосвязанным метаболическим реакциям. Стерилизующий эффект разных загрязнений приводит к выпадению чувствительных видов, распаду микробных ценозов,

потере биохимической активности почвы и в итоге к гибели микроорганизмов и деградации экосистем.

Разработано много полевых и лабораторных методов оценки биомассы, видового состава микробиоты и биологической активности почв в фоновых и загрязненных ксенобиотиками регионах. Они информативны, но часто трудоемки, требуют дорогостоящих реактивов и оборудования. Для экспресс-диагностики состояния и хозяйственной пригодности почв и ее продуктивности широко используется ряд простых диагностических показателей, которые позволяют быстро оценить интегральную активность микробиоты, токсические свойства почвы.

Активная биомасса почвенных микроорганизмов. Уровень суммарной биомассы активных (живых) почвенных микроорганизмов в почве может служить интегральным параметром, отражающим состояние почвенной микробиоты, а также интенсивность протекания биохимических превращений. Определение суммарной активности биомассы почвенных микроорганизмов проводится респирометрическим (физиологическим) методом. Метод основан на измерении скорости дыхания популяции почвенных микроорганизмов после обогащения почвы дополнительным источником углерода и энергии (глюкозы).

Для экспресс-диагностики достаточно использовать величину начальной максимальной скорости выделения углекислого газа. Природное содержание микробного углерода почве в зависимости от их свойств, определяемое данным методом, может варьировать от 15 до 240 мг/100 г почвы.

Токсичность почв. Токсичность почв - способность почв подавлять рост и развитие высших организмов и микробиоты. Токсичность почв может возникать под действием антропогенных факторов за счет двух процессов - аккумуляции в почве загрязнителей и накопления токсинов, образованных представителями микробиоты загрязненных почв.

Общую токсичность почвы определяют методом "почвенных пластинок", а микробный токсикоз почв - методом "почвенных пластинок" с инициированным микробным сообществом, которое получают после обогащения образца почвы крахмалом или глюкозой. Разница в результатах, полученных двумя указанными методами, свидетельствует о наличии микробного токсикоза почвы помимо токсикоза, вызванного антропогенными загрязнениями. Методом почвенных пластинок успешно выявляется токсичность почв, находящихся в условиях промышленного загрязнения.

Для установления токсичности почвы используют в качестве теста реакцию семян проростков растений как наиболее наглядный, удобный и простой биореагент. Возможно выявлять токсичность почвы на одном высокочувствительном виде растения (кресс-салате, редисе, горохе, пшенице). Для выяснения фитотоксического спектра почвы можно использовать набор тест-растений, включая районированные культуры (пшеница, овес и т.д.), семена деревьев (сосны). Желательно брать мелкие семена, которые более чутко реагируют на загрязнение. Токсичными считаются те почвы, которые ингибируют прорастание семян или развитие проростков и корней на 30% и более в сравнении с контролем. Стимулирующее рост действие (>30%) также часто свидетельствует о наличии высокотоксичных веществ в данной почве (Буткевич, 1950).

Генотоксичность почв. Генетическая токсикология выявляет особенности действия химических, физических, биологических факторов на структурно-функциональное состояние генетических детерминант у организмов всех уровней организации: от микроорганизмов до человека. Фундаментальные исследования позволили установить молекулярные механизмы образования генных, хромосомных и геномных мутаций, определить "генетически-повреждающие" (генотоксичные) агенты, разработать методы и тест системы для проверки на мутагенность.

Поступление в биосферу антропогенных загрязнений прогрессирует, многие из них обладают генетической активностью: пестициды, полициклические и хлорированные углеводороды, нитрозосоединения, тяжелые металлы и т.д. Насыщение окружающей

среды чуждыми природе токсичными ксенобиотиками приводит к неконтролируемым повреждающим эффектам на биоту. Происходит отбор специфических генотипов; изменение экспрессии генов, повреждение наследственных структур. Повреждение хромосом соматических клеток человека ведет к раку, старению, а зародышевых - к врожденным порокам развития в потомстве и наследственным болезням.

Почва накапливает ксенобиотики и их метаболиты в большей степени, чем все остальные природные среды. При их совместном действии мутагенный эффект может синергично усиливаться. Часть загрязнителей может аккумулироваться в тканях организмов, передаваться по пищевым цепям и многократно концентрироваться. После метаболической активации в высших организмах они превращаются в мутагены (например, амины). Обеспечение генетической безопасности биосферы требует выявления, оценки, регистрации и устранения мутагенных факторов из окружающей среды.

Экспертиза в области мутагенов окружающей среды использует различные методы и их комбинации. Первичные краткосрочные (просеивающие) тесты обязательно включают тест на индукцию генных мутаций у микроорганизмов и цитогенетический тест с учетом хромосомных перестроек.

Тест Эймса на сальмонелле (*S.typhimurium*) - полуколичественный и количественный методы учета обратных генных мутаций (реверсий) от гистидинзависимости к гистидиннезависимости (*his- > his+*). Он улавливает изменения в гистидиновом локусе и в силу гаплидности все мутации проявляются фенотипически. Накопленный опыт свидетельствует о том, что увеличение в 2 раза (или более) частоты мутаций по сравнению с фоновым (спонтанным) уровнем указывает на наличие генотоксичности почвы. Цитогенетический тест на индукцию повреждения митотических хромосом у растений - достаточно дешевый, быстрый, надежный, не требует сложного оборудования. Легко доступным материалом для изучения повреждающего действия почв на хромосомы являются кончики корешков лука, скерды, бобов, ячменя, кукурузы, сои. Учитываются хромосомные aberrации в митозе соматических клеток кончиков корешков (в меристеме проростков).

В связи с тем, что в природе поллютанты образуют "сложные смеси", возникает необходимость тестирования почв на мутагенность *in vivo*. Для этих целей проводят сбор в природных экосистемах семян растений (например, одуванчика), их проращивают и учитывают в цитогенетическом тесте aberrации хромосом.

На генотоксичность почвы указывает повышение частоты морфологических мутантов у водорослей, выделенных из почвы (например, хлореллы).

Подводя итоги анализу параметров состояния, выделим наиболее существенные из них с точки зрения экологического нормирования антропогенного воздействия.

Параметры состояния наземного биогеоценоза, относящиеся к почве:

- содержание легкорастворимых солей (для слоя 0-20 см, %);
- величина pH почвы (измерения *in situ* на глубине 0-20 см);
- величина окислительно-восстановительного потенциала (Eh) почвы (измерения *in situ* на глубине 0-20 см);
- содержание гумуса (слой 0-20 см, %);
- водопроницаемость гумусового горизонта почвы (для слоя 0-20 см, мм/мин);
- плотность почвы (горизонт 0-20 см, г/см);
- уровень грунтовых вод (м);
- активная биомасса почвенных микроорганизмов (в слое 0-20 см, мг/с 100 г почвы);
- фитотоксичность почвы (слой 0-20 см, % к контролю);
- генотоксичность почвы (слой 0-20 см, рост числа мутаций по отношению к контролю).

Одним из информативных показателей может быть показатель снижения качества и количества растительной продукции от получаемой на аналогичных незагрязненных почвах, %, градации значений которого приводятся в табл. 5.6.

Таблица 5.6 - Оценка степени загрязнения почв по показателю снижения качества и количества продукции

Показатель снижения качества и количества растительной продукции от получаемой на аналогичных незагрязненных почвах, %	
Практически не загрязнена	менее 5
Слабо загрязнена	6-10
Умеренно загрязнена	11-25
Сильно загрязнена	26-50
Очень сильно загрязнена	51-75
Чрезмерно загрязнена	более 75

Поскольку часто по разным причинам некоторые из них отсутствуют, то в случае почвы можно предложить предварительный анализ изменения параметров состояния по группам отдельных свойств (химические, физические, биологические) и затем уже определять показатель измененности почвы в целом, как среднюю величину по этим трем группам. При таком подходе можно также воспользоваться в случае необходимости иными, аналогичными предлагаемыми в качестве параметров состояния характеристиками.

Для оценки степени воздействия антропогенного фактора на параметр состояния необходимо знать конкретное его значение до и после воздействия, на основании которого можно оценить степень изменения параметра (%). Показатель измененности (Jc) того или иного компонента, или ландшафта в целом можно определить как среднее степеней изменения отдельных параметров.

Однако, перед установлением степени измененности параметра необходимо определить наличие самого факта изменения величины параметра состояния. Для этого предварительно проводится обработка методами математической статистики имеющихся результатов определения значения параметра до и после воздействия антропогенного фактора с целью определения доверительных границ. Значение параметра состояния до воздействия фактора в зависимости от ситуации может быть оценено по предшествующим наблюдениям, по значению его на соответствующей условно ненарушенной, эталонной (например, заповедной) территории, или в крайнем случае, установлено экспертным путем.

Оценка степени биологического загрязнения почв

Санитарно-бактериологические показатели

В загрязненной почве на фоне уменьшения истинных представителей почвенных микробоценозов (антагонистов патогенной кишечной микрофлоры) и снижения ее биологической активности отмечается увеличение положительных находок патогенных энтеробактерий и геогельминтов, которые более устойчивы к химическому загрязнению почвы, чем представители естественных почвенных микробоценозов. Это является одной из причин необходимости учета эпидемиологической безопасности почвы населенных пунктов. С увеличением химической нагрузки может возрастать эпидемическая опасность почвы.

Оценка санитарного состояния почвы проводится по результатам анализов почв на объектах повышенного риска (детские сады, игровые площадки, зоны санитарной охраны и т.п.) и в санитарно-защитных зонах по санитарно-бактериологическим показателям:

1). Косвенные, характеризуют интенсивность биологической нагрузки на почву. Это - санитарно-показательные организмы группы кишечной палочки (БГКП (Коли-

индекс) и фекальные стрептококки (индекс энтерококков). В крупных городах с высокой плотностью населения биологическая нагрузка на почву очень велика, и как следствие, высоки индексы санитарно-показательных организмов, что наряду с санитарно-химическими показателями (динамика аммиака и нитратов, санитарное число), свидетельствует об этой высокой нагрузке.

2). Прямые санитарно-бактериологические показатели эпидемической опасности почвы - обнаружение возбудителей кишечных инфекций (возбудители кишечных инфекций, патогенные энтеробактерии, энтеровирусы).

Результаты анализов оцениваются в соответствии с таблицей 5.7.

При отсутствии возможности прямого определения в почвах энтеробактерий и энтеровирусов оценка безопасности может быть проведена ориентировочно по индикаторным микроорганизмам.

Почву оценивают как "чистую" без ограничений по санитарно-бактериологическим показателям при отсутствии патогенных бактерий и индексе санитарно-показательных микроорганизмов до 10 клеток на грамм почвы.

О возможности загрязнения почвы сальмонеллами свидетельствует индекс санитарно-показательных организмов (БГКП и энтерококков) 10 и более клеток/г почвы.

Концентрация колифага в почве на уровне 10 БОЕ на г и более свидетельствует об инфицировании почвы энтеровирусами.

Таблица 5.7 - Оценка степени эпидемической опасности почвы

Категория загрязнения почв	Индекс БГКП	Индекс энтерококков	Патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы	Яйца геогельминтов, экз./кг	Личинки-Ли куколки-К мух экз. в почве с площадью 20 × 20 см
Чистая	1-10	1-10	0	0	0
Умеренно опасная	10-100	10-100	0	до 10	Л до 10 К – отс.
Опасная	100-1000	100-1000	0	до 100	Л до 10 К до 10
Чрезвычайно опасная	1000 и выше	1000 и выше	0	>100	Л >100 К >10

В загрязненной почве на фоне уменьшения истинных представителей почвенных микробоценозов (антагонистов патогенной кишечной микрофлоры) и снижения ее биологической активности отмечается увеличение положительных находок патогенных энтеробактерий и геогельминтов, которые были более устойчивы к химическому загрязнению почвы, чем представители естественных почвенных микробоценозов.

Санитарно-паразитологические показатели

Из всех объектов окружающей среды почва наиболее часто и интенсивно загрязняется возбудителями кишечных паразитарных заболеваний: гельминтозы, лямблиоз, амебиоз и др. Почва для яиц геогельминтов (аскарид, власоглавов, токсокар, анкилостомиды, стронгилоидес и др.) является неотъемлемой средой прохождения их биологического цикла развития и местом временного пребывания для яиц биогельминтов (описторхи, дифиллобатрииды, тенииды и др.), а также цист кишечных патогенных простейших (криптоспоридий, изоспор, лямблий, балантидий, дизентерийной амебы и др.)

Яйца геогельминтов сохраняют жизнеспособность в почве от 3 до 10 лет, биогельминтов - до 1 года, цисты кишечных патогенных простейших - от нескольких дней до 3 - 6 месяцев.

Наиболее часто загрязнение почв города возбудителями паразитарных болезней обнаруживается на территории дворов, детских дошкольных и школьных учреждений, улиц около мусоросборников, вокруг туалетов, в местах выгула домашних животных (кошки и собаки), скверах, бульварах, парках и лесопарках.

Из загрязненной почвы возбудители паразитарных болезней могут попадать на руки, одежду, овощи, фрукты, ягоды, столовую зелень, воду поверхностных водоисточников, что создает условия для повышенного риска заражения людей и животных.

Прямую угрозу здоровью населения представляет загрязнение почвы жизнеспособными оплодотворенными и инвазионными яйцами аскарид, власоглавов, токсокар, анкилостомид, личинками стронгилоидов, а также онкосферами тениид, цистами лямблий, изоспор, балантидий, амеб, ооцистами криптоспоридий; опосредованную - жизнеспособными яйцами описторхисов, дифилоботриид.

При оценке эпидемической опасности и степени загрязнения почвы возбудителями паразитарных болезней определяют:

- вид возбудителей;
- их жизнеспособность и инвазионность;
- экстенсивный показатель загрязнения "А" - отношение числа положительных проб "Б" - (пробы почвы, в которых обнаружены возбудители паразитарных болезней), к общему числу исследованных проб ("С") в процентах: $A = B/C \times 100$;
- интенсивный показатель загрязнения - общее содержание возбудителей паразитарных болезней в 1 кг (или 100 г) почвы.

Санитарно-гельминтологические показатели

Гельминтологические показатели санитарного состояния почвы, позволяют оценить чистоту почвы населенных мест (табл.5.8).

Вместе с тем, пользуясь рекомендованной схемой оценки, следует учитывать инвазионность обнаруженных яиц гельминтов, так как это имеет важное значение в определении степени эпидемиологической опасности.

Таблица 5.8 - Схема оценки санитарного состояния почвы по содержанию яиц гельминтов (по С.Л. Альф, 1959)

Санитарное состояние почвы	Содержание яиц гельминтов в 1 кг почвы
Незагрязненная	0
Слабо загрязненная	1-10
Умеренно загрязненная	10-100
Сильно загрязненная	свыше 100

Санитарно-энтомологические показатели

Иногда в почвах, загрязненных органическими остатками и отходами, особенно в условиях повышенной влажности, могут развиваться некоторые виды комаров из класса кулицидов (*Culex urban*, *Culex ripien*) - переносчики малярии и гепатита.

Однако наибольшую опасность из насекомых, живущих и развивающихся в загрязненных органическим веществом почвах, представляет муха (*Musca domestica*) которая откладывает яйца в навоз и органический субстрат бытовых отходов. В зависимости от температуры и влажности среды через 12-48 часов из яиц выходят личинки, через несколько дней при более высокой температуре они превращаются в куколок, а затем во взрослых мух. В неблагоприятных условиях мухи в состоянии куколок могут находиться в почве иногда с осени до весны. По количеству личинок и куколок мух, обнаруживаемых в почве, судят о ее санитарном состоянии. Оценочные показатели представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 - Энтомологические санитарные показатели почвы по наличию в ней личинок и куколок мух (по В.П. Дербеновой-Уховой, 1972)

Характеристика почвы	на 0.25 м ² поверхности почвы содержится личинок и куколок мух, экземпляров
Чистая	0
Мало загрязненная	Единичные
Загрязненная	10-25
Сильно загрязненная	25 и более

Комплексные санитарные показатели

Полученные результаты лабораторных исследований по гигиенической оценке отдельных показателей загрязнения почвы населенных мест позволяют ориентировочно охарактеризовать санитарное состояние почвы (табл. 5.10 – 5.12).

Только в сочетанном сравнении всего комплекса показателей можно дать объективную оценку степени чистоты или загрязненности почвы (табл. 5.10).

Таблица 5.10 - Комплексные оценочные показатели санитарного состояния почвы

Характеристика почвы	Число личинок и куколок мух на 0.25 кв. м почвы	Число яиц гельминтов на кг почвы	Титр-Coli	Титр-Perfringens
Чистая	0	0	1.0	1.0 и выше
Мало загрязненная	единичные экземпляры	до 10.0	1.0-0.01	0.1-0.001
Загрязненная	10-25	11-100	0.01-0.001	0.001-0.0001
Сильно загрязненная	25.0	свыше 100	0.001 и ниже	0.0001 и ниже

Таблица 5.11 - Биогенные показатели загрязнения почвы (рекомендации ВОЗ)

Степень загрязнения почвы	Число патогенных микроорганизмов при загрязнении фекалиями в 1 г почвы	Число патогенных микроорганизмов при загрязнении животными	Число яиц паразитов	Число патогенных микроорганизмов
Незагрязненная	<10	0	<104	<102
Слабо загрязненная	10-103	<10	104-105	102-104
Средне загрязненная	104-104	0-100	105-106	104-105
Сильно загрязненная	>104	>100	>106	>105

Таблица 5.12 - Санитарно-бактериологическая оценка почвы

Степень загрязнения почвы	Количество клеток в 1 почве, шт			
	лактоположительные кишечные палочки	энтерококки	сальмонеллы	патогенные вирусы
Территории населенных пунктов, пашня				
Чистая	9	9	нет	нет
Загрязненная	10	10	0,3	есть
Территории промышленных предприятий и их санитарные зоны				

Чистая	99	99	нет	нет
Загрязненная	100	100	0,3	есть

5.3 Почвенное обследование исследования городских и промышленных зон

Проводится в случае:

- если необходимо установить уровень загрязнения участка или его экологическое качество для иных целей;
- на участках, где загрязнение почвы не ожидается, но необходимо определить качество почвы (например, чтобы удостовериться в отсутствии загрязнения);
- для оценки загрязнения почвы на любых участках, где необходимо оценить степень и масштаб загрязнения.

Основными этапами исследования являются:

- предварительные исследования;
- разведочные исследования;
- основные полевые исследования. Соотношение между этими этапами показано на рис. 5.1.

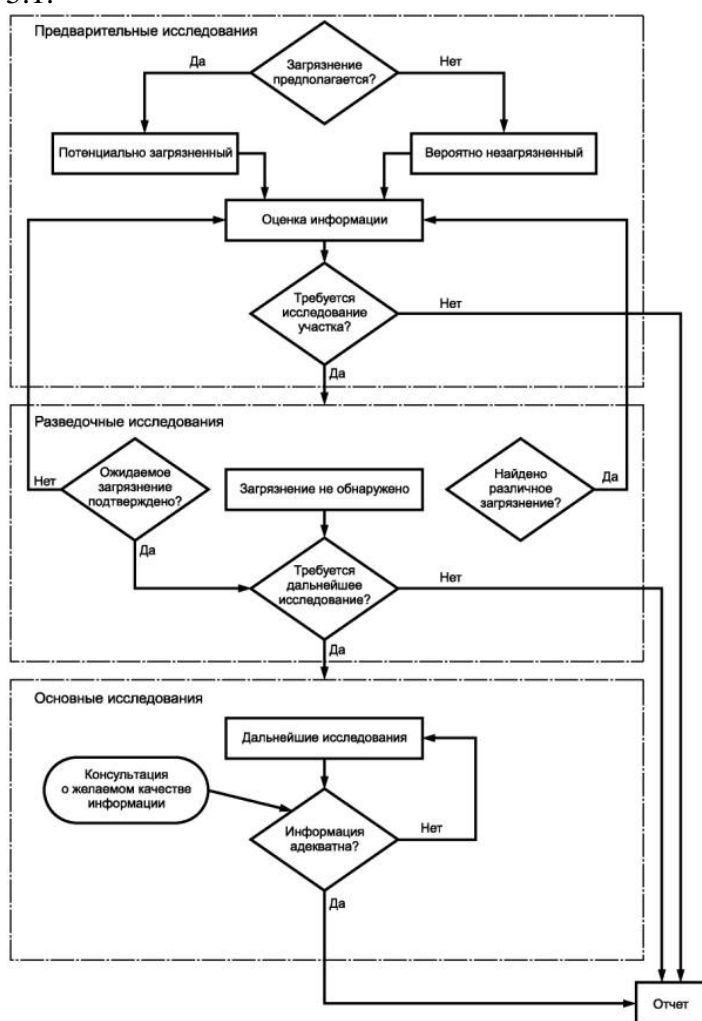


Рисунок 5.1 - Схема этапов исследования участка

Объем предварительных исследований

Предварительные исследования включают в себя лабораторные исследования и разведку (обзорное обследование) участка. Они осуществляются на основе архивных данных и других источников информации о прошлом и настоящем использовании участка, а также о локальных свойствах почв, геологии, гидрогеологии и экологической обстановке. На основании предварительных исследований может быть сделан вывод о возможности загрязнения, а также выдвинуты предположения о природе, месте и распределении загрязнения.

Эти предположения являются компонентами общей концептуальной модели, которая должна быть разработана для участка и охватывать не только загрязнение, но также вопросы геологии, почвоведения, гидрогеологии, геотехнических свойств почв и экологической обстановки. Важным аспектом концептуальной модели также является настоящее и предполагаемое использование участка.

Предварительные исследования должны обеспечить получение достаточной информации:

- для окончательного вывода о возможных рисках для людей и других объектов загрязнения в настоящем и будущем;

- для принятия решения о необходимости продолжения исследований.

Количество и характер необходимой информации зависят от целей исследований, а объем необходимых работ будет зависеть от *продолжительности использования* участка, геологии и др.

Следует *предусмотреть*, что загрязнение участка может оказаться сложнее, чем было предварительно указано (например, в связи с его использованием в настоящее время), и на стадии предварительных исследований должна быть собрана достаточная информация по истории участка.

Объем разведочных исследований

Разведочные (пробные) исследования включают в себя полевые исследования, в том числе отбор проб почвы или насыпного грунта, поверхностных и грунтовых вод и, при необходимости, почвенных газов, а также последующий анализ или тестирование собранных проб. Полученные данные используются для оценки правильности предположений, основанных на предварительных исследованиях, и, при необходимости, для исследования других аспектов концептуальной модели. Это скорее качественное, чем количественное исследование, включающее в себя обычно анализ лишь небольшого числа проб.

В некоторых случаях дальнейшие исследования могут не понадобиться, если выдвинутые предположения получили подтверждение.

Однако разведочные исследования могут показать, например, что характер загрязнения более сложен или концентрации загрязняющих веществ выше, чем это предполагалось ранее, и представляют или могут представлять опасность. Тогда полученная информация может быть недостоверной или недостаточной для принятия решений на удовлетворительном уровне достоверности. В этом случае для получения достаточной информации для оценки всех рисков, определения необходимости защитных или ремедиационных мероприятий и, в случае необходимости, выбора, планирования и осуществления этих мероприятий, требуется проведение основных исследований участка.

Объем основных полевых исследований

Основные полевые исследования проводятся для определения количества и пространственного распределения загрязняющих веществ, их подвижных или мобилизуемых фракций и возможности распространения в окружающей среде, учитывая возможное развитие ситуации в будущем. Для того чтобы получить информацию, необходимую для полной оценки рисков, связанных с причинением вреда здоровью людей и другим потенциальным объектам загрязнения, а также определить соответствующие меры по ограничению загрязнения или ремедиации с предварительной оценкой их стоимости, должны быть проведены отбор и исследование проб почв. Перед началом любого этапа исследований важно определить требования к типу, объему и качеству (например, аналитическому качеству) полученных данных и другой собираемой информации. Данные требования будут зависеть от характера решений, которые должны приниматься по результатам исследований, и требуемого уровня надежности решений.

Уровень загрязнения почв определяется по содержанию наиболее устойчивых пестицидов и тяжелых металлов. Анализ проб может быть основан на модельных расчетах и дистанционных методах исследования (без отбора проб). Детальная разработка

защитных мероприятий может потребовать дальнейших исследований. Количество и характер информации, необходимой для основных полевых исследований (или их отдельных этапов), меняются в зависимости от участка и целей исследования. Принятые решения о необходимых мероприятиях зависят от конкретного участка. Количество и качество необходимой информации также меняется в зависимости от характера принимаемых решений (например, оценка риска или решение о необходимости и типе защитных мероприятий). Полученная информация должна быть полностью доступна для всех, участвующих в принятии решений. Анализ полученной информации, включая оценку всех рисков, должен быть достаточен для определения необходимости защитных мероприятий.

В соответствии с главными источниками загрязнения почв выделяются два основных объекта наблюдений (типа загрязненных территорий).

К первому из них относятся почвы сельскохозяйственных районов. Отбор проб производится два раза в год - весной после таяния снега (до применения пестицидов) и в конце вегетационного периода. Пробы должны отбираться на одних и тех же участках, типичных для данного района по природным условиям и характеру использования.

Второй объект наблюдений - это почвы вокруг промышленно-энергетических центров. Отбор производится один раз в год весной после таяния снега в точках на почвенно-географических профилях, расположенных по восьми направлениям (азимутам) в радиусе до нескольких десятков километров от источника загрязнения. Пробы почв анализируются на содержание тяжелых металлов, бенз(а)пирена и других ингредиентов.

Одновременно для определения интенсивности поступления тяжелых металлов в почву ежегодно (в конце зимы) проводится отбор проб снега. Соединенный образец снега с площади 1 га составляется из 20-40 точечных проб. Участки наблюдений чаще всего приурочены к местам с максимальным уровнем загрязнения почвенного покрова.

Компоненты почвы, подлежащие контролю при проведении комплексного почвенного обследования - почвенные горизонты, новообразования почвы, отдельные гранулометрические фракции. Вне зависимости от форм поступления загрязняющих веществ, от типа почв, их геоморфологического положения, верхние горизонты в первую очередь принимают выпадающие в результате глобального рассеяния вещества. Гумусовые горизонты выступают как региональные комплексные геохимические барьеры, удерживающие значительную часть загрязняющих веществ в составе органического вещества.

Скорости изменения свойств почв, подлежащие контролю, под влиянием естественных процессов и глобального рассеяния веществ различны. Поэтому и интервал наблюдений за этими свойствами должен быть различным. Наиболее устойчивые из них имеет смысл определять однократно, другие - с разным периодом наблюдений, условно разделив эти свойства на периодически и регулярно контролируемые.

Изменение минеральной части горных пород оценивается в 104-106 лет, тогда как программа мониторинга рассчитывается на 50-100 лет.

При составлении программы мониторинга необходимо наличие карты почвообразующих пород региона. Проводится анализ на содержание экологически опасных загрязняющих химических элементов в характерных для данного региона почвообразующих породах. В зависимости от статистического распределения содержания элементов в породах (нормальное, логнормальное, бимодальное) в качестве среднего показателя вычисляют среднее арифметическое, медианное или модальное значение. В силу высокой степени неоднородности почвообразующих пород выборка анализируемых объектов должна быть достаточно представительной.

Для выявления фонового содержания в масштабе региона целесообразно, методически оправдано расчленять изучаемую территорию на относительно однородные природные экосистемы, предполагая, что они реагируют на определенный уровень фонового загрязнения сходным образом в пределах одной области и по-разному - в

разных областях. Региональное фоновое содержание химических элементов в почвообразующих породах специфично только для региона, в почвах которого оценивают содержание этих элементов. Сопоставление уровней контролируемых показателей с региональными фоновыми значениями более корректно и информативно, чем сравнение с кларками для почв или литосферы в целом.

Другим относительно стабильным фактором в пределах изучаемой территории является рельеф. Рельеф - это прямой фактор, непосредственно перераспределяющий поступающие на поверхность почвы выпадения атмосферных осадков и естественного, и антропогенного происхождения. Большое значение имеет рельеф и для миграции химических элементов и соединений в ландшафтах. Рельеф оказывает косвенное влияние на почвы и породы через перераспределение тепла и влаги.

При организации почвенного мониторинга наилучшей основой для выбора ключевых участков и точек отбора проб служит крупномасштабная ландшафтно-геохимическая карта, которая содержит сведения о геологическом строении и рельефе территории. Отбор проб нужно проводить, учитывая сопряженность ландшафтов и характеризуя автономные, транзитные и аккумулятивные ландшафты. Ключевые и маршрутные исследования проводятся профильным методом. Профили должны пересекать все элементы рельефа от вершины до местного водотока в пределах распространения одного литологического типа пород. По профилю выделяются элементарные ландшафты и для каждого из них дается наиболее полная характеристика растительности, почв и почвообразующих пород, коры выветривания, коренных пород, грунтовых вод.

Климат - независимый фактор формирования почв и ландшафтов. Его влияние в основном проявляется через температуру (приток солнечной радиации), осадки и ветры. От степени обеспеченности теплом и влагой зависят состав растительности и интенсивность биологического круговорота. Климат определяет разделение территории на биоклиматические пояса. Роль климата в формировании почв в основном сводится к созданию определенного температурного и водного режимов. Поступление тепла или влаги лимитирует развитие почвообразования и миграцию вещества.

Каждый объект мониторинга должен быть охарактеризован рядом климатических показателей, влияющих на динамику свойств почв. В программу работы каждой станции фонового мониторинга входят и метеонаблюдения. Снимаются следующие показатели: средняя температура самого теплого и самого холодного месяца года, сумма активных температур, продолжительность теплого и холодного периодов, осадки за год по месяцам, коэффициент увлажнения, величина среднегодовых температур на поверхности почвы, глубина сезонного промерзания и протаивания (если имеется мерзлота). Эти данные позволяют правильно выбрать сроки отбора проб почв и учитывать время наиболее интенсивного выноса элементов, вовлечения их в биологический круговорот.

Формирование и эволюция почв тесно связана с эволюцией растительного покрова на фоне изменяющихся климатических условий. Растительно-почвенному покрову, повторим еще раз, свойственна биоклиматическая зональность, которая проявляется в интенсивности биологического круговорота элементов. Растительность находится в тесном контакте с атмосферными осадками, несущими загрязняющие вещества, и служит естественным биологическим фильтром. В частности, один гектар леса ежегодно отфильтровывает 50-70 т пыли из атмосферы, а в целом около 40% атмосферных выпадений задерживается даже сравнительно редкой растительностью.

Растительность в той или иной мере отражает свойства почв, на которой произрастает. Однако химический состав растений формируется под влияние большого количества одновременно действующих факторов (генетических и экологических).

Подготовительная работа к полевым исследованиям

Основные этапы подготовки к полевым исследованиям следующие:

1. Определение задач и целей исследования

Четкая формулировка задач, объема работ и границ территории, которая будет исследована в полевой и камеральный периоды, определение ожидаемых итогов исследований позволяют правильно спланировать полевые работы, составить реально химико-аналитическую программу лабораторных исследований и распределить время на обработку материалов и составление отчета. При многолетних исследованиях составляется уточняемый в дальнейшем план работы на весь период работ и детально на каждый год.

2. Подготовка к полевому периоду

Необходимо возможно полнее по опубликованным и фондовым материалам собрать сведения о регионе и той территории, на которой предполагаются работы (геология, геоморфология, климат, растительный покров, почвы, гидрология, использование территории). Одновременно с этим обобщаются материалы по аналогичным промышленным предприятиям и их влиянию на окружающую среду. Собирают сведения об источниках загрязнения на территории исследования (расположение, используемое сырье, объем производства, отходы). Разрабатывают предварительную классификацию почв, проводят районирование территории по природным условиям. Проверяют наличие и качество топографического материала и организуют его получение, используют тематические карты (почвенные, геоботанические, геологические, геохимические). Устанавливают связь с учреждениями, которые вели и ведут работы в плане предполагаемых исследований.

Составляют предварительный план полевых и камеральных работ (маршруты при рекогносцировке, посещение учреждений и хозяйств, план доставки образцов на анализ).

Аналитический план составляется с учетом реальных возможностей лабораторных исследований.

Масштаб топографических карт, которые нужно иметь в поле и в камеральный период, зависит от целей исследований, особенностей региона, конкретного объекта, длительности изучения его. Для выявления зон загрязнения в городах удобным масштабом карт является 1:10000 и детальнее. Для пригородной зоны и окружающей ее территории следует использовать крупномасштабные карты 1:25000 и 1:50000. Для уточнения границ фонового содержания ТМ в почвах и в качестве обзорных удобны среднемасштабные карты 1:100000-1:300000. Они послужат основой схематических карт содержания элементов в почвах региона с охватом территории площадью 1000 км².

3. Время проведения экспедиционных работ и сбора образцов при изучении загрязнения ТМ не имеет значения, так как в основном при маркировке зоны загрязнения используют измерения валового содержания элементов. При этом подвижность элементов изменяется незначительно. Удобнее, однако, сбор материалов проводить в сухое время года и период уборки урожая основной культуры или кормов, т.е. летом или в начале осени.

Тестовые участки для регулярных наблюдений

Для осуществления работ по почвенному фоновому мониторингу необходимо решить не только вопрос "что изучать", т.е. обоснованно выбрать группу (группы) соединений химических элементов, контроль за содержанием которых строго необходим, но и не менее важно знать "где изучать", как должны выбираться объекты исследования.

Опираясь на характер воздействия на почвы химических веществ, выбирают следующие показатели свойств почв:

1) прямые химические показатели загрязненности почв, они характеризуют уровни содержания в почве загрязняющих веществ;

2) показатели изменения свойств почв (прежде всего химических и биологических) под влиянием химического загрязнения;

3) показатели химических, физических, биологических свойств почвы, которые характеризуют способность почв противостоять изменению их свойств при антропогенном загрязнении (иными словами буферность) и способность почв к самоочищению.

При таком подходе сопряженно изучаются химические, физические и биологические свойства почв. Названные показатели не являются независимыми. Между свойствами почв, которые описываются этими показателями, существует естественная взаимосвязь. Это открывает возможность выбора ограниченного числа необходимых и достаточных показателей из обширного перечня - интегральных показателей состояния почв.

Фоновый почвенный мониторинг имеет специфические особенности, отличающие его от локального мониторинга (ЛМ). При ЛМ почвы, наиболее подверженные загрязнению, выделяются прежде всего в зависимости от удаленности их от источника загрязнения и от направления преобладающих ветров, т.е. от не почвенных факторов.

Участки наблюдений выбирают в зависимости от этих условий. Для оценки глобального загрязнения основными факторами, определяющими выбор тестовых участков, являются физические и химические свойства почв и их геоморфологическое положение. Тестовыми должны служить почвы, в которых значимое увеличение содержания загрязняющих веществ будет установлено раньше, чем на других почвах обследуемой территории, при равном поступлении этих веществ извне.

Тестовые участки на фоновых территориях выбирают в две стадии. На первой местоположение тестовых участков определяют в зависимости от ландшафтных особенностей района. Вычлняют зоны выноса и зоны аккумуляции (элювиальный, аккумулятивный типы элементы ландшафта). Загрязняющие вещества в растворенном виде и в составе малорастворимых соединений (взвесей и пр.) мигрируют в ландшафте и накапливаются в зонах аккумуляции, поэтому наблюдать достоверные изменения их содержания (состояния), а также изменения физико-химических свойств почв, их биологической активности, на ранних стадиях можно лишь в зонах аккумуляции.

Первый этап по выделению тестовых участков совпадает с рекогносцировочным (базовым) обследованием территории, при котором определяется региональный фон загрязняющих веществ, закономерности изменения их содержания в зависимости от типа почвообразующих пород, рельефа, растительности, типа почвообразования. На данной стадии могут быть выявлены местные геохимические аномалии. Такие территории следует исключить из дальнейшей работы по выделению тестовых участков.

На втором этапе исследований детально изучаются почвы выделенных зон для точного определения расположения выделенных участков.

Содержание загрязняющих веществ в почвах - широко варьирующий показатель: чем уже интервал возможных значений признака, т.е. чем ниже варьирование этого показателя, тем быстрее будет достигнуто значимое превышение исходного содержания элемента и его подвижных соединений в почве. Итак, один из критериев выбора тестовых участков в пределах уже выделенных зон - величина варьирования содержания загрязняющих веществ.

Свойства почв тестовых участков должны быть чувствительными, податливыми к изменению, т.е. такими, чтобы последствия, связанные с загрязнением почв, проявились в первую очередь на них. Для почв элювиальных участков (контрольных) свойства должны быть стабильными. Стабильность и чувствительность характеризуются таким интегральным показателем как потенциальная буферная способность (ПБС) почв по отношению к загрязняющим веществам. ПБС характеризует способность почв поддерживать на данном уровне концентрацию данного элемента. Почвы с низкой ПБС наиболее чувствительны к загрязнению соответствующими контролируруемыми элементами и именно они должны быть выбраны почвами основных тестовых участков.

5.4 Отбор проб почв

Можно сформулировать следующие правила по отбору проб почв.

1. Отбор проб проводится с учетом вертикальной структуры, неоднородности покрова почвы, рельефа и климата местности, а также с учетом особенностей, загрязняющих веществ или организмов.
2. Отбор проб проводится на пробных площадках, закладываемых так, чтобы исключить искажение результатов анализов под влиянием окружающей среды.
3. При необходимости получения сравнительных результатов пробы незагрязненных и загрязненных почв отбирают в идентичных естественных условиях.
4. При общем загрязнении почв пробные площадки намечают по координатной сетке, указывая их номера и координаты.
 - 4.1. Пробные площадки на почвах, загрязненных предположительно равномерно, намечают по координатной сетке с равными расстояниями.
 - 4.2. Расстояние между линиями сетки намечаются с учетом расстояния от источника загрязнения и преобладающего направления ветра.
 - 4.3. При загрязнении почвы патогенными организмами и вирусами, содержащимися в твердых или жидких отходах населенных пунктов или животноводческих комплексов, пробные площадки наносятся на координатную сетку с учетом распределения этих веществ на площади.
 - 4.4. При локальном загрязнении почв для определения пробных площадок применяют систему концентрических окружностей, расположенных на дифференцированных расстояниях от источника загрязнения, указывая номера окружностей и азимут места отбора проб. В направлении основного распространения загрязняющих веществ систему концентрических окружностей продолжают в виде сегмента, размер которого зависит от степени распространения загрязнения (рис. 5.2).

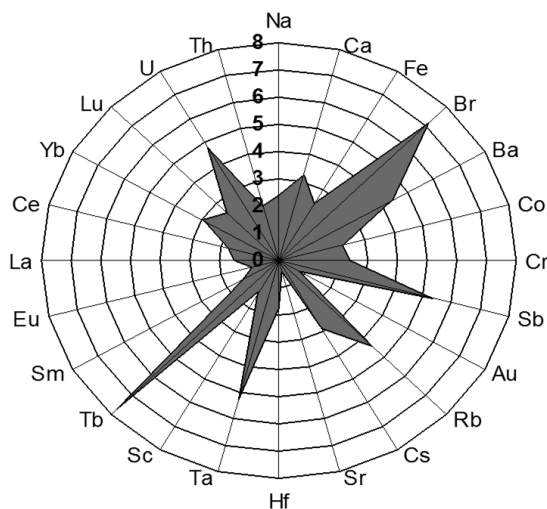


Рис. 5.2 - Представление результатов обследования по методу концентрических окружностей

6. Пробы отбирают по профилю из почвенных горизонтов или слоев с таким расчетом, чтобы в каждом случае проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы (рис. 5.3).

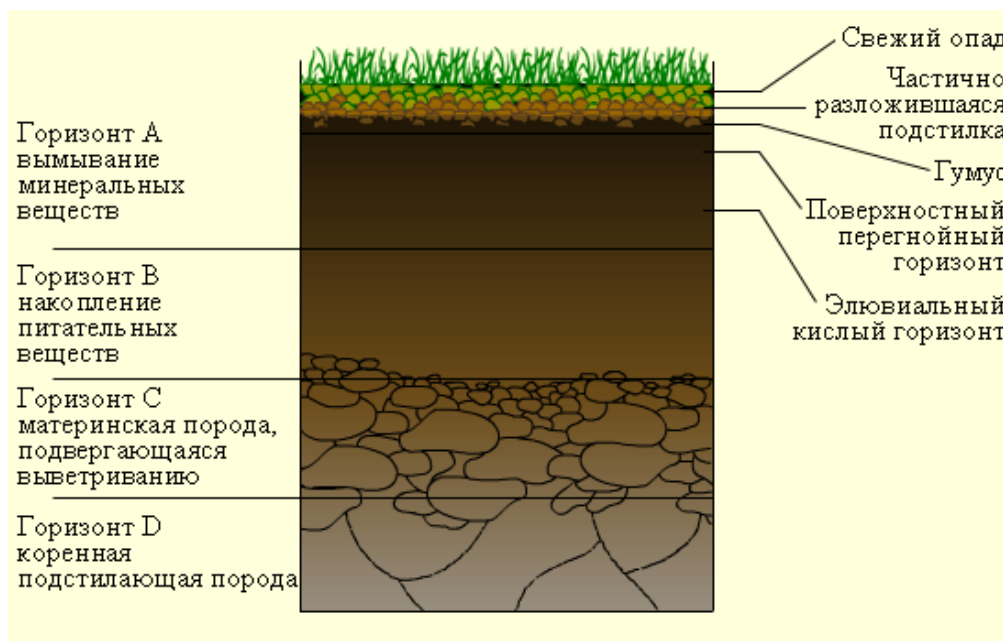


Рис. 5.3 - Опробование почвенного разреза по генетическим горизонтам (А, АВ, В, ВС, С)

При исследовании загрязнений почв сельскохозяйственных угодий патогенными организмами и вирусами пробы отбирают с пахотного горизонта с глубины от 0 до 5 см и от 5 до 20 см.

7. В зависимости от цели исследования размер пробной площадки, количество и вид пробы должны соответствовать указанным в табл. 5.13.

Таблица 5.13 - Требования к отбору проб в зависимости от цели исследования

Цель исследования	Размер пробной площадки, га		Количество проб
	однородный почвенный покров	неоднородный почвенный покров	
Определение содержания в почве химических веществ	от 1 до 5	от 1 до 5	не менее одной объединенной пробы
Определение содержания физических свойств и структуры почвы	от 1 до 5	от 1 до 5	от 3 до 5 проб на один почвенный горизонт
Определение патогенных организмов и вирусов	от 0,1 до 0,5	0,1	10 объединенных проб, состоящих из 3 точечных проб каждая

9. Отобранные пробы необходимо пронумеровать и зарегистрировать в журнале, указав следующие данные: порядковый номер и место взятия пробы, рельеф местности, тип почвы, целевое назначение территории, вид загрязнения, дату отбора.

10. Пробы должны иметь этикетку с указанием места и даты отбора пробы, номера почвенного разреза, почвенной разности, горизонта и глубины взятия пробы.

11. Упаковка, транспортирование и хранение проб осуществляется в зависимости от цели и метода анализа.

11.1. Пробы, отобранные для химического анализа, следует упаковывать, транспортировать и хранить в емкостях из химически нейтрального материала.

11.2. Пробы, предназначенные для анализа на содержание летучих химических веществ, следует помещать в стеклянные банки с притертыми пробками.

11.3. Пробы, отобранные для определения физических свойств почвы, должны сохранить структуру почвы. При содержании скелетной части почвы свыше 10% объема поверхность монолитов следует покрывать парафином или другими защитными материалами.

11.4. Пробы, анализируемые на наличие патогенных организмов и вирусов, необходимо упаковывать, транспортировать и хранить в стерильных емкостях.

12. Для биологического обследования, а также для установления наличия метаболизируемых химических веществ, пробы анализируют в течение 5 ч после взятия. Допускается анализ проб в течение 2 суток при условии, что температура хранения их не превышала 4°C.

На режимных пунктах отбор почвенных образцов проводят 2 раза в год: весной - после оттаивания почвы и осенью. Глубина взятия образца 0-20, 20-40 см. Для сравнимости результатов важно, чтобы сроки, выбор пунктов и способы отбора проб были идентичны.

Для изучения вертикальной миграции - определение глубины просачивания нефти (загрязнителей), наличия внутрипочвенного потока, характера трансформации почвенного профиля, закладываются почвенные разрезы. Опорные разрезы закладываются вблизи места разлива.

При аварийных разливах почвенные пробы отбирают по диагонали участка через каждые 8-10 м, начиная с края, загрязненность территории от воздействия факела контролируют отбором почвенных образцов через каждые 500 м общей протяженностью до 3 км. Во всех остальных случаях - по периметру участка, также через 8-10 м отступая от границы загрязненного участка на 10 м.

Сеть режимных контрольных пунктов должна быть динамичной и ежегодно пересматриваться с учетом данных анализов и других сведений.

Материалы обследования, наблюдения на контрольных пунктах, результаты анализа почв своевременно систематизируются с целью выявления масштабов и причин загрязнения и принятия эффективных мер по его предотвращению и устранению.

Одним из важнейших результатов мониторинговых наблюдений является составление крупномасштабных карт состояния почвенного покрова. Они служат ценным материалом для оценки и прогнозирования направлений и степени изменения почв под влиянием хозяйственной деятельности человека. Поэтому помимо уровня и ареалов загрязнения на картах отражаются трансформирующие процессы и свойства почв, определяющие их развитие (механический состав, содержание гумуса, кислотность и др.), а также вид сельскохозяйственных угодий.

5.4.1 Аппаратура, материалы, реактивы для почвенных исследований

1. Лопаты.
2. Ножи почвенные.
3. Ножи из полиэтилена или полистирола.
4. Буры почвенные.
5. Холодильник, поддерживающий температуру от 4 до 6°C.
6. Холодильники-сумки.
7. Весы лабораторные общего назначения с предельной нагрузкой 200 и 1000 г.
8. Кюветы эмалированные. Кристаллизаторы стеклянные.
9. Сита почвенные с сеткой 0,25; 0,5; 1; 3 мм.
10. Спиртовки лабораторные стеклянные.
11. Ступки и пестики фарфоровые.
12. Флаконы или банки стеклянные широкогорлые с притертыми пробками вместимостью 300, 500, 800, 1000 см³.
13. Банки или коробки из пищевого полиэтилена или полистирола.

14. Шпатели металлические.
15. Шпатели пластмассовые.
16. Совки.
17. Бумага оберточная.
18. Клеенка медицинская.
19. Калька.
20. Мешки матерчатые.
21. Пакеты и пленки полиэтиленовые.
22. Пергамент.
23. Тампоны ватно-марлевые стерильные.
24. Коробки картонные.
25. Кислота соляная ч.д.а., раствор с массовой долей 3 и 10 %.
26. Натрия гидроокись.
27. Спирт этиловый ректификованный технический.
28. Формалин технический, сорт высший, раствор с массовой долей 3%..
29. Натрий хлористый, изотонический раствор с массовой долей 0,85 %.

5.4.2 Пробоподготовка к отбору проб

2.1. Отбор проб проводят для контроля загрязнения почв и оценки качественного состояния почв естественного и нарушенного сложения. Отбор проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализов проводят не менее 1 раза в год. Для контроля загрязнения тяжелыми металлами отбор проб проводят не менее 1 раза в 3 года.

Для контроля загрязнения почв детских садов, лечебно-профилактических учреждений и зон отдыха отбор проб проводят не менее 2 раз в год - весной и осенью.

При изучении динамики самоочищения отбор проб проводят в течение первого месяца еженедельно, а затем ежемесячно в течение вегетационного периода, до завершения активной фазы самоочищения.

2.2. На территории, подлежащей контролю, проводят рекогносцировочные выезды. По данным рекогносцировочного выезда и на основании имеющейся документации заполняют паспорт обследуемого участка и делают описание почв.

При контроле загрязнения почв предприятиями промышленности пробные площадки намечают вдоль векторов «розы ветров».

При неоднородном рельефе местности пробные площадки располагают по элементам рельефа.

На карты или планы наносят расположение источника загрязнения, пробных площадок и мест отбора точечных проб.

2.3. Пробные площадки закладывают на участках с однородным почвенным и растительным покровом, а также с учетом хозяйственного использования основных почвенных разностей.

2.3.1. Для контроля загрязнения почв сельскохозяйственных угодий в зависимости от характера источника загрязнения, возделываемой культуры и рельефа местности на каждые 0,5-20,0 га территории закладывают не менее 1 пробной площадки размером не менее 10×10 м.

2.3.2. Для контроля санитарного состояния почвы в зоне влияния промышленного источника загрязнения пробные площадки закладывают на площади, равной 3-кратной величине санитарно-защитной зоны.

2.3.3. Для контроля санитарного состояния почв на территории расположения детских садов, игровых площадок, мусорных ящиков и других объектов, занимающих небольшие площади, размер пробной площадки должен быть не более 5×5 м.

5.4.3 Отбор проб почвы

3.1. Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким

расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для слоев данного типа почвы. Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром.

3.2. Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке,

3.3. Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее, чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Для контроля загрязнения поверхностно распределяющими веществами - нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. точечные пробы отбирают послойно с глубины 0-5 и 5-20 см. массой не более 200 г каждая.

Для контроля загрязнения легко мигрирующими веществами точечные пробы отбирают по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля.

3.3.1. При отборе точечных проб и составлении объединенной пробы должна быть исключена возможность их вторичного загрязнения.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов. Перед отбором точечных проб стенку прикопки или поверхность керна следует зачистить ножом из полиэтилена или полистирола или пластмассовым шпателем.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения летучих химических веществ, сразу следует поместить во флакон или стеклянные банки с притертыми пробками, заполнив их полностью до пробки.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения пестицидов, не следует отбирать в полиэтиленовую или пластмассовую тару.

3.4. Для бактериологического анализа с одной пробной площадки составляют 10 объединенных проб. Каждую объединенную пробу составляют из трех точечных проб массой от 200 до 250 г каждая, отобранных послойно с глубины 0-5 и 5-20 см.

3.4.1. Пробы почвы, предназначенные для бактериологического анализа, в целях предотвращения их вторичного загрязнения следует отбирать с соблюдением условий асептики: отбирать стерильным инструментом, перемешивать на стерильной поверхности, помещать в стерильную тару.

3.5. Для гельминтологического анализа с каждой пробной площадки берут одну объединенную пробу массой 200 г, составленную из десяти точечных проб массой 20 г каждая, отобранных послойно с глубины 0-5 и 5-10 см. При необходимости отбор проб проводят из глубоких слоев почвы послойно или по генетическим горизонтам.

3.6. Все объединенные пробы должны быть зарегистрированы и пронумерованы.

3.7. В процессе транспортировки и хранения почвенных проб должны быть приняты меры по предупреждению возможности их вторичного загрязнения.

3.8. Пробы почвы для химического анализа высушивают до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие пробы хранят в матерчатых мешочках, в картонных коробках или в стеклянной таре.

Пробы почвы, предназначенные для определения летучих и химически нестойких веществ, доставляют в лабораторию и сразу анализируют.

3.9. Пробы почвы, предназначенные для бактериологического анализа, упаковывают в сумки-холодильники и сразу доставляют в лабораторию на анализ. При невозможности проведения анализа в течение одного дня пробы почвы хранят в холодильнике при температуре от 4 до 5°C не более 24 ч.

3.10. Пробы почвы, предназначенные для гельминтологического анализа, доставляют в лабораторию на анализ сразу после отбора. При невозможности немедленного проведения анализа пробы хранят в холодильнике при температуре от 4 до 5°C.

При необходимости хранения проб почвы более месяца применяют консервирующие средства: почву пересыпают в кристаллический затор, заливают раствором формалина с

массовой долей 3 %, приготовленным на изотоническом растворе натрия хлористого с массовой долей 0,85 % или раствором соляной кислоты с массовой долей 3 %, а затем ставят в холодильник.

5.4.4 Подготовка к анализу

4.1. Для определения химических веществ пробу почвы в лаборатории рассыпают на бумаге или кальке и разминают пестиком крупные комки. Затем выбирают включения - корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных, а также новообразования (гипс, известняк др.). Почву растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм. Отобранные новообразования анализируют отдельно, подготавливая их к анализу также, как пробу почвы.

4.1.1. Для определения валового содержания минеральных компонентов из просеянной пробы отбирают представительную пробу массой не более 20 г и растирают ее в ступке до пудрообразного состояния.

4.1.2. Для анализа на содержание летучих веществ навески почвы берут без указанных в п. 4.1 предварительных операций.

4.2. Для бактериологического анализа подготовку проб почвы проводят как описано в п. 4.1, но со строгим соблюдением условий асептики: почву рассыпают на стерильную поверхность, все операции проводят стерильными инструментами, просеивают почву через стерильное сито с диаметром ячеек 3 мм, накрытое стерильной бумагой. Растирают почву в стерильной ступке.

4.3. Для гельминтологического анализа почву готовят как описано в п. 4.1,

В основе полевых исследований лежат три основных параметра:

1. Величина (площадь) элементарного участка, с которого отбирают смешанный образец, отражающий уровень (класс) загрязненности почвы.

2. Количество почвенных проб, необходимое для составления репрезентативного (представительного) смешанного образца.

3. Ключевой участок - наименьшая геоморфологическая единица ландшафта, отражающая генезис и свойства почвы, почвообразующей породы, рельеф, растительность, гидрологию территории.

Особое внимание уделяется выделам сельскохозяйственных угодий (пашня, луг, пастбище), лесам и кустарникам, различно аккумулирующим техногенные выбросы. В пределах ключевого участка выделяют один или несколько элементарных участков. Размер элементарного участка зависит от расстояния от источника загрязнения: чем дальше от него, тем больше площадь участка.

Смешанный образец составляют с пробной площадки в пределах элементарного участка. Размеры пробной площадки при однородном почвенном покрове колеблются от 1 до 5 га, а при неоднородном от 0,5 до 1 га. С каждой площадки отбирается не менее одной объединенной пробы. Количество почвенных проб для составления смешанного образца зависит от варьирования содержания ТМ в составе выпадений и находится в пределах 20-60 точечных проб. Глубина взятия почвенных проб на пашне в среднем равна 0-20 (25 см), на лугах и пастбищах 0-5 см и 5-20 (25) см. Образцы отбирают буром или лопатой.

При необходимости отбираются точечные пробы по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля. Необходимо также при отборе проб в равной мере захватить рядки и междурядья. В садах пробы отбираются примерно в метре от ствола дерева.

Объединенная проба почвы, взятая с пробной площадки, ссыпается на "крафт" бумагу или полиэтиленовую пленку, тщательно перемешивается, измельчается вручную и разравнивается на бумаге в виде квадрата, делится на четыре части. Две противоположные части отбрасываются, две оставшиеся перемешиваются и разравниваются на бумаге, условно делятся на 6 квадратов, из центра которых берется одинаковое количество почвы. Масса пробы должна быть около 1 кг. Описание проб

заносится в полевой журнал; образцы помещают в полиэтиленовые или холщовые мешочки, составляют этикетку на каждую пробу и отправляют в лабораторию.

Наиболее удобное время взятия образцов - весна, до начала сева или осень - после уборки урожая.

Важным условием получения достоверного аналитического материала о степени загрязнения почвенного покрова является строгое соблюдение условий, исключающих возможное загрязнение почвенных проб металлами в процессе взятия проб, высушивания образцов, транспортировки, хранения и подготовки их к анализу. Желательно исключить из употребления лопаты, ножи, буры, изготовленные из высококачественной стали, а также ржавые инструменты.

В процессе почвенного обследования заполняют паспорт обследуемого участка и бланк описания пробной площадки.

ПАСПОРТ ОБСЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА

1. Номер участка
2. Адрес участка и его привязка к источнику загрязнения,
3. Дата обследования
4. Размер участка
5. Название почв
6. Рельеф
7. Уровень залегания грунтовых вод
8. Растительный покров территории .
9. Характеристика источника загрязнения (характер производства, используемое сырье, мощность производства, объем газопылевых выбросов, жидких и твердых отходов, удаление от жилых зданий, игровых площадок, мест водозабора и т. д.)
10. Характер использования участка в год обследования (предприятие, сельскохозяйственное угодье, полоса отчуждения дороги, детская площадка и др.)
11. Сведения об использовании участка в предыдущие годы (мелиорация, севообороты, применение средств химизации, наличие свалок, очистных сооружений и т. д.).

БЛАНК ОПИСАНИЯ ПРОБНОЙ ПЛОЩАДКИ

1. Номер обследуемого участка
2. Номер пробной площадки
3. Адрес пробной площадки
4. Рельеф
5. Название почвы с указанием механического состава.
6. Растительный покров
7. Угодье и его культурное состояние
8. Характерные особенности почвы (заболоченность, засоленность, карбонатность и др.).
9. Наличие почвенно-грунтовых вод
10. Характер хозяйственного использования
11. Наличие включений антропогенного происхождения (камни, резина, стекло, строительный и бытовой мусор и др.)

Отбор проб растительного покрова

Фитоценоз ключевого участка изучается и описывается геоботаником. Определяется степень покрытия, видовой состав и частота встречаемости отдельных видов, состояние растений. Учет биомассы фитоценоза и его компонентов, изучение биологического круговорота элементов представляет собой специальную работу.

При контроле за загрязнением окружающей среды в первом приближении достаточно определить содержание ТМ в биомассе некоторых компонентов фитоценоза, выборочно в некоторых органах растений в зоне интенсивного техногенного накопления ТМ и при фоновом их содержании в почвах.

Сведений о варьировании содержания ТМ в растениях (один вид, один сорт культурных растений при одном и том же почвенном покрове) пока недостаточно, что

затрудняет обоснование числа индивидуальных проб растительного материала, которое необходимо для получения репрезентативного смешанного образца. Обычно рекомендуется для получения усредненного растительного образца использовать не менее 8-10 индивидуальных проб.

Неоднородность в сомкнутости и видовом составе растительного покрова не так существенно будет изменять содержание ТМ в растениях, если площади для взятия проб будут достаточно велики.

Размер площадок может быть 0.25×0.25, 0.5×0.5 или 1×1 м в зависимости от густоты травостоя, но таким, чтобы вес сухой растительной массы с каждой площадки был не меньше 100-200 г. Надземную часть травяного покрова срезают острым ножом или ножницами. Нижняя часть растений часто загрязнена почвой. В этом случае либо нужно срезать растения выше на уровне 10-15 см, либо тщательно отмыть материал.

Лесную растительность при детальном изучении делят на травяной или моховой покров, кустарники, подрост и ярусы древостоя и собирают образцы для анализа раздельно. Однако для общей характеристики загрязненности достаточно собрать листья как среднюю пробу с отдельных (или преобладающих) пород, ветви (прирост этого года) и кору.

Лесную подстилку и другой напочвенный слой следует собирать не вблизи ямы, так как здесь они могут быть засорены выбросами грунта при копке разреза, а на некотором расстоянии от ямы, но в пределах одного почвенного контура. Если подстилка четко делится на слои:

- свежий опад (этого или предыдущего года, слабо разложившийся);
- грубый, но уже подвергшийся разложению материал;
- муллевого типа (сильно разложившийся, почти черного цвета, мажущийся), то для

расчленения влияния современного загрязнения (верхние слои) и постепенного изменения содержания ТМ при разложении опада следует брать все три слоя раздельно, если проводят детальное или методическое исследование. Подстилка служит мощным сорбционным барьером для проникновения ТМ в почву. Подстилку берут с 5-10 площадок. Вес каждого образца должен быть около 0.5-1 кг. Ветви упаковывают отдельно.

На посевах сельскохозяйственных культур следует брать укосы по диагонали поля или по ломаной кривой укос берут в 8-10 повторностях всю наземную часть или (что предпочтительнее) раздельно листья, стебли и плоды, зерно, корнеплоды, клубни. Из культур берут те 2-3, которые являются ведущими в хозяйствах и представлены на многих ключевых участках. Однако это не исключает взятия образцов других растений. Во взятом растительном материале определяют влажность.

Наземная часть растений, листва и ветви деревьев в местах интенсивного загрязнения из атмосферы несут осевший из воздуха аэрозоль и аэросуспензии, содержащие ТМ. Количество пыли меняется от времени года и дождей, смывающих частицы дыма и пыли. Поэтому одну часть отобранных растений сушат, а другую сразу же отмывают от пыли сначала простой, а потом дистиллированной водой.

При детальном и методическом исследовании круговорота элементов в системе почва-растение необходим анализ корней. Корневая система часто служит барьером для проникновения токсичных элементов в надземную часть.

Отбор проб корней и учет их массы является наиболее сложным. Однолетние растения имеют ограниченную площадь питания и небольшую глубину распространения корневой системы. Количественно их массу можно учесть методом монолита, однако труднее в сложном фитоценозе отделить корни одного вида растений от другого. Объем вынимаемой почвы у однолетних составляет 0.25×0.25×0.50 м и меньше. Вынутую землю нужно как можно скорее отмыть водой до тех пор пока вода не станет прозрачной (например, на сите). Отмытые корни высушивают на воздухе.

Качество информации о состоянии контролируемых элементов в объектах природной среды зависит от ряда факторов. Можно выделить следующие основные этапы, определяющие накопление погрешностей в конечной информации: выбор объекта исследования, отбор проб, обработка проб (подготовка их к анализу), проведение анализа. На стадии выбора объекта исследования ошибки связаны в основном с невыполнением соответствующих рекомендаций. Например, отбор проб без учета розы ветров при оценке загрязнения почв от локального источника. На этапе отбора проб ошибки связаны также с нарушением имеющихся рекомендаций, например, отбор проб на произвольную глубину.

На этапе подготовки проб к анализу возникают погрешности за счет их загрязнения: необходимо использовать агатовые ступки для растирания проб; пробы природных вод должны храниться в специальной посуде ограниченный срок и т.д.

5.5 Методы и средства экологического контроля загрязнения почв

5.5.1 Общие требования к методам определения загрязняющих веществ в почве

1. Метод должен обеспечивать определение количества загрязняющего вещества на порядок ниже ПДК;

2. Воспроизводимость метода не должна превышать 30%;

3. Метод должен обеспечивать селективность относительно анализируемого компонента, при этом должно быть отмечено наличие или отсутствие мешающих сопутствующих веществ (элементов);

4. Для реализации метода должны использоваться доступные реактивы с указанием их чистоты, приборы и аппаратура, обеспечивающие требуемую воспроизводимость метода;

5. Если определению загрязняющего вещества предшествует химическая реакция, то образующиеся продукты должны быть устойчивыми в течение времени, необходимого для определения. Это время должно быть указано в описании метода;

6. В случае использования реактивов и получения вредных и опасных для здоровья человека продуктов реакции, указать правила обращения с ними;

7. Расхождение между повторными результатами анализа должно быть не выше допустимых расхождений, метрологическое обеспечение контроля загрязненности почвы — по ГОСТ 17.0.0.02-79.

Построение и изложение метода определения загрязняющего почву вещества должно соответствовать ГОСТ 1.5-92 и включать:

а). физико-химические свойства, токсикологическую характеристику, ПДК загрязняющего почву вещества;

б). условия отбора, транспортировки и хранения проб;

в). указание на помехи при определении;

г). порядок приготовления применяемых растворов, использование, сроки и условия хранения;

д). определение вредных для здоровья человека продуктов анализа.

Для получения действительных значений контролируемых элементов в пробах необходимо располагать надежными аналитическими методами анализа. Эффективность любого метода оценивает совокупность метрологических показателей: правильность, воспроизводимость, чувствительность определения и предел обнаружения элемента.

Оценку правильности и воспроизводимости метода проводят на стандарт-эталонах почв, которые аттестованы по действительным значениям концентраций химических элементов. Существует межметодический контроль правильности, когда одни и те же объекты анализируются разными методами и результаты их сопоставляются. Каждый метод анализа должен получить полную метрологическую оценку.

В естественных условиях валовой химический (элементный) состав почв изменяется очень медленно. Чтобы уловить эти изменения, необходимы высокоточные методы анализа. Чем точнее выполнен анализ, тем достовернее все выводы по характеристике состава и свойств почвы.

Ни один из применяемых методов анализов (спектральный, атомно-абсорбционный, нейтронно-активационный, полярографический, рентгеноспектральный, фотоколориметрический и пр.) не является абсолютно точным. Все методы в этом отношении равноправны. Каждый имеет свои преимущества и свои недостатки, специфичен и характеризуется присущими ему производительностью, чувствительностью, точностью и воспроизводимостью. Предпочтение тому или иному методу может быть отдано в зависимости от поставленной цели исследования, количества имеющегося материала, химического состава его, наличия соответствующего оборудования и кадров аналитиков.

Чтобы иметь возможность сравнивать различные методы определения элементного состава анализируемого вещества, разрабатывать и оценивать новые методы анализа, градуировать приборы-анализаторы, выявлять классификацию аналитика, производить контроль (арбитраж) правильности результатов измерений, необходимо иметь стандартные образцы соответствующих материалов, надежно аттестованных по химическому составу.

Для определения приоритетных органических загрязнений почвы используются традиционные аналитические методы, в первую очередь хроматографические (газовая хроматография, ВЭЖХ, ТСХ и капиллярный электрофорез) или гибридные – комбинация хроматографического разделения со спектральным детектированием (ГХ/МС, ГХ/ИК-фурье, ВЭЖХ/ИК-фурье, ВЭЖХ/ ГХ/МС, ГХ/МС/АЭД и др.).

Для определения металлоорганических соединений в почвах и опасных отходах используют аналогичные методы – газовая хроматография или ВЭЖХ в сочетании с такими детекторами, как масс-спектрометр, атомно-абсорбционный спектрометр или атомно-эмиссионные спектрометры, а тяжелые металлы определяют главным образом с помощью спектральных (ААС, АЗС, ИСП/МС или ИСП/АЭС) или электрохимических (инверсионная вольтамперометрия) методов.

Контроль за загрязнением почвы все чаще выполняют с помощью стандартных (официальных) отечественных и зарубежных методик. Для повышения эффективности извлечения загрязняющих веществ из почвы, донных отложений используются современные технологии пробоподготовки, в том числе твердофазная экстракция (ТФЭ) в ультразвуковом или микроволновом поле, экстракция водой в субкритическом состоянии или экстракция горячими органическими растворителями и твердофазная микроэкстракция.

5.5.2 Пробоподготовка - способы извлечение загрязняющих веществ из почвы

Извлечение примесей токсичных химических веществ (антропогенного происхождения) из почв, донных отложений относится к наиболее трудным стадиям аналитического процесса определения загрязняющих веществ в твердых образцах. Главными способами извлечения загрязняющих веществ из почвы являются (табл. 5.14):

- Термодесорбция
- Жидкостная экстракция
- Экстракция в микроволновом поле
- Экстракция субкритической водой
- Сверхкритическая флюидная экстракция
- Парофазный анализ

Таблица 5.14 - Способы извлечения загрязняющих веществ из почв

Способ	Матрица	Определяемое соединение
1. Термодесорбция (ТД)	Почва	ПАУ
2. Жидкостная экстракция (ЖЭ)	Почва	ПАУ, ПХБ, фенолы, диоксины, пестициды, металлоорганические соединения (МОС)
3. Экстракция в микроволновом	Почва	ПАУ, фенолы, пестициды, МОС

поле (МВ-поле)		
4. Экстракция субкритической водой	Почва	ПАУ, ПХБ, фенолы, пестициды, гербициды, углеводороды
5. Протоочная экстракция	Почва	диоксины
6. Твердофазная экстракция (ТФЭ)	Почва	летучие органические соединения (ЛОС), МОС
7. Сверхкритическая флюидная экстракция (СФЭ)	Почва	ПАУ, ПХБ, диоксины, пестициды, МОС
8. Парофазный анализ (ПФА)	Почва	ПХБ, МОС

Термодесорбция

Термодесорбционное извлечение из почвы загрязняющих ее веществ состоит в нагревании образца почвы, помещенного в стеклянный или стальной контейнер, до температуры 150-300°C с одновременным пропусканием через контейнер азота или гелия и улавливанием десорбированных примесей в трубке с одним или несколькими сорбентами.

Термодесорбционные трубки заполняются сорбентами, способными улавливать широкий спектр различных летучих органических соединений (ЛОС). Чаще всего предпочтение отдается таким сорбентам, как Карботрапы (графитированные сажи) или углеродные молекулярные сита (Карбоксены и Карбосивы). Для улавливания из почвы (с последующей термодесорбцией) малолетучих органических соединений C₅-C₃₀ фирма «Супелко» рекомендует стеклянные сорбционные трубки (11,5 см×1-4 мм) с Карботрапом 370 зернением 60/80 меш - смесь Карбопаков F (40 мг), С (50 мг) и В (20 мг). Эти трубки имеют очень небольшой мертвый объем, а миграция аналита (концентрата) из адсорбента за период хранения минимальна.

После отбора пробы ЛОС из почвы эти трубки помещают в специальные контейнеры из инертного материала (стекла или нержавеющей стали) с тефлоновыми заглушками. Заглушки предохраняют аналит от внешнего загрязнения, проба сохраняется до анализа продолжительное время без изменений. При этом нет необходимости в интенсивной очистке или термодесорбционном извлечении примесей ЛОС, оставшихся от предыдущего эксперимента - трубка с сорбентом практически полностью «отдает» сконцентрированные в ней следовые количества ЛОС (максимальная температура десорбции 275°C).

На рис. 5.4 изображен запатентованный отечественный термодесорбер, которым комплектуются газовые хроматографы серии «Кристаллюкс». Термодесорбер позволяет быстро и без потерь вводить в хроматограф летучие компоненты, загрязняющие почву.

Внутри металлического корпуса термодесорбера (1) помещается концентрационная трубка (капсула) с сорбентом (2), через которую заранее был пропущен анализируемый воздух или пары летучих органических соединений (ЛОС) из воды или почвы (в варианте «выдувание-улавливание»). Термодесорбер навинчивается на заранее нагретый до фиксированной температуры (200-250°C) испаритель хроматографа (3), после чего в токе газа-носителя ЛОС с помощью штока (4) быстро (скорость нагрева трубки-концентрактора составляет 300°C в секунду) вытесняются в хроматографическую колонку.

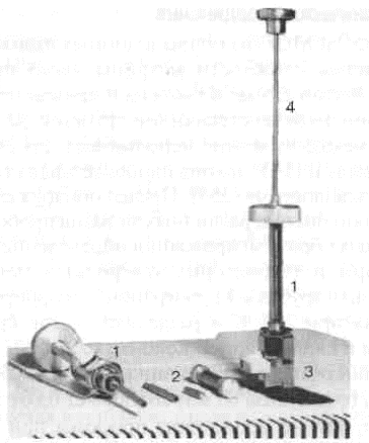


Рисунок 5.4-Термодесорбер для введения летучих соединений в газовый хроматограф: 1 - корпус термодесорбера; 2 - капсула с сорбентом; 3 - испаритель хроматографа; 4 - шток

Загрязненную почву можно анализировать и прямым методом. Высушенный при комнатной температуре и в отсутствие солнечных лучей образец почвы измельчается и помещается в стеклянную или металлическую концентрационную трубку (2), из которой содержащиеся в почве ЛОС при температуре термодесорбции вводятся в хроматограф. Особенности конструкции термодесорбера заключаются в отсутствии паразитного объема между трубкой (капсулой) термодесорбера и хроматографической колонкой. Это позволяет работать с высоким разрешением хроматографических пиков как с насадкой, так и с капиллярной колонками. В состав термодесорбера входят комплект сорбционных трубок (капсул), капсулы для твердых проб (почва), контейнер для хранения капсул с отобранной пробой и устройство ввода капсул в испаритель хроматографа (рис. 5.4).

Летучие органические соединения (ЛОС). При экстракции ЛОС и металлоорганических соединений (МОС) из почвы и донных отложений (выдувание и улавливание) с учетом сложности матрицы часто применяют технику ГХ/МС. В этом случае возможна и прямая термодесорбция контролируемых компонентов из стеклянной трубки с 200 мг анализируемой почвы. Такую методику можно использовать для скрининга хлоруглеводородов, пестицидов и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), но она наиболее эффективна для обнаружения в почве хлоруглеводородов. Предел обнаружения 30 пг/г почвы.

Жидкостная экстракция

В отличие от термодесорбции (выдувание ЛОС из почвы при нагревании, улавливание на сорбенте и снова термодесорбция и вытеснение аналита в хроматограф) жидкостная экстракция (ЖЭ) свободна от возможных артефактов, связанных с термическим разложением пробы. Ее используют главным образом для извлечения из почв и твердых образцов (донные осадки) малолетучих и нелетучих соединений.

Главным «инструментом» жидкостной экстракции все еще остается аппарат Сокслета (рис. 5.5), предназначенный для длительной экстракции органическими растворителями (гексан, ацетон, метилхлорид и др.) малолетучих аналитов из твердых матриц. Эта инертная система, выполненная целиком из стекла, проста в использовании и легко очищается от предыдущих проб.

Образцы почвы (или другие твердые вещества) помещают в экстракционные гильзы (рис. 5.5) из высококачественной целлюлозы (В) или высококачественного боросиликатного стекла (Б); в основание последней впаивают диск (пластина) из пористого стекла (40-60 мкм). Экстракционные гильзы с образцом помещают в экстрактор (1), а пары горячего растворителя из колбы (2) «омывают» образец (извлекая из него анализируемые соединения), стекают по трубке (5) и конденсируются в колбе (2), где

собирается аналит. Испарению растворителя и потере (вместе с ним) части аналита препятствует обратный холодильник (3).

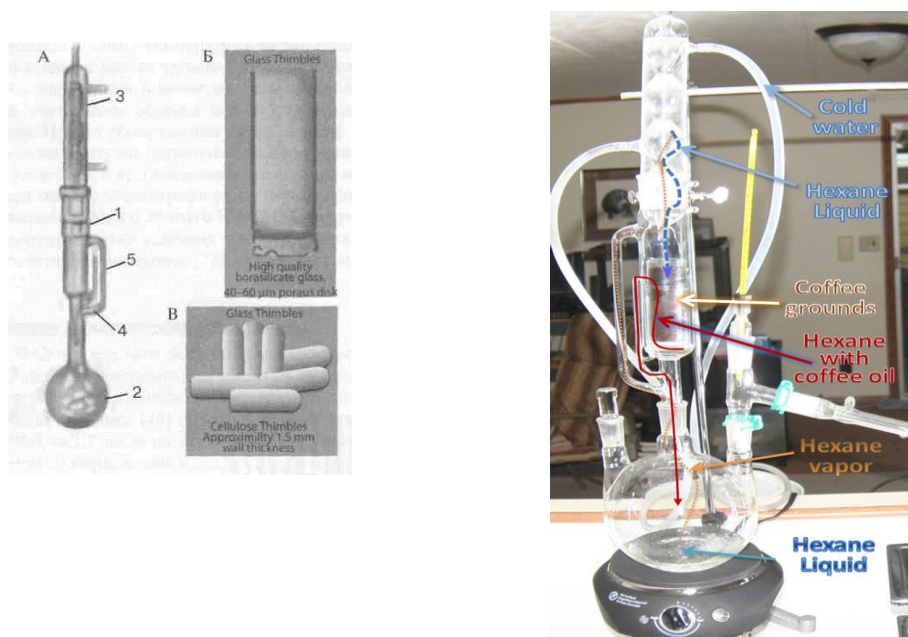


Рис. 5.5 - Аппарат Сокслета (А) и экстракционные гильзы (Б и В): 1 - экстрактор; 2 - колба с растворителем; 3 - обратный холодильник; 4 - сифон; 5 - сливная трубка

Жидкостную экстракцию широко применяют для извлечения из почв и донных осадков ПАУ, ПХБ, пестицидов, хлорфенолов, металлоорганических соединений и других малолетучих токсичных веществ.

Экстракция субкритической водой

Экстракционное извлечение загрязняющих веществ из почвы и донных отложений органическими растворителями является далеко не идеальным способом пробоподготовки. Органические растворители токсичны, дороги, а экстракция образцов почвы в аппарате Сокслета может длиться от 8 до 40 ч. Гораздо более эффективным растворителем, особенно для труднелетучих супертоксикантов типа диоксинов, оказалась вода в сверхкритическом состоянии при температуре 250°C и давлении 50 атм. Этот способ пробоподготовки требует минимального количества времени (15-20 мин на собственно экстракцию), прост, дешев и позволяет извлекать из почвы целевые компоненты на 80-85 %.

Метод экстракции в субкритических условиях (Accelerated Solvent Extraction - ASE), впервые опубликованный в 1996 г., позволил сократить продолжительность экстракции с нескольких суток (при экстракции в аппарате Сокслета) до нескольких минут. В общем случае установка ASE является ВЭЖХ-системой, в которой через нагреваемый картридж с образцом прокачивается чистый растворитель, что создает высокий градиент концентраций извлекаемых веществ. Относительная простота оборудования (для работы можно использовать части морально устаревших приборов) и высокая перспективность обусловили быстрое развитие этого метода для экстракции из различных твердых матриц таких загрязнителей, как ПХДД/ПХД, ПАУ, ПХБ, хлорбензолов и фенолов, пестицидов, гербицидов, углеводов.

Большинство малолетучих органических соединений можно быстро и полно (70-80 %) извлекать из почвы горячей водой под высоким давлением (аналогично сверхкритической флюидной экстракции с помощью CO₂). Анализ выполняют методом ГХ/МС после разделения контролируемых компонентов на капиллярной колонке (30м×0.25мм) с силиконом DB-5.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). При определении ПАУ в донных осадках образцы сначала экстрагируют горячей водой под давлением, а затем очищают аналит методом твердофазной экстракции (ТФЭ) в колонке с сорбентом, которая функционирует как колонка для жидкостной хроматографии и удаляет большинство органических соединений, сопутствующих ПАУ. Около 780 мкл полученного элюата, содержащего ПАУ вводят в автоматический газовый хроматограф для анализа. Чувствительность метода в 800 раз выше, чем в традиционных системах пробоподготовки, а для анализа требуется всего 10 мг образца. C_n менее 0.01 мкг/г при $S_r = 0.03-0.28$.

Простая и экспрессная методика определения в почве ПАУ, ПХБ и ароматических аминов с предварительным выделением их экстракцией горячей водой состоит в следующем. Образцы почвы (0.1-1.0 г) помещают в стальную ампулу емкостью 3.5 мл, добавляют воду, закрывают ампулу и нагревают ее в течение 15-60 мин при 250°C. После охлаждения извлекают из воды содержащиеся в ней органические соединения методом ТФМЭ и определяют ПАУ методом ГХ/МС, а ПХБ – с помощью ГХ/ЭЗД.

Пестициды. Экстракция горячей водой дает возможность извлекать из почв пестициды на 82-100 %. Например, 200 мг почвы, содержащей 13 пестицидов, экстрагируют горячей водой (8 мл) при 90°C и скорости потока 0.5 л/мин, очищают экстракт на колонке с силикагелем С18 и анализируют хроматографическим методом.

Для экспрессного определения в почве хлорсодержащих гербицидов их извлекают из образцов субкритической водой, экстракт очищают, полученные производные анализируют методами ГХ/МС и ГХ/ЭЗД.

Например, при определении гербицидов сухую почву (1.5 г) экстрагируют водой при температуре 100-150°C, экстракт гербицидов сорбируют на анионообменном диске SAХ диаметром 1 см, после чего в элюате (непосредственно на диске) получают производные гербицидов по реакции с N,О-ди(триметилсилил)трифторацетамидом, которые анализируют после разделения на капиллярной колонке (20 м × 0.32 мм) с силиконовой неподвижной жидкой фазой. $C_n = 0.01-0.5$ ppm.

Диоксины. Использование органических растворителей для извлечения диоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ) из почв чрезвычайно дорого. Наиболее экономически доступным является извлечение диоксинов из почв с помощью воды, но при обычных условиях вода является слишком полярным растворителем и не обеспечивает высокой растворимости большинства органических загрязнителей. Однако при повышении ее температуры до 250°C полярность воды снижается примерно в 2.5 раза и сравнима с полярностью метанола или ацетонитрила при обычной температуре; кроме того, происходит снижение вязкости и поверхностного натяжения. Такие изменения приводят к тому, что растворимость в воде многих липофильных органических загрязнителей возрастает на 4-5 порядков. Поэтому метод экстракции субкритической водой является особенно удачным для извлечения из почвы диоксинов и родственных им супертоксикантов.

Для субкритической экстракции при равновесном давлении используется специальная установка на базе жидкостного хроматографа (рис. 5.6). Почву помещают в патрон (6) и удерживают ее слоем кварцевой ваты (12) и стальной сеткой (13). Колонку (1) заполняют водой, нагревают (18) ее до нужной температуры, отключают кран (16), и вода из колонки (1) проходит через слой почвы (6), а экстракт собирают в колбе (20) и анализируют методом ГХ/МС.

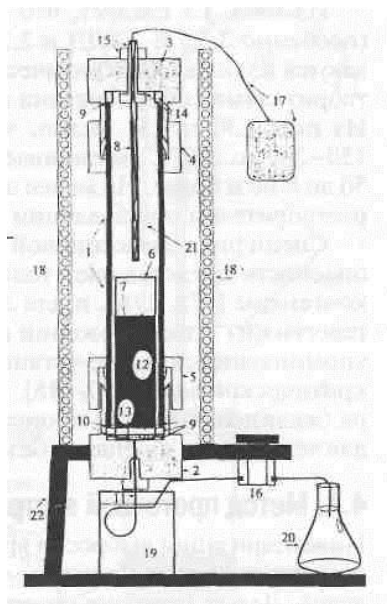


Рис. 5.6 - Установка для экстракции в субкритических условиях при равновесном давлении

1 - колонка, $l = 25$ см, $d = 21$ мм, 2 - нижняя крышка, 3 - верхняя крышка, 4 - верхняя гайка, 5 - нижняя гайка, 6 - патрон для образца, 7 - образец, 8 - трубка для термопары, 9 - тефлоновые прокладки, 10 - металлические кольца, 11 - охлаждаемый капилляр, 12 - фильтры из кварцевого волокна, 13 - сетка, 14 - алюминиевые прокладки, 15 - устройство закрепления и герметизации трубки для термопары, 16 - кран, 17 - термопара, 18 - нагреватель, 19 - стакан с водой, 20 - приемник, 21 - растворитель, 22 - штатив

Метод проточной экстракции

Упрощенным вариантом метода ASE является проточная экстракция горячими растворителями. Как и в методе ASE, высокая эффективность экстракции достигается за счет непрерывного пропускания через образец чистого нагретого растворителя, что обеспечивает увеличение растворимости и высокий градиент концентрации извлекаемых компонентов, но экстракция производится при температуре, не превышающей температуру кипения используемого растворителя (или для смеси температуру кипения более высококипящего растворителя), а давление в системе не превышает 2 атм. Такие условия не ограничивают область применения метода, он может использоваться для экстракции при пробоотборах почв, донных осадков, сорбентов и других матриц, не требующих предварительного разрушения. В работе используются быстро заменяемые картриджи емкостью от 10 до 150 мл из нержавеющей стали, что обеспечивает высокую универсальность и безопасность метода. На рис. 5.7 приведена методика экстракции полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ) из почв.

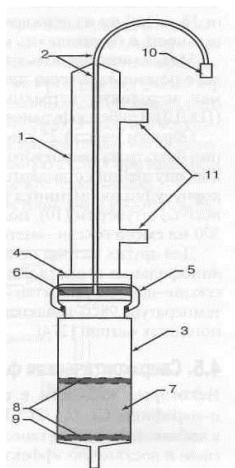


Рисунок 5.7 - Установка для проточной экстракции при температурах ниже точки кипения: 1 - корпус теплообменника*; 2 - трубка для растворителя; 3 - патрон для образца*; 4 - резьбовое соединение для установки патрона с образцом; 5 - гайка; 6 - тефлоновая прокладка; 7 - образец; 8 - фильтры из кварцевого волокна; 9 - сетка из нержавеющей стали; 10 - соединение для подачи растворителя из резервуара; 11 - штуцеры для соединения с термостатом. [*Теплообменник и патрон для образца покрыты теплоизолирующим материалом]

Сверхкритическая флюидная экстракция

Некоторые жидкости в сверхкритическом состоянии (CO_2 , N_2O , NO , $\text{C}_3\text{-C}_6$, CCl_3F , NH_3 , Xe , Ar , SF_6 , бензол, а также CO_2 и N_2O с добавкой 2-10% метанола, изобутан и др.) являются удобными, недорогими и достаточно эффективными экстрагентами для извлечения малолетучих органических соединений из почвы и донных отложений.

В Институте аналитического приборостроения РАН (Санкт-Петербург) разработан первый отечественный сверхкритический флюидный экстрактор - СФЭ 499. Экстрактор (рис. 5.8) предназначен для выделения и концентрирования органических веществ из твердых образцов (почва, донные отложения, илы и др.) без применения органических растворителей. Эффективность экстракции достигается использованием диоксида углерода в сверхкритическом состоянии при температуре 32-120°C и давлении 73-400 атм. Метод позволяет в десятки раз сократить продолжительность экстракции и полностью автоматизировать этот процесс.

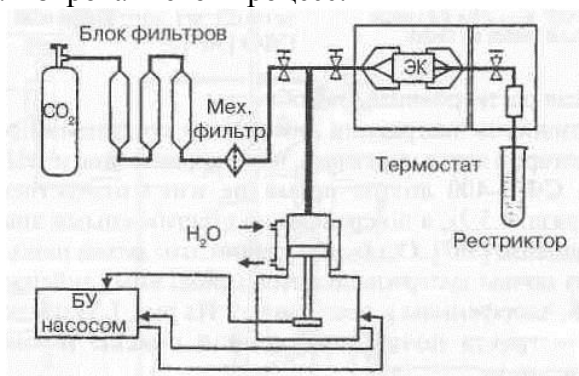


Рис. 5.8 - Схема работы экстрактора СФЭ 400

Твердый образец помещается в термостатируемую экстракционную камеру. Жидкий CO_2 , проходя через систему фильтров, заполняет цилиндр шприцевого насоса и после переключения клапанов поступает в экстракционную камеру. Изменением давления и температуры в экстракционной колонке создаются необходимые (для каждого образца) условия для перехода CO_2 в сверхкритическое состояние, при котором начинается процесс экстракции; CO_2 с экстрагентом барбатируется через рестриктор (капилляр диаметром 30-

100 мл) в пробирку с небольшим количеством органического растворителя (1-2 мл). Затем CO_2 испаряется в атмосферу, а экстракт собирается в растворителе. Микропроцессорная система насоса позволяет поддерживать необходимый расход CO_2 через экстракционную ячейку при заданном давлении и определять количество CO_2 , прокачиваемого через ячейку.

Чаще других методов сверхкритическая флюидная экстракция (СФЭ) (экстрагент CO_2) используют при выделении, концентрировании и определении следовых количеств хлорсодержащих пестицидов, диоксинов, ПХБ и ПАУ, а также металлоорганических соединений (олово, ртуть, фосфор, мышьяк и др.) в почвах, донных осадках и твердых частицах атмосферной пыли.

Экстракция в микроволновом поле

Особенно ценным в анализе почв и донных осадков является свойство высокочастотного излучения (микроволнового поля), способное ускорять извлечение загрязняющих веществ из матрицы и делать его более эффективным. Микроволновое поле благотворно влияет на эффективность извлечения из почвы микропримесей токсичных веществ как при нагреве самих образцов (термодесорбция), так и при извлечении из почвы или донных отложений с помощью жидкостной экстракции (при микроволновом облучении). По эффективности микроволновой нагрев в комбинации с жидкостной экстракцией не уступает СФЭ загрязнений. Пробоподготовка в анализе почв с применением микроволнового поля позволяет получать более воспроизводимые результаты, уменьшает количество возможных артефактов за счет термического разложения образцов и дает возможность выделения из исследуемых матриц более представительных проб, чем в случае традиционных приемов.

Микроволновая экстракция органическими растворителями стала рутинным методом пробоподготовки при определении в почвах хлорсодержащих пестицидов, а также фенолов, ПАУ, ПХБ и других опасных токсикантов.

Пробоподготовка в анализе почвы с применением СФЭ или экстракции органическими растворителями при микроволновом облучении особенно эффективна в комбинации с последующим определением целевых компонентов (пестицидов, ПХБ, ПАУ, фенолов, МОС и др.) методом сверхкритической флюидной хроматографии (СФХ).

Микроволновую обработку образцов почв и донных осадков уже широко применяют в практической экоаналитике – при определении пестицидов, ПХБ, ПАУ, фенолов, а также МОС.

Фирма «Вольта» (Санкт-Петербург) выпускает отечественную микроволновую систему пробоподготовки МС-6, которая выполнена на основе микроволновой печи с корпусом из нержавеющей стали (рис. 5.9). Разложение проб производится в герметичных контейнерах производства фирмы SEM Corporation (США), представляющих собой тефлоновые сосуды в корпусе из высокопрочных полимеров. Контейнеры полностью герметичны, что обеспечивает сохранение в пробе летучих компонентов (ртуть, мышьяк и др.). МС-6 снабжена выносным микропроцессорным блоком управления, позволяющим в диалоговом режиме задавать параметры нагревания (разложения) или использовать стандартные программы разложения образца, записанные в памяти прибора. Применение герметичных контейнеров позволяет мгновенно нагревать с помощью микроволнового излучения полярные растворители, проводить химические реакции при повышенных давлениях (до 12 атм) и температуре (до 200°C), вследствие чего процесс разложения (нагревания) ускоряется в сотни раз по сравнению с традиционными способами термодесорбции. Микроволновая система пробоподготовки МС-6 позволяет одновременно обрабатывать 6 проб. Время разложения (нагревания) пробы колеблется в диапазоне 20-40 мин. при массе образца от 0.5 до 2.0 г.



Рисунок 5.9 - Микроволновая печь MC-6 для пробоподготовки экологических проб (фирма «Вольта», Санкт-Петербург)

Пробоподготовка в анализе почв и донных отложений на содержание МОС с использованием микроволнового нагрева образцов особенно эффективна (для получения надежных результатов аналитического определения и результатов идентификации контролируемых компонентов), если в процессе извлечения МОС из матрицы осуществлять одновременную дериватизацию целевых компонентов (свинец-, олово-, кадмийорганических соединений и др.).

Парофазный анализ

Парофазный анализ (ПФА) относится к наиболее эффективным способам извлечения токсичных ЛОС и МОС из почвы. Чаще всего при анализе загрязненных почв, донных отложений применяют вариант ПФА/ТФМЭ, который позволяет быстро извлекать органические соединения из образцов с одновременным концентрированием аналита.

После проведения ПФА (продолжительность 10-30 мин) с помощью ТФМЭ извлекают анализируемые загрязнители и концентрируют их на волокне с карбоксеном и др., а концентрат после термодесорбции анализируют методами ГХ или ВЭЖХ.

Способ пробоподготовки ПФА/ТФМЭ применяют в случае определения в почве углекислого газа, летучих растворителей, галогенуглеводородов, МОС, оловоорганических соединений. В донных осадках определяют аналогичным методом летучие амины, органические соединения олова, свинца, ртути, кадмия, а также ПХБ и углеводороды бензина.

Твердофазная микроэкстракция

Твердофазная микроэкстракция (ТФМЭ) – новый метод извлечения (концентрирования) загрязняющих веществ почвы, воды, воздуха. Этот чувствительный, экспрессный и удобный способ пробоподготовки с успехом применяют для выделения микропримесей вредных веществ из твердых образцов (почва, донные отложения, твердые отходы и др.). Метод ТФМЭ не требует сложного оборудования; необходим микрошприц, в игле которого передвигается стерженек (кварцевое волокно), покрытый жидким полимером (полидиметилсилоксан, полиакрилат, карбовакс и др.), на котором сорбируются (растворяются) целевые соединения. ТФМЭ как метод пробоподготовки можно использовать в сочетании с газовой хроматографией или ВЭЖХ, часто (особенно в анализе загрязненных почв с термодесорбционным выделением токсикантов) – в комбинации ПФА/ТФМЭ/ГХ.

Для извлечения токсичных веществ из почвы, донных отложений и опасных отходов чаще применяют комбинацию ПФА/ТФМЭ; образец (например, ПАУ) помещают в небольшой (2-5 мл) герметично закрытый сосуд, нагревают его (50-70°C) и концентрируют выделяющиеся газы (пары) на волокне шприца для ТФМЭ с экспозицией в интервале 15-60 мин.

Метод ТФМЭ особенно часто применяют при определении в почве, а также воде хлорорганических и фосфорорганических пестицидов.

Краткое описание методик на основе ТФМЭ/ГХ и ТФМЭ/ВЭЖХ для определения в почве органических соединений и МОС приведены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 - Определение органических и металлоорганических соединений в почве

Матрица	Определяемые соединения	Условия экстракции (волокно, экспозиция) **	Метод анализа
Почва	Нитротолуолы	ТФМЭ	Скрининг
Почва	Ртутные соединения	ПФА/ТФМЭ (ПДМС 100 мкм), 25°C, 20 мин.	ГХ/АЭД
Почва	Мышьяк соединения	ПДМС (100 мкм), производные метил-тиогликоляты, 10 мин.	ГХ/МС
Почва	Гексахлорциклогексат	ПДМС (100 мкм), 20-30 мин.	ГХ/ЭЗД ГХ/МС
Почва	Дизельное топливо	ПФА/ТФМЭ (ПДМС, 100 мкм), 55°C, 30 мин.	ГХ/ПИД
Почва	Ароматические кислоты	ТФМЭ (полиакрилат)	Капиллярный электрофорез
Индустриальная почва	ПАУ	ПФА/ТФМЭ (ПДМС, 100 мкм), 40 мин.	ГХ/МС
Почва	Пестициды	ПДМС (100 мкм)	ГХ/ЭЗД/ТИД
Выщелоченная почва	Триазины Карбаматы	Полиакрилат (85 мкм)	ВЭЖХ/МС
Выщелоченная почва	Триазины	ТФМЭ	ГХ/МС
Почва	Фосфорорганические пестициды	ПФА/ТФМЭ (полиакрилат, 85 мкм), 1 ч, 80°C	ГХ/ПИД
Почва	Линдан	ПФА/ТФМЭ (ПДМС, 30 и 100 мкм), 40 мин. и 20 мин.	ГХ/ЭЗД
Почва	Хлорбензолы	ПФА/ТФМЭ (ПДМС, 100 мкм)	ГХ/МС
Почва	Хлорбензолы Нитробензолы Анилины	ПФА/ТФМЭ (Полиакрилат, 85 мкм), 50°C, 30 мин.	ГХ/ЭЗД
Почва	Хлорфенолы	ТФМЭ	ГХ/МС
Почва	ЛОС и малолетучие вещества	ПФА/ТФМЭ (ПДМС, 100 мкм), 20°C, 30 мин	ГХ/МС
Почва	Элементный анализ	ПДМС (100 мкм), 50°C, 10 мин.	ГХ/МС
Почва	ВТЕХ, хлоруглеводороды	ПФА/ТФМЭ (ПДМС, 100 мкм), 5 мин.	ГХ/МС
Почва	Неорганические соли ртути	ПДМС(100мкм), ПДМС/ДВБ (65 мкм), 50°C, 5 мин, дериватизация	ГХ/МС

Почва	CH ₃ HgI	ПДМС/ДВБ (65 мкм), 5 мин	ГХ/МС
Почва	Поли(L-лактиды)	ТФМЭ	
Почва	Оксид люизита	ПДМС (100 мкм), 20 мин, дериватизация	ГХ/ПФД/МС
Почва	ПАУ	ПФА/ТФМЭ, 60°C, 30 мин.	ГХ/ПФД/МС
Почва	Метолахлор	ТФМЭ	
Почва	Галогенбензолы	ПДМС (100 мкм), 45 мин.	ГХ/МС
Почва	Фенолы	Полиакрилат (85 мкм), 60 мин, 20°C, pH = 1.0	ГХ/ПИД
Почва	Хлорорганические пестициды и их метаболиты	ПФА/ТФМЭ (ПДМС, 100 мкм и 65 мкм ДВБ/ПДМС), 60 мин, 70°C	ГХ/ЭЗД
Почва	Фипронил	Полиакрилат (85 мкм), 30 мин, 60°C, pH = 9,5	ГХ/МС
Почва	Тоже	ТФМЭ	ГХ/ПФД
Твердые образцы	Ртути алкилы	ТФМЭ	ГХ/МС
* ВТЕХ - бензол, толуол, этилбензол, ксилолы; **ДВБ - дивинилбензол; ПДМС - полидиметилсилоксан			

5.5.3 Определение токсичных органических веществ

Постоянный контроль в режиме мониторинга почв, донных отложений осуществляют главным образом хроматографическими (ГХ, ВЭЖХ, ТСХ) и гибридными (ГХ/МС, ГХ/ИК-фурье, ВЭЖХ/МС, ВЭЖХ/ГХ/МС/ИК-фурье, ВЭЖХ/МС/АЭД и др.) методами. Официальные российские методики определения токсичных органических соединений в почвах и отходах указаны в табл. 5.16

Таблица 5.16 - Официальные стандартные российские методики определения токсичных органических веществ в почве и донных отложениях для целей экологического анализа*

Соединения	Метод анализа	Уровень аттестации
Хлорорганические пестициды	ГХ/МС	ПНДФ 16.1:2.2.6-97
Полихлорированные дибензо- п-диоксины и дибензофураны	ГХ/МС	ПНДФ 16.1.7-97
Летучие органические соединения	ГХ/МС	МУК 4.1061-01
Малолетучие (труднолетучие) органические соединения	ГХ/МС	МУК 4.1.1062-01
Акриловая и метакриловая кислоты, бутилакрилат и бутилметакрилат	ГХ	МУК 4.1.025-95
Пестициды	ГХ	РД 52.18.180-89 МУ
2,4-Д	ГХ	РД 52.18.264-90 МУ
Далапон	ГХ	РД 52.18.287-90 МУ
Паратион, фозалон, диметоат	ГХ	РД 52.18.310-92 МУ
Полихлорированные бифенилы	ГХ	РД 52.18 МУМВИ
Нефтепродукты	флуориметрия	ПНДФ 16.1.21-98

Нефтепродукты	ИКС	ПНДФ 16.1:2.2.22-98
Полициклические ароматические углеводороды	ВЭЖХ/ФЛД	ВНИИМ (Санкт-Петербург)
*Предел обнаружения ~0,5 ПДК, относительная погрешность 15-50% при P = 0,95		

Аналогичные методики ЕРА (США) перечислены в таблице 5.17

Таблица 5.17 - Загрязнения, определяемые в почвах и опасных отходах по методикам ЕРА

ЕРА	Соединения	Пробоподготовка	Метод анализа
8010	Летучие галаогеносодержащие соединения	РТ/VOCARB 3000*	ГХ/ЭЗД
8011	1,2-Дибром-3-хлорпропан 1,2-Дибромэтан	то же	ГХ/ЭЗД
8015	Диэтиловый эфир, метилэтилкетон, этанол, метилизобутилкетон	то же	ГХ/ПИД
8020	Летучие ароматические соединения	РТ/Тенакс	ГХ/ПИД/ФИД
8021	Летучие галогенуглеводороды и алкилбензолы	РТ/VOCARB 3000	ГХ/ФИД/ЭЗД или детектор Холла
8030	Акролин, акрилонитрил и ацетонитрил	РТ/VOCARB 4000	ГХ/ПИД
8031	Акрилонитрил	то же	ГХ/ПИД
8040	Фенолы	ЖЭ	ГХ/ПИД, ВЭЖХ/УФД
8060 8061	Фталаты	термодесорбция	ГХ/ЭЗД
8080 8081А	Хлоросодержащие пестициды И ПХБ	ЖЭ	ГХ/МС
8070	N-нитрозодиметиламин, пропиламин, N-нитрозодифениламин, N-нитрозоди-и-пропиламин	то же	ГХ/ТИД
8082	Полихлорированные бифенилы	то же	ГХ/микро-ЭЗД
8090	Нитроароматические соединения и циклические кетоны	ЖЭ	ГХ/ПИД/ТИД
8100 8310	Полициклические ароматические углеводороды	то же	ГХ/ПИД или МС ВЭЖХ/УФД
8110	Галогеносодержащие эфиры	то же	ГХ/ЭЗД
8121 8120	Хлоруглеводороды	то же	ГХ/ЭЗД/АЭД
8141А	Фосфорсодержащие пестициды	ЖЭ	ГХ/МС
8151	Хлорорганические гербициды	то же	ГХ/ЭЗД
8151А	Феноксисукусные гербициды	то же	ГХ/МС (метилловые эфиры)
8240 8260	Летучие органические соединения	РТ/VOCARB 3000	ГХ/МС
8270	Малолетучие органические	ЖЭ/ГФЭ	ГХ/МС

8270С	соединения		
8280	Диоксины и дибензофураны	то же	ГХ/МС
8330	Нитроароматические соединения и нитроамины	ЖЭ	ВЭЖХ/УФД
*РТ – аббревиатура, принятая США (PURGE and Trap – выдувание и улавливание). VOCARB 3000 и 4000 – смесь Карбопаков			

5.6 Методы определения загрязняющих веществ в почвах

Методы и средства определения кислотно-основных свойств почвы

Показателем, характеризующим кислотно-основные свойства почвы, является значение рН в водных или солевых вытяжках. Стандарт ИСО 10390 устанавливает инструментальный метод определения рН суспензии почвы (1:5 по объему, V/V) в воде (рН-Н₂O), а также в растворе 1 моль/л хлорида калия (рН-KCl) или в растворе 0,01 моль/л хлорида кальция (рН-CaCl₂).

Сущность метода заключается в определении рН суспензии почвы в воде или в солевом растворе с помощью рН-метра. Пробу почвы для приготовления суспензии высушивают на воздухе или при температуре не выше 40°C (при содержании в пробе сульфатов сушка может значительно понизить рН). Высушенную пробу пропускают через сито с размером отверстий 2 мм, отбирают 5 мл пробы и добавляют пять объемов воды или раствора соли. Закрытый стеклянный или полиэтиленовый сосуд с приготовленной таким образом пробой энергично встряхивают и выдерживают для установления равновесия в течение 2-24 ч. Для большинства образцов почв равновесие достигается за 2 ч выдержки (однако у карбонатосодержащих почв для достижения равновесия необходимо до 24 ч). Величину рН измеряют в осевшей суспензии с помощью рН-метров. Для определения рН водных вытяжек используют рабочий стеклянный электрод (при измерении величин рН более 10 применяют специальные электроды для этого диапазона) и каломельный или хлоридсеребряный электрод сравнения. В приготовленную суспензию погружают рабочий электрод и электрод сравнения и измеряют ЭДС. Затем по градуировочному графику, предварительно построенному с помощью стандартных буферных растворов, находят значение рН. На рН-метрах имеется непосредственно шкала рН, настройку которой осуществляют также по стандартным растворам. В качестве стандартных буферных растворов используются: водный раствор гидрофталата калия (КНС₈Н₄О₄) с рН = 4,00 при 20°C; водный раствор дигидрофосфата калия (КН₂РО₄) и дигидрофосфата калия (КН₂РО₄) с рН = 7,00 при 20°C; водный раствор тетрабората натрия (Na₂B₄O₇×10H₂O) с рН = 9,22 при 20°C.

При измерении величины рН следует учитывать, что в пробах с высоким содержанием органического материала (например, торфяные почвы) на величину рН может влиять низкая скорость оседания суспензии, а суспензии известковых почв могут абсорбировать углекислый газ из воздуха и смещать показание рН или приводить к его нестабильности.

Величина рН свидетельствует только о степени кислотности или щелочности почв, но не позволяет количественно оценить кислотность или щелочность. Возможны случаи, когда содержание кислотных компонентов в почве нарастает, но рН практически не изменяется. Тогда, кроме рН, целесообразно определять так называемую *потенциальную кислотность*, количество которой находят путем титрования щелочью вытяжек из почв, приготовленных на 1,0 М растворе КСl. В агрохимических лабораториях обычно ограничиваются определением рН таких вытяжек, что в известной мере позволяет судить об уровне потенциальной кислотности почвы.

Оптимальный диапазон рН для растений - примерно от 5,0-5,5 до 7,0-7,5. Если кислотность увеличивается, то прибегают к известкованию почв; при рН более 7,5-8,0 используют химические средства для снижения рН. Возможно прямое кислдование серной

кислотой, чаще используемое на содовых солонцах-солончаках, внесение гипса, сульфатов железа.

Величины рН следует контролировать 2-3 раза в год, поскольку нежелательные сдвиги могут проявляться только в один из сезонов.

Методы и средства контроля вторичного засоления и осолонцевания почв

Вторичное (антропогенное) *засоление почв* обусловлено недостаточно научно обоснованным орошением, строительством каналов и водохранилищ, развеиванием солевых аккумуляций и др.

На сегодняшний день в мире фиксируется возрастание степени засушливости климата, и основной причиной этого являются антропогенные факторы (уничтожение лесов на обширных территориях, неумеренный выпас скота, приводящий к деградации растительного покрова, и другие факторы, нарушающие естественный влагооборот). Этот процесс приводит к возрастанию площади орошаемых земель во всем мире. По экспертным оценкам Всемирной организации по проблеме продовольствия площадь орошаемых земель сегодня составляет более 236 млн. га.

Необходимость осуществления крупных мелиоративных мероприятий в России диктуется неблагоприятными климатическими условиями обширных территорий, вследствие которых большая масса сельскохозяйственных земель находится в районах избыточного либо недостаточного увлажнения. Мелиорация земель является важнейшей мерой, необходимой для неуклонного наращивания производства зерна и создания устойчивой кормовой базы животноводства, повышения общей эффективности сельскохозяйственного производства.

В условиях климата России при осуществлении широких мелиоративных мероприятий в зоне степей следует иметь в виду, что новообразование грунтовых вод здесь происходит довольно быстро (примерно за 10 лет уровень грунтовых вод может достигнуть критического состояния: 1,5-2,5 м от поверхности), вызывая засоление и заболачивание почвы. Кроме того, в условиях орошения возникает способность вторичного содового засоления почв, так как южные черноземы и каштановые почвы в ряде районов имеют повышенную остаточную солонцеватость на глубине 0,5-1 м. Присутствие соды в поверхностных горизонтах почвы вызывает ряд сложных, трудно устранимых физико-химических процессов.

Таким образом, с развитием орошаемого земледелия возникает существенная экологическая проблема в степной и аридной зонах - вторичное засоление почв, которое происходит почти на половине орошаемых земель мира. Решение этой проблемы возможно при разработке и внедрении научно обоснованных норм полива применительно к конкретным климатическим и гидрологическим условиям территорий.

Вторичное засоление почв химически проявляется в увеличении содержания в почвах и почвенных растворах легкорастворимых солей - это NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂ MgSO₄. Наиболее простой и быстрый метод определения засоления основан на измерении электрической проводимости почвенных водных суспензий и почвенных растворов с помощью солемеров (рис. 5.10).



Рисунок 5.10 – Приборы для определения засоления почв: (а) кондуктометр, солемер, термометр, СОМ100 - три прибора в одном; (б) кондуктометр-солемер МАРК-603/1

Одновременно с засолением почвы может возрасти и степень солонцеватости. Химическим признаком осолонцевания обычно служит увеличение содержания в почвах обменного натрия. Для определения его содержания навеску почвы заливают 1.0 М раствором $MgCl_2$, взбалтывают в течение 1 часа и затем определяют количество натрия, вынесенного из почвенного поглощающего комплекса по реакции:



Коэффициенты уравнения в известной степени условны, поскольку основность почвенного поглощающего комплекса практически не может быть определена.

Общее количество вынесенного Na^+ может быть определено ионометрически или атомно-абсорбционным методом с атомизатором типа «распылитель-пламя».

Для ионометрического (потенциометрического) определения используют выпускаемые промышленностью ионселективные Na-стеклянные электроды. В ходе анализа непосредственно в суспензию погружают индикаторный стеклянный электрод и электрод сравнения. О концентрации измеряемого иона судят по значению потенциала ИСЭ относительно электрода сравнения. Количество натрия находят по градуировочному графику, построенному по стандартным растворам, содержащим 1.0 М $MgCl_2$ и переменные количества NaCl.

При пламенно-фотометрическом определении Na^+ полученную суспензию фильтруют и центрифугируют, чтобы получить прозрачный раствор, а затем вводят последний в пламя горелки. Градуировочный график строят с использованием таких же стандартных растворов, как и при ионометрическом методе.

С возрастанием засоления почвы и осолонцевания возникает процесс угнетения почвенной биоты. Угнетение почвенной биоты - важный показатель ранней диагностики негативных процессов в почве.

Метод, позволяющий оценить суммарную активность почвенных организмов, разлагающих органическое вещество и выделяющих диоксид углерода, состоит в определении так называемого *дыхания почвы*, или эмиссии почвой CO_2 . В полевых условиях на поверхность почвы устанавливают специальные камеры, которые улавливают выделяющийся CO_2 путем его поглощения раствором щелочи. Затем количество поглощенного CO_2 измеряют методом кулонометрического титрования. Метод определения CO_2 в газовой фазе основан на поглощении энергии электромагнитного излучения в инфракрасной области спектра. В этом случае почвенный воздух прокачивают через кювету инфракрасного спектрофотометра и по интенсивности полосы

поглощения CO₂ оценивают его содержание в воздухе. Существенным недостатком *метода дыхания почвы* является динамичность эмиссии CO₂, которая меняется не только по сезонам года, но и в течение суток (суточная динамика), а также с изменением погодных условий.

Методы и средства контроля фитотоксичности почв

Фитотоксичность - свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений. Фитотоксичность является показателем загрязненности почвы ксенобиотиками и другими токсикантами. Необходимость определения этого параметра возникает при мониторинге химически загрязненных почв и при оценке возможности использования в качестве мелиорантов или удобрений различного рода отходов: осадков сточных вод, различного рода компостов, гидролизного лигнина.

Основными методами определения фитотоксичности являются *метод проростков* и *метод угнетения микробных популяций* по Красильникову.

Метод проростков основан на реакции тест-культур (снижение числа проросших семян и уменьшение длины проростков) при внесении в почву удобрений, мелиорантов, загрязняющих веществ и т.п. Метод позволяет выявлять токсичное или стимулирующее действие тех или иных веществ. В качестве тест-культур используются быстро прорастающие культуры (для изучения дерново-подзолистой почвы используют овес как представителя злаковых несимбиотрофных растений и горох - представитель бобовых, способных к азотфиксации, а для степных почв - пшеницу, люцерну, бобы, фасоль). Важно, чтобы были использованы одновременно азотфиксирующие и не фиксирующие азот растения.

Существуют три варианта метода. В первом варианте к почве добавляют исследуемое на фитотоксичность вещество (добавленные дозы должны превышать намечаемые для внесения в реальных условиях). Во втором варианте сравниваются две или более почвы попарно (незагрязненная и загрязненная). В третьем варианте загрязненная почва добавляется к незагрязненной в возрастающих количествах (вплоть до 100 %). Все опыты ставят не менее чем в трехкратной повторности. Смеси (если они используются) тщательно перемешиваются.

При проведении анализа в стеклянные стаканы помещают по 100 г субстрата (смеси или почвы), увлажненного до 70 % от полной влагоемкости (влажность поддерживают постоянной в течение всего опыта), и в каждый сосуд высевают по 13 семян тест-культуры. На четвертые сутки стаканы помещают на световой стеллаж с освещением в течение 14 ч в сутки (с 6 до 20 ч). В этих условиях тест-культуры выращиваются в течение двух недель.

Наблюдения ведутся по нескольким показателям: время появления всходов и их число на каждые сутки, длина наземной массы (высота растений). К концу опыта растения отделяют от земли, просушивают, стряхивают остатки почвы и измеряют окончательную длину наземной части растений и длину корней, затем высушивают растения на воздухе и отдельно взвешивают надземные части и корни (все результаты рассчитывают на сосуд, при необходимости осуществляется пересчет на одно растение). К концу опыта также оценивают общую всхожесть.

Сопоставление этих данных позволяет выявить факт фитотоксичности или стимулирующего действия.

Фитотоксический эффект рассчитывают по разным показателям. При использовании в качестве контрольного параметра массы растений фитотоксический эффект ФЭ (%) рассчитывают по формуле (5.1):

$$\Phi \text{Э} = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \cdot 100\% \quad (5.1)$$

где M_0 - масса контрольного растения (или всех растений на сосуд); M_x - масса растения (растений, выращенных на предположительно фитотоксичной среде).

Оценка фитотоксичности почвы по Красильникову заключается в следующем: свежеприготовленную агаровую среду Эшби разливают в стерильные чашки Петри и после застывания среды покрывают стерильными пластинками целлофана, предварительно смоченными водой и стерилизованными в автоклаве. На поверхность целлофана в центр чашки с агаром накладывают комочек испытуемой почвы диаметром 2 см, увлажненный водой, и выдерживают в термостате в течение суток. Через сутки целлофан с почвой снимают с агара, а среду засевают суточной культурой. При наличии в почве токсичных веществ на газоне азотобактера на поверхности агара образуются стерильные зоны. Количественной мерой фитотоксичности служит диаметр образующейся стерильной зоны. Аналогично можно провести анализ и с другими микроорганизмами, если этого требуют условия работы. Опыт должен проводить специалист, имеющий навык микробиологических работ.

Для определения относительной фитотоксичности используют метод рулонной культуры, который заключается в выращивании проростков тест-растений (обычно кресс-салат или горчица) на рулоне фильтровальной бумаги из семян, замоченных в растворе с различными концентрациями тяжелых металлов. Фитотоксичность ионов определяется по формуле Удовенко (5.2):

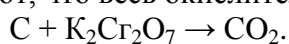
$$K_T = [(P_K - P_0) \cdot C_K] \cdot (P_K \cdot C_0) \quad (5.2)$$

где K_T - коэффициент токсичности; P_K - сухая масса растения на контроле; P_0 - сухая масса растения на контроле в присутствии токсиканта; C_K - содержание иона в сухой массе на контроле; C_0 - содержание иона в сухой массе на контроле в варианте с токсичным элементом.

Выявление уровня токсичности тяжелых металлов является трудоемкой и неоднозначной по результатам процедурой. Для почв с разными механическими составами и содержанием органического вещества уровень токсичности будет неодинаков. Токсичным считается уровень, когда происходит снижение урожайности на 5-10 %. Предложены ПДК для ртути - 25, мышьяка - 12-15, кадмия - 20 мг/кг. Установлены некоторые опасные концентрации ряда тяжелых металлов в растениях, мг/кг, в том числе: свинец - 10, ртуть - 0,04, хром - 2, кадмий - 3, цинк и марганец - 300, медь - 150, кобальт - 5, молибден и никель - 3, ванадий - 2.

Методы контроля содержания гумуса в почве

Для определения содержания *гумуса в почве* чаще всего используют *метод Тюрина* - по окисляемости органического вещества. Метод заключается в следующем: к навеске почвы добавляют раствор $K_2Cr_2O_7$ в серной кислоте и кипятят 5 мин. (в некоторых модификациях метода реакцию проводят при комнатной температуре в течение суток). Органические вещества, входящие в состав гумуса, окисляются до CO_2 и H_2O (для обеспечения полноты окисления используют в качестве катализатора Ag_2SO_4). По количеству израсходованного окислителя рассчитывают содержание в почве гумуса. Элементный состав почвенного гумуса представлен преимущественно С, Н, О, N, но содержание азота мало (около 5 % количества гумуса) и его не принимают во внимание. Соотношение Н и О в гумусе почти такое, как в воде, т.е. атомное отношение Н : О = 2 : 1; поэтому окислитель не расходуется на окисление Н до воды. С некоторым приближением считают, что весь окислитель расходуется только на окисление углерода:



При этом Cr^{6+} восстанавливается до Cr^{3+} . Количество израсходованного окислителя определяют по содержанию образовавшегося Cr^{3+} в пробе спектрофотометрическим методом, по интенсивности довольно сильной полосы поглощения при 580 нм.

Недостаток этого метода заключается в том, что реально определяется не содержание углерода, а окисляемость почвы, поэтому метод не применим для анализа заболоченных почв. Кроме того, результаты наблюдений обусловлены не только изменением количества гумуса в почве, но и степенью его окисленности. При вспашке и

длительном сельскохозяйственном использовании органическое вещество почвы дополнительно окисляется, отношение Н:О становится меньше, чем 2:1, и на окисление гумуса расходуется уже меньшее количество дихромата калия. Создается впечатление потерь гумуса, хотя на самом деле возрастает степень его окисленности. Тем не менее, этот метод широко используется в силу его простоты и доступности.

Для контроля содержания гумуса в почве все более широкое распространение получают *анализаторы углерода*, в которых производится сухое сжигание навески почвы в токе кислорода с последующим определением количества выделившегося CO_2 . Этот метод быстр, дает истинное представление о содержании углерода, но не всегда обеспечивает полное сжигание гумуса (это зависит от используемой в анализаторе температуры, продолжительности сжигания и состава газовой смеси).

Методы контроля загрязнения почв нефтепродуктами

Как отмечалось ранее, основными компонентами нефтепродуктов являются углеводороды, представленные соединениями трех классов: алканами (парафины), циклоалканами (нафтены) и ароматическими углеводородами. Содержание углеводородов в нефтепродуктах достигает 90-95 %. При попадании нефти и нефтепродуктов в почву происходит их трансформация. Знание стадий трансформации позволяет определить давность загрязнения и сроки восстановления почв, повысить эффективность контроля загрязнений среды нефтью и нефтепродуктами.

Окисление отдельных классов углеводородов, входящих в состав нефти, происходит в несколько стадий: физико-химическое и частично микробиологическое разрушение алифатических углеводородов; микробиологическое разрушение низкомолекулярных структур разных классов с образованием смолистых веществ; трансформация высокомолекулярных соединений (смоля, асфальтенов и др.).

На первом этапе (первые 1-1,5 года) преобладают физико-химические процессы: распределение углеводородов по профилю, испарение, вымывание, ультрафиолетовое облучение. Фотохимические процессы могут разлагать даже наиболее стойкие полициклические углеводороды. К концу этапа полностью исчезают n-алканы. Биота подавлена, идет адаптация к новым условиям и постепенное повышение количества микроорганизмов, особенно углеродооксилирующих. На II этапе (3-4 года) происходит частичная биохимическая деструкция сложных гибридных молекул: вспышка численности углеродооксилирующих микроорганизмов, а к концу этапа - ее снижение. Основным механизмом окисления углеводородов разных классов в аэробной среде - внедрение кислорода в молекулу и замена связей с малой энергией разрыва (C-C, C-H) связями с большой энергией. На III этапе (5-6 лет) наблюдается исчезновение вторичных парафиновых углеводородов.

Процесс постепенного изменения состава нефти в почвах во времени отчетливо прослеживается по изменению содержания и состава ее групповых компонентов, так как на фоне общего снижения концентраций нефти в почве снижение содержания ее групповых компонентов происходит неравномерно.

Конечные продукты метаболизма нефти в почве: углекислота, которая может связываться в карбонаты; вода; кислородные соединения (спирты, кислоты, альдегиды, кетоны), которые частично входят в почвенный гумус, частично растворяются в воде и удаляются из почвенного профиля; твердые нерастворимые продукты метаболизма - результат дальнейшего уплотнения высокомолекулярных продуктов или связывания их в органо-минеральные комплексы; твердые корочки высокоминеральных компонентов нефти на поверхности почвы (киры).

Данные о стадии трансформации нефти в контролируемом районе получают путем постановки специальных экспериментов на природных моделях. Для этого на экспериментальных площадках в почву с поверхности вносится определенное количество нефти того состава, который наиболее распространен в исследуемом районе. Через фиксированные промежутки времени на загрязненном и контрольном участках

проводятся наблюдения за состоянием растительности и отбираются пробы почв по генетическому профилю для исследования в лаборатории. В этих опытах равное значение имеют биологические, геохимические, битуминологические исследования. По времени эксперимент рассчитан на несколько лет (не менее трех).

При проведении контроля за содержанием нефти и нефтепродуктов в почве необходимо предварительное извлечение углеводородов органическим растворителем (наиболее часто используется четыреххлористый углерод CCl_4). Углеводороды экстрагируются из почвенных проб без нагревания, а растворитель отгоняется при комнатной температуре. Экстрагированная субстанция хроматографируется в колонке с силикагелем с разделением углеводородной фракций от смол и асфальтенов. Далее, для удаления полярных органических соединений (альдегиды, кетоны, спирты, амиды), мешающих определению углеводородов нефтепродуктов, пробу подкисляют серной кислотой и дважды экстрагируют *n*-гексаном. Затем слой гексана, содержащий извлеченные нефтепродукты, пропускают через колонку с оксидом алюминия, который поглощает все полярные органические соединения. Затем метаново-нафтеновая фракция исследуется методами жидкостной хроматографии, нафтено-ароматическая (бензапирен) - методом низкотемпературной спектрофлуориметрии при температуре 77 К. Не фракционированная нефть исследуется методом инфракрасной спектрометрии.

Методы и средства контроля загрязнения почв тяжелыми металлами

Тяжелые металлы (микроэлементы) - железо, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт - существенно влияют на жизнедеятельность растений, животных и человека. Некоторые из них, например, ртуть, свинец и кадмий, опасны для здоровья человека и животных даже при низких концентрациях. И все микроэлементы могут оказывать отрицательное влияние на рост и развитие растений, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы.

Выхлопные газы транспортных средств, орошение сточными водами, отходы и выбросы промышленных предприятий, внесение фосфорных и органических удобрений, применение пестицидов привели к увеличению концентраций тяжелых металлов в почве.

Пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако, если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, то появляется прямая опасность загрязнения почв, которая зависит: от форм химических соединений в почве; присутствия элементов, противодействующих влиянию тяжелых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения; от процессов адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатических условий. Другими словами: отрицательное влияние тяжелых металлов зависит от их подвижности (растворимости).

К факторам, способствующим удержанию тяжелых металлов почвой, относятся: обменная адсорбция поверхности глин и гумуса, формирование комплексных соединений с гумусом, а также нерастворимых соединений, особенно при восстановлении. Тяжелые металлы в почвенном растворе встречаются как в ионной, так и в связанной формах, которые находятся в определенном равновесии (рис. 5.11).

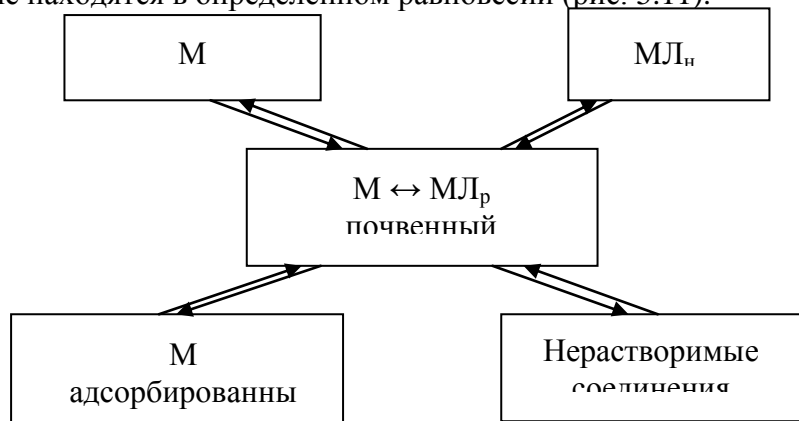


Рисунок 5.11 - Содержание различных форм тяжелых металлов в почвах:
Л_р - растворимые лиганды (органические кислоты с малой молекулярной массой),
Л_н - нерастворимые лиганды, М – металлы

Наблюдение за тяжелыми металлами в почве невозможно без знания факторов, определяющих их подвижность. *Миграция тяжелых металлов* в почвах может происходить с жидкостью и суспензией при помощи корней растений или почвенных микроорганизмов. Миграция растворимых соединений происходит вместе с почвенным раствором (диффузия) или путем перемещения самой жидкости. Вымывание глины и органического вещества приводит к миграции всех связанных с ними металлов. Тяжелые металлы могут быть внесены или адсорбированы микроорганизмами, которые, в свою очередь, способны участвовать в миграции соответствующих металлов. Дождевые черви и другие организмы могут содействовать миграции тяжелых металлов механическим или биологическим путями, перемешивая почву или включая металлы в свои ткани. Из всех видов миграции максимальное значение имеет миграция в жидкой фазе, потому что большинство металлов попадает в почву в растворимом виде или в виде водной суспензии и фактически все взаимодействия между тяжелыми металлами и жидкими составными частями почвы происходят на границе жидкой и твердой фаз.

Поскольку тяжелые металлы и в продуктах сгорания топлива, и в выбросах металлургической промышленности встречаются обычно в различных сочетаниях, то действие их на природу, окружающую источники загрязнения, бывает более сильным, чем предполагаемое на основании концентрации отдельных элементов.

Выявление загрязнения почв тяжелыми металлами производят прямыми методами отбора почвенных проб на изучаемых территориях и их химическим анализом на содержание тяжелых металлов. Обычно определяют общее (валовое) содержание элементов, их лабильные (подвижные) формы соединений, иногда отдельно определяют обменные формы и водорастворимые соединения.

Валовое содержание тяжелых металлов определяют или методом эмиссионного спектрального анализа без предварительного разложения пробы почвы, или методами атомно-абсорбционной спектрометрии после переведения пробы почвы в раствор путем сплавления или разложения кислотами.

В случае эмиссионного спектрального анализа навеску почвы в 5-10 г растирают в агатовой ступке до состояния пудры. Из растертой пробы берут навеску около 3.0 г и прокаливают ее в муфельной печи при 450-500 °С в течение 2-х ч для удаления воды и разложения органического вещества. Определяют потерю от прокаливания для пересчета результатов анализа на исходную массу почвы. В ходе анализа проба почвы сжигается в дуге переменного тока. Для сжигания пробы почвы ее набивают в канал (концентрическую выточку) нижнего электрода спектрографа; верхний электрод изготавливается в форме усеченного конуса с площадкой на торце диаметром 1.0 мм. Электроды устанавливаются в держатели спектрографа; в момент включения дуги (дуговые генераторы ДГ-1, ДГ-2) рекомендуется начинать сжигание при небольшой силе тока в 3-5 А, а затем повышать ее до 18-20 А и проводить сжигание в течение 2,5-3 мин. до полного испарения пробы. Для тяжелых металлов и ряда других элементов принято использовать следующие аналитические линии (нм): Be - 234,86; B - 249,77; Sc - 335,37; Ti - 295,61; V - 318,53; Cr - 301,47; Mn - 294,92; Co - 345,35; Ni - 341,47; Cu - 327,39; Zn - 334,50; Ga - 294,36; Sr - 346,44; I - 332,78; Zr - 327,92; Mo - 317,03; Sn - 317,50; Ba - 233,52; Pb - 283,30.

Атомно-абсорбционная спектрометрия используется для определения как валовых, так и подвижных соединений элементов. При валовом анализе подготовка почвы заключается в сплавлении или кислотной обработке. Разложение сплавлением производится с использованием в качестве плавня метабората стронция Sr(BO₂)₂. Тонкоизмельченную пробу почвы массой 0,1 и 0,5 г плавня смешивают и помещают в

графитовый тигель, который нагревают в высокочастотной индукционной печи при 1100°C в течение 15 мин. до получения полностью прозрачного плава. Затем плав выливают в разбавленную HNO₃ (1:100), перемешивают с помощью магнитной мешалки и разбавляют до объема 200 мл. Этот раствор используют для определения элементов. Концентрацию Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mg определяют в пламени ацетилен-оксид азота (N₂O₃); элементы Na, K, Mn, Cu и другие определяют в пламени ацетилен-воздух.

При кислотном разложении пробы растертой почвы прокаливают, а затем в чашках из фторопласта обрабатывают 5 мл царской водки (смесь азотной и серной кислот) и 15 мл 48 %-ой HF, выпаривая на этернитовой плитке. По окончании обработки сухой остаток растворяют в разбавленной HCl (1:1) и определяют отдельные элементы.

Для определения подвижных соединений тяжелых металлов используют кислотные, солевые и водные вытяжки из почв.

Вместо сплавления или полного разложения почв для определения Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Pb, Cd используют вытяжку 1.0 М HCl или HNO₃. Считается, что в сильно загрязненных почвах вытяжка 1.0 М HNO₃ извлекает 90 - 95 % тяжелых металлов. Вытяжку готовят при отношении почва: раствор = 1: 10, смесь настаивают сутки или взбалтывают в течение 1ч.

Подвижные, доступные растениям элементы определяют в вытяжках ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH = 4,8 при отношении почва: раствор = 1:10. Водорастворимые соединения элементов определяют в водных вытяжках из почв.

При атомно-абсорбционном определении тяжелых металлов и ряда других элементов используют следующие аналитические линии (нм): Si - 251,6; Al - 309,3; Ti - 364,3; Fe - 248,3; Ca - 422,7; Mg - 285,21; Mn - 279,5; K - 766,5; Na - 589,0; Sr - 460,7; Ba - 553,5; Cu - 324,7; Zn - 213,9; Co - 240,7; Ni - 232,0; Pb - 217,0; Cd - 228,8; As - 193,7.

Чрезвычайно токсичным элементом является *ртуть*, которая представляет собой наибольшую опасность в форме сильнотоксичного соединения - метилртути. Ртуть попадает в атмосферу при сжигании каменного угля и при испарении вод из загрязненных водоемов. С воздушными массами она может переноситься и откладываться на почвах в отдельных районах. Исследования показали, что ртуть хорошо сорбируется в верхних сантиметрах перегнойно-аккумулятивного горизонта разных типов почв суглинистого механического состава. Миграция ее по профилю и вымывание за пределы почвенного профиля в таких почвах незначительна. Однако в почвах легкого механического состава, кислых и обедненных гумусом процессы миграции ртути усиливаются. В таких почвах проявляется также процесс испарения органических соединений ртути, которые обладают свойствами летучести.

Концентрация ртути определяется методом беспламенной *атомно-абсорбционной спектроскопии*. Метод основан на минерализации анализируемой пробы смесью азотной (HNO₃) и серной кислот (H₂SO₄) в присутствии дихромата калия (K₂Cr₂O₇). Затем производят восстановление всех форм ртути, присутствующих в пробе, до металлической ртути путем обработки 20 %-ым раствором двухлористого олова (SnCl₂). На аналитической линии 253,7 нм измеряют величину оптического поглощения выделившихся паров ртути в кювете с кварцевым стеклом. Пары ртути получают путем барботажа пробы потоком воздуха.

Для анализа загрязнения почв тяжелыми металлами эффективно также использовать и ряд косвенных методов: визуальная оценка состояния фитогенезов, анализ распространения и поведения видов - индикаторов среди растений, беспозвоночных и микроорганизмов.

Для выявления пространственных закономерностей проявления загрязнения почв используют сравнительно-географический метод, методы картирования структурных компонентов биогеоценозов, в том числе и почв. Такие карты не только регистрируют уровень загрязнения почв тяжелыми металлами и соответствующие изменения в

напочвенном покрове, но и позволяют прогнозировать изменение состояния природной среды.

Глава 6. Комплексные лаборатории для контроля загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы

Передвижные лаборатории контроля качества атмосферного воздуха (ПЛ-А).

Передвижная лаборатория контроля атмосферного воздуха (ПЛ-А) предназначена для мониторинга состояния атмосферного воздуха санитарно-защитной зоны предприятий, жилых районов города, области, а также для использования в системах экологического контроля и мониторинга промышленных и других объектов, в районах, не охваченных сетью стационарных постов контроля (АСПК).

ПЛ-А производит отбор проб воздуха, измерение метеопараметров, концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе с последующим проведением как автоматического, так и периодического анализа в условиях стационарной лаборатории.

Передвижной экологический пост может быть создан на базе:

- цельнометаллического фургона (ГАЗель, Ford Tranzit, Renault Master, VW Crafter). Для удобства работы персонала на передвижную лабораторию установлена высокая пластиковая крыша. Лаборатория разделена на грузовой отсек и технический и лабораторный, с последующим утеплением, установкой окон и внутренней отделкой отсеков;
- грузового автомобиля (КАМАЗ, ГАЗ, Scania, MAN). Кузов-контейнер изготовлен из сэндвич-панелей. Лаборатория разделена на грузовой отсек и технический и лабораторный, с последующим утеплением, установкой окон и внутренней отделкой отсеков.



В стандартной комплектации ПЛ-А оборудована:

- стойкой газоаналитической;
- газоаналитическим оборудованием;
- метеорологическим комплексом;
- комплектом воздухозаборных устройств;
- системой жизнеобеспечения;
- автономным электропитанием;
- системой проверки достоверности показаний;
- автоматизированной системой сбора и обработки полученной информации;
- системой передачи данных.

Стойка газоаналитическая предназначена для установки газоанализаторов, пробоотборного устройства, метеоконцентра, системы сбора и обработки информации и обеспечивает устойчивое гашение колебаний при движении экологического поста.

ПЛ-А предназначена для измерения концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, отбора проб воздуха, с последующим проведением как автоматического, так и периодического анализа в условиях химико-аналитической лаборатории, а также наблюдением за метеопараметрами; для обработки и хранения, оперативной передачи измеренных данных в центр управления и обработки информации в автоматическом режиме.

Связь с центром управления и обработки информации осуществляется по кабельной телефонной линии, по сотовой телефонной связи или с помощью радиорелейной связи.

1. Назначение оборудования

1.1. Комплекс газоаналитического оборудования предназначен для непрерывного контроля качества атмосферного воздуха по содержанию в нем окислов азота (NO_x , NO ,

NO₂), аммиака (NH₃), оксида углерода (CO), оксида серы (SO₂), сероводорода (H₂S), углеводородов (суммарные и метан), пыли и озона (O₃) и других загрязняемых веществ. В состав комплекса входят пробоотборные устройства на различные поглотители, а также обеспечивается хранение и транспортировка пробы в аналитическую лабораторию для дальнейшего анализа.

2. Цель мониторинга

2.1. Контроль атмосферного воздуха на содержание NO, NO₂, NO_x, NH₃, O₃, CO, SO₂, H₂S, углеводородов (суммарные и метан), пыли и др.

2.2. Контроль за влиянием промышленных источников загрязнения на состояние атмосферного воздуха.

2.3. Фактическое нормирование выбросов, актуализация паспорта предприятия, города, области.

3 Технические характеристики

Измерительный комплекс размещается на базовых шасси транспортных средств отечественных и зарубежных производителей и зависит от условий эксплуатации.

Конструкция ПЛ-А на шасси КамАЗа и система жизнеобеспечения

ПЛ-А размещается в изготовленном и установленном на шасси изотермическом фургоне (ориентировочные размеры 4800x2400x2000 мм) из монопанелей типа "сэндвич" с двумя отсеками: лабораторным и техническим (рис. 1).

В систему жизнеобеспечения ПЛ-А (рис. 2) входят системы отопления, вентиляции и кондиционирования, электропитания и электроосвещения, автономного электроснабжения.

Система отопления рабочего отсека кузова-контейнера ПЛ-А включает в себя электроконвектор типа Termor Evidence, автомобильный кондиционер Dometic B 1500S, автономный отопитель We- basto. Установленный электроконвектор имеет биметаллический термостат и настроен на автоматическое включение по температуре – порог 10°C.

Вытяжная вентиляция технологического отсека и отвод избыточного тепла от работающего дизель-генератора осуществляются автономной системой вентиляции с радиальным вентилятором.

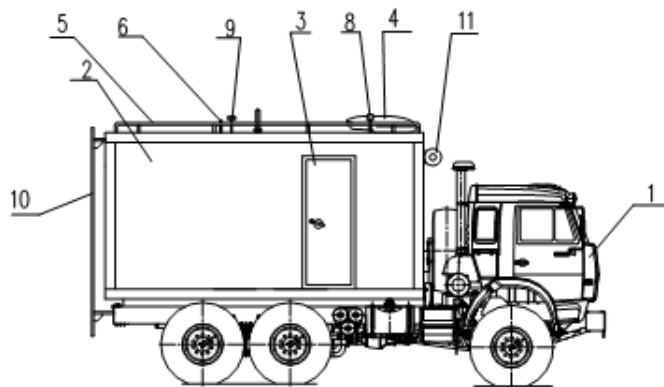
Для отвода выхлопных газов используется специальный канал, исключаящий влияние выбросов на результаты анализа атмосферного воздуха.

Система кондиционирования на основе автомобильного кондиционера Dometic B 1500S обеспечивает охлаждение воздуха и автоматическое поддержание заданной температуры внутри рабочего отсека в летнее время.

Система электропитания ПЛ-А включает в себя электрический щит с автоматами защиты от короткого замыкания, счетчик и устройство защиты от поражения электрическим током, устройство защиты от импульсных перенапряжений и устройство защитного отключения.

Система автономного электроснабжения ПЛ-А имеет в своем составе основной источник электропитания: дизель-генератор мощностью 5,0 кВт, бортовую сеть на 24 В и имеет возможность подключения к резервному источнику питания – промышленной сети ~220 В/50 Гц.

Рис. 6.1 - Внешний вид ПЛ-А на шасси КамАЗ



- 1 – шасси автомобиля «КамАЗ» модели 43114
- 2 – кузов-контейнер
- 3 – боковая входная дверь в рабочий отсек
- 4 - накрышный автомобильный кондиционер
- 5 - ограждение по периметру крыши кузова-контейнера
- 6 – телескопическая метеомачта в транспортном положении
- 8 – пробоотборный зонд ПЗ ВЗ в транспортном положении
- 9 – телескопический пробоотборный зонд SPL-SMT
- 10 - лестница
- 11 - фильтро-вентиляционная установка «ФВУА-100А»

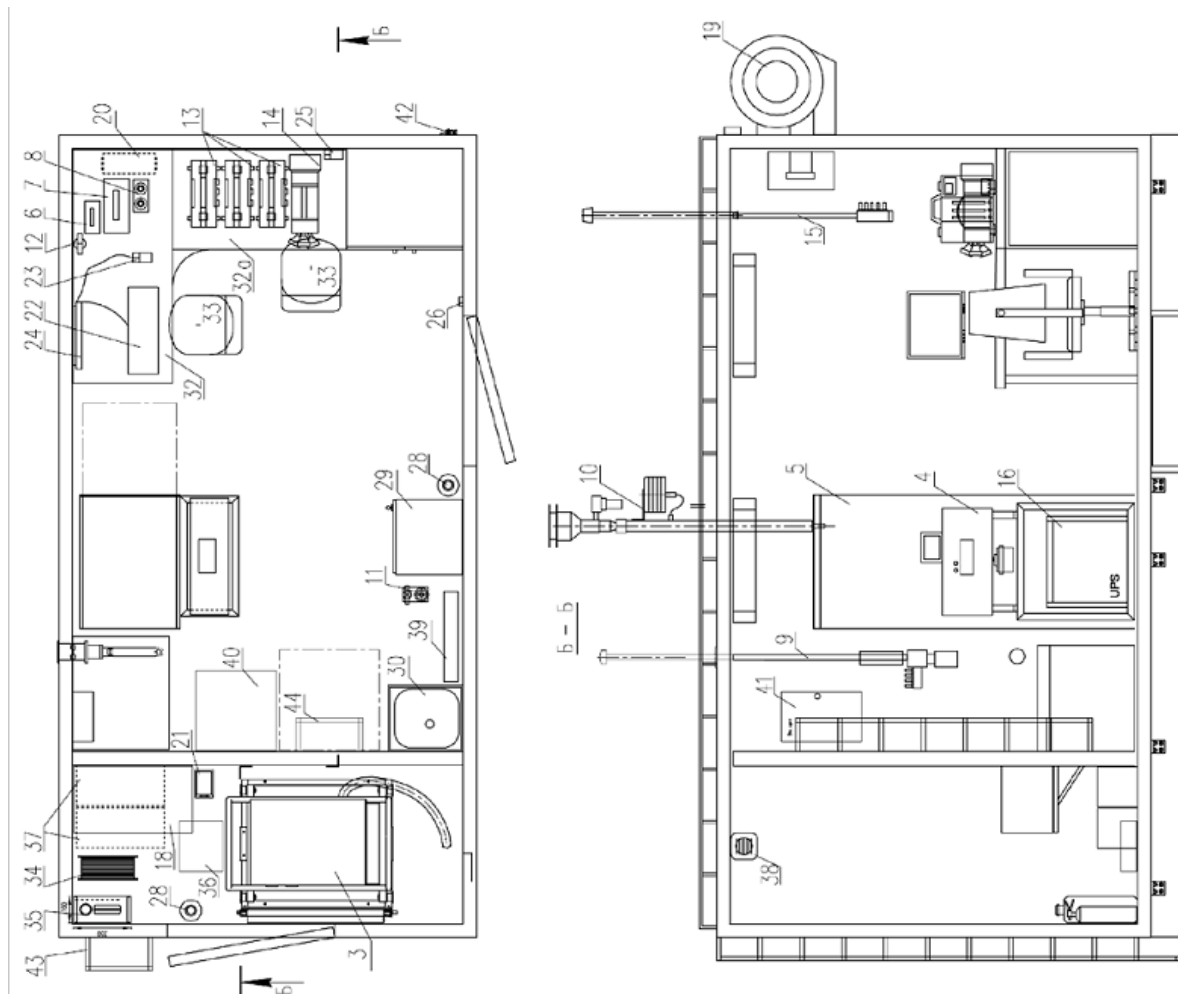


Рис. 6.2 - Внутренний вид ПЛ-А на шасси КамАЗ

Конструкция ПЛ-А на шасси цельнометаллических фургонов (ГАЗель, Форд Транзит, Фольксваген и др.) и система жизнеобеспечения

Конструктивно автомобиль разделен перегородками на три отсека: кабина водителя, рабочий и технический отсеки. Отделка отсеков выполнена в комбинированном стиле с использованием соответствующих материалов (автоткань, композитные материалы, пластик, алюминий).

Система отопления, вентиляции и кондиционирования состоит из дополнительного отопителя We- basto, климатической установки – кондиционера Dometic, а также естественной вентиляции.

Система электропитания от сети 220 В включает в себя кабельным разъемом (16 А, IP-44) для подключения кабеля от внешнего источника питания (промышленная сеть 220В 50 Гц). В систему электропитания дополнительно входят 2 аккумулятора на 12 В, зарядное устройство и инвертор 12/220 для аварийного питания лаборатории в отсутствии внешнего или штатного источника питания. Электрощит на 220 В с автоматами защиты от короткого замыкания и устройством защиты от поражения электрическим током УЗО. По борту рабочего и технического отсеков выполнен контур заземления. В рабочем отсеке выполнена разводка электропроводки с блоками розеток 3 шт. на 220 В.

Система автономного электроснабжения имеет в своем составе штатный бензогенератор мощностью 5 кВт и имеет возможность подключения к резервному источнику питания – промышленной сети ~220 В/50 Гц.

Назначенный срок службы ПЛ-А не менее 8 лет при условии замены типовых элементов в соответствии с их сроком службы по техническим условиям.

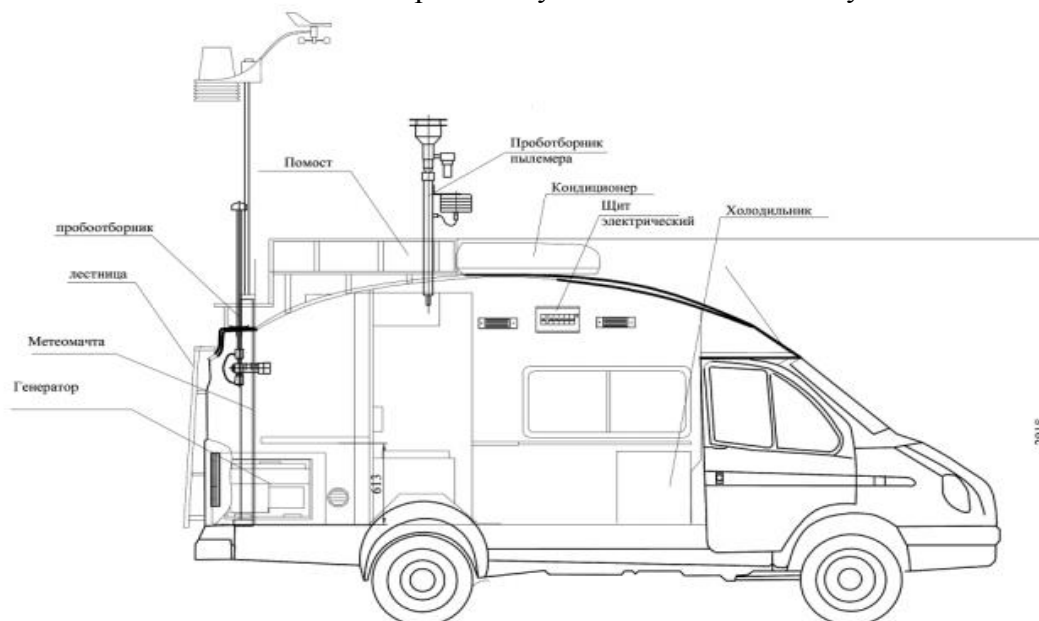


Рис. 6.3 - Внешний вид ПЛ-А на шасси ГАЗель

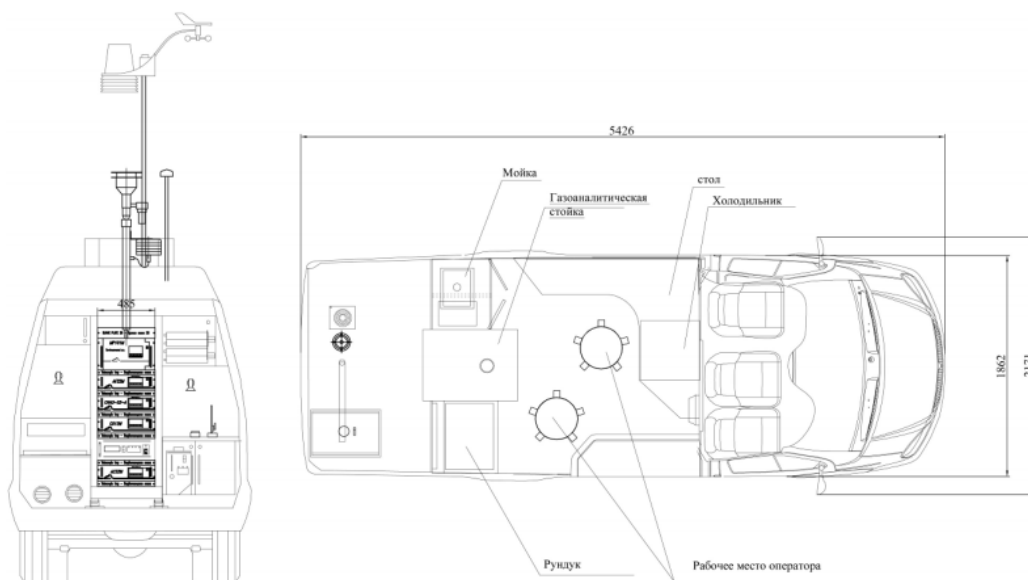


Рис. 6.4 - Внутренний вид ПЛ-А на шасси ГАЗель

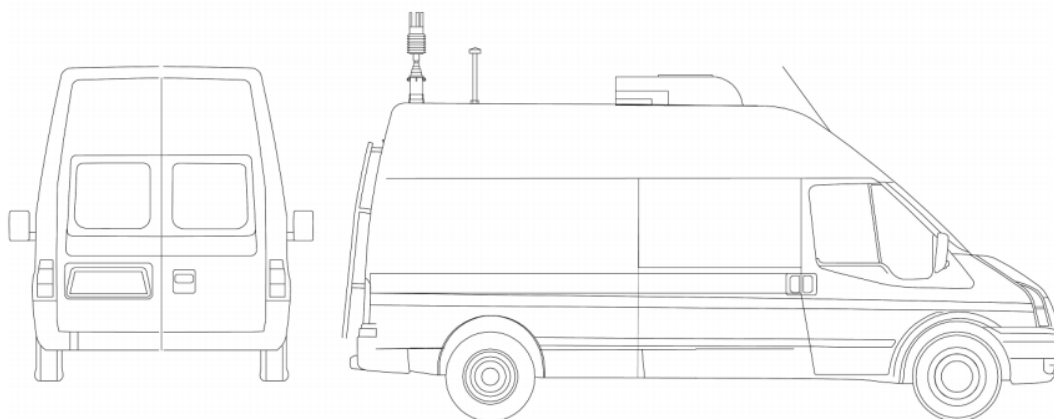


Рис. 6.5 - Внешний вид ПЛ-А на шасси Форд Транзит

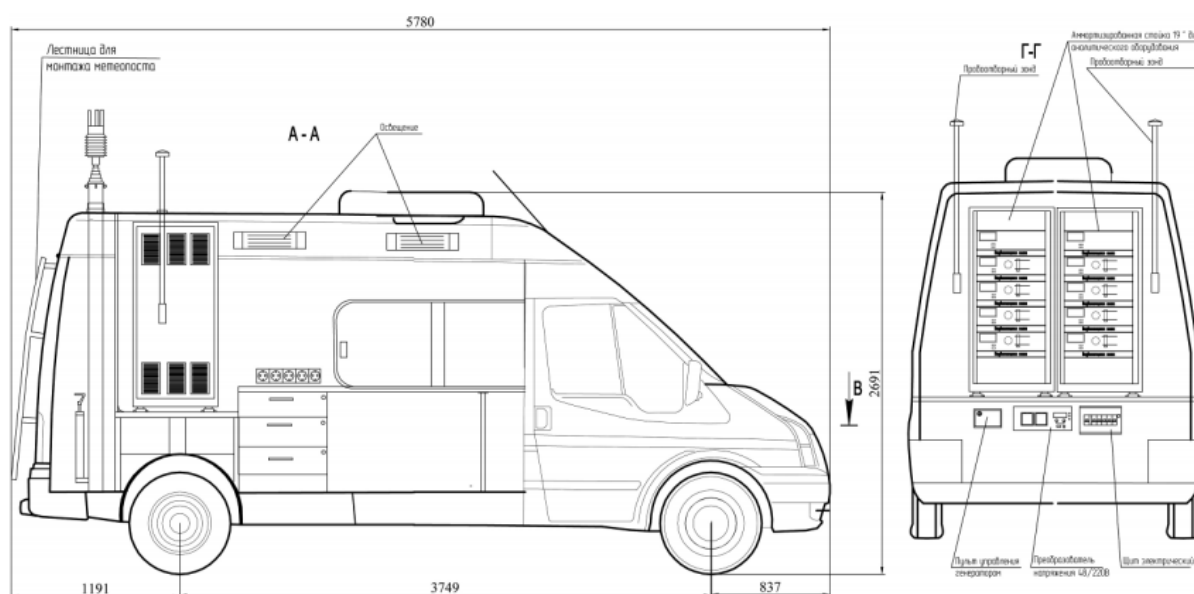


Рис. 6.6 - Внутренний вид ПЛ-А на шасси Форд Транзит

Аналитическая стойка с газоанализаторами

1) **Газоанализатор модель СО12М** (газоанализатор СО, оксида углерода, измерение методом корреляционной ИК-спектроскопии)



Программируемые диапазоны	до 232 мг/м ³
Автоматическая смена диапазона	
Автоматическая компенсация по давлению и температуре	
Время отклика	30 сек
Предел детектирования	58 мкг/м ³
Дрейф нуля	0,058 мг/м /24 час
Линейность	1%
Рабочая температура	от +5 до +40 С
Напряжение электропитания	230В/50Гц

Метрологические характеристики газоанализатора сведены в таблицу 6.1

Таблица 6.1 - Метрологические характеристики газоанализатора

Компонент	Диапазон измерений, мг/м ³	Предел допускаемой основной погрешности, %	
		приведенной	относительной
CO	0 – 2,32	±25	-
	2,32- 11,6	-	±25
CO	0 – 2,32	±25	-
	2,32- 29	-	±25
CO	0 – 2,32	±25	-
	2,32- 58	-	±25
CO	0 – 23,2	±25	-
	23,2- 116	-	±25
CO	0 – 23,2	±25	-
	23,2- 232	-	±25

2) **Газоанализатор модель HC51M** (газоанализатор суммы CnHm, общего содержания углеводов, измерение методом ПИД-детектирования, ПИД - пламенно-ионизационный детектор)



Программируемые диапазоны	до 660 мг/м ³
Автоматическая смена диапазона	
Автоматическая компенсация по давлению и температуре	
Время отклика	5-60сек
Предел детектирования	33 мкг/м ³
Дрейф нуля	0,066
мг/м3/24час	
Линейность	1%

Рабочая температура

от +10 до +40оС

Метрологические характеристики (в пересчете на метан) сведены в таблицу 6.2

Таблица 6.2 - Метрологические характеристики газоанализатора

Компонент	Диапазон измерений, мг/м ³	Предел допускаемой основной погрешности, %	
		приведенной	относительной
CnHn	0 – 6,6	±20	-
CnHn	0 – 33	±15	-
CnHn	0 – 6,6	±20	-
	6,6- 66	-	±20
CnHn	0 – 66	±15	-
	66- 330	-	±15
CnHn	0 – 66	±15	-
	66- 660	-	±15

3) Газоанализатор модель Р-310А с конвертером NH₃ -NO (газоанализатор NO, NO₂, NO_x, NH₃, оксидов азота и аммиака, измерение методом газовой флуоресценции)



Диапазон измеряемых концентраций

0-1000 мкг/м³

Разрешение прибора

1 мкг/м³

Выходной аналоговый токовый сигнал

0 - 5,0 мА или 4 - 20 мА

Выходной цифровой сигнал

RS-232

Потребляемая мощность

400 Вт/ 650 Вт

Напряжение питания

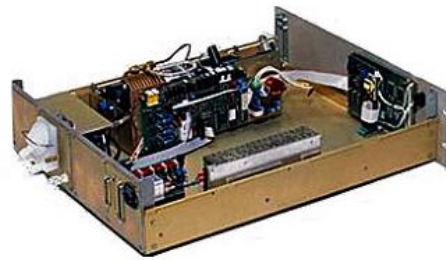
220В, 50 Гц

Метрологические характеристики сведены в таблицу 6.3

Таблица 6.3 - Метрологические характеристики газоанализатора

Компонент	Диапазон измерений, мг/м ³	Диапазон измерений, ppm	Предел допускаемой основной погрешности, %	
			приведенной	относительной
NO	0 - 0,08	0 - 0.06	±25	-
	0,08 – 1,0	0.06 – 0,79	-	±25
NO ₂	0 - 0,08	0 – 0.04	±25	-
	0,08 – 1,0	0.04 – 0,52	-	±25
NH ₃	0 - 0,08	0 – 0.11	±25	-
	0,08 – 1,0	0.11 – 1,41	-	±25

4) Газоанализатор модель AF22M/CH2S (газоанализатор SO₂, встроенный конвертер H₂S, SO₂, измерение методом УФ флуоресценции)



Программируемые диапазоны
Автоматическая смена диапазона

до 26,6 мг/м³

Автоматическая компенсация по давлению и температуре

Время отклика 10 сек.

Предел детектирования 2,7 мкг/м³

Дрейф нуля 1,4 мкг/м³/24 час

Линейность 1%

Рабочая температура от +5 до +40 оС

Метрологические характеристики сведены в таблицу 6.4

Таблица 6.4 - Метрологические характеристики газоанализатора

Компонент	Диапазон измерений, мг/м ³	Предел допускаемой основной погрешности, %	
		приведенной	относительной
SO ₂	0 – 0,053	±20	-
	0,053 – 26,6	-	±20
H ₂ S	0 – 0,028	±20	-
	0,028 – 14,1	-	±20

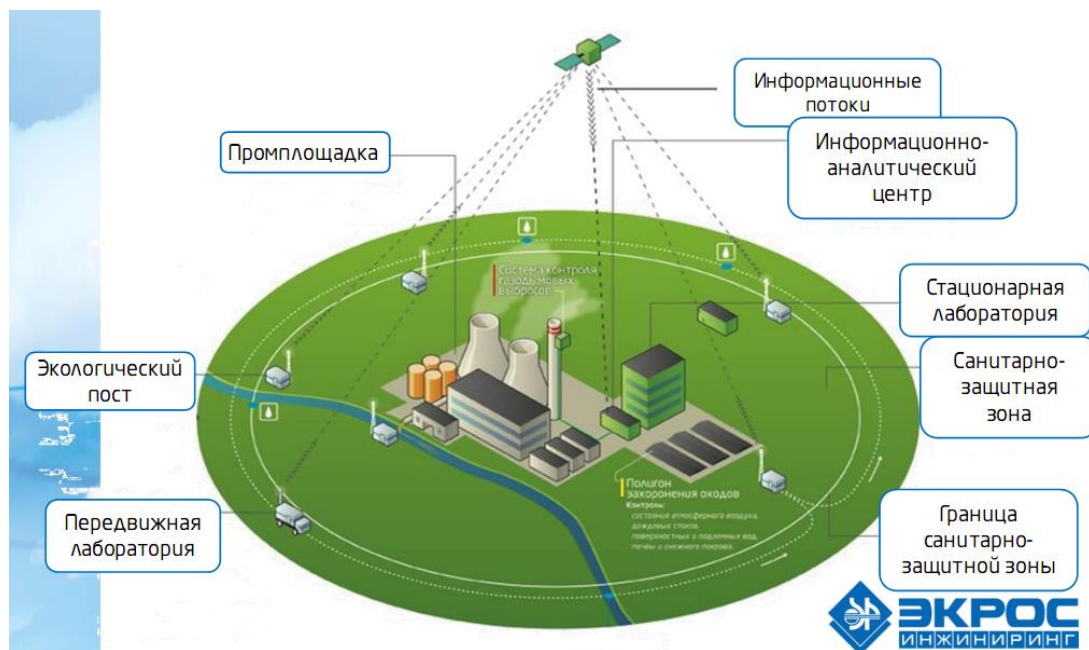


Рис. 6.7 - Принципиальная схема базовой автоматизированной системы экологического мониторинга

Глава 7. Информационные измерительные системы

Проблема создания централизованных систем контроля, охватывающих целые регионы, особенно остро стоит на территориях с развитой промышленностью, поскольку систематически должен контролироваться большой перечень приоритетных примесей. В настоящее время разрабатывается новая аппаратура, в которой используются сенсоры многофункционального назначения в сочетании с микропроцессорами.

В практике создания систем экологического мониторинга получили распространение автоматизированные системы контроля воздушной среды на базе стационарных и передвижных постов наблюдения. В нашей стране наиболее известна система типа АНККОС и АНККОС–АГ.

В начале 80-х годов в Москве была введена в действие первая опытная система АНККОС, а затем в 1985–86 гг. в Санкт-Петербурге был использован образец второго поколения таких систем АНККОС–АГ.

Недостаток первых систем АНККОС – низкие надежные характеристики газоанализаторов.

В настоящее время вводятся в эксплуатацию системы типа АНККОС–АМ. Автоматизированная система контроля загрязнения воздуха типа АНККОС–АМ предназначена для автоматизированного сбора и обработки информации об уровнях загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах и регионах.

В павильон каждой станции АНККОС–АМ входят следующие технические средства:

- система жизнеобеспечения (освещение, вентиляция, отопление, кондиционирование, система пожаротушения);
- мачтовое устройство на крыше павильона с комплексом метеодатчиков;
- комплекс газоанализаторов;
- управляющий контроллер со средствами передачи данных.

Отличием системы АНККОС–АМ от более ранних систем состоит в использовании более современных газоанализаторов со встроенными микро–ЭВМ, существенно более развитые контроллеры в составе АСКЗА и ЦОИ, использование ПЭВМ типа РС/ХТ и РС/АТ.

Рассмотрим структуру головной автоматизированной системы наблюдения и контроля за состоянием атмосферы АНККОС–АМ (рис. 7.1). Система имеет двухуровневую структуру.

На первом уровне АНККОС–АМ функционируют головная автоматизированная станция контроля за загрязнением атмосферы (АСКЗА), передвижные рабочие группы (ПРГ) и стационарная газоаналитическая лаборатория (СГАЛ). Дополнительно, как правило, в автоматизированные посты контроля включают еще автоматические пробоотборные устройства, которые позволяют произвести анализы отобранных проб воздуха в лабораторных условиях.

На втором уровне АНККОС–АМ функционирует центр обработки информации (ЦОИ), измерительно–управляющий вычислительный комплекс, средства регистрации данных и отображения информации, каналы связи и средства передачи данных. Передача данных в системе осуществляется по телефонным коммутируемым или некоммутируемым линиям связи. Аппаратура передачи данных функционирует автоматически и обеспечивает:

- централизованный сбор данных от станции;
- получение данных от внесистемных источников;
- сохранность поступающих данных при отказах аппаратуры рабочих мест.



Рис. 7.1 Схема функционирования АНКОС-АГ

Задачи первого уровня ЦОИ:

- замеры концентраций ингредиентов и метеопараметров (перечень измеряемых параметров станции АНКОС-АМ приведен в табл. 7.1);
- предварительная обработка данных, перевод в физические величины для передачи в ЦОИ.

Таблица 7.1

Параметры, измеряемые в системе АНКОС-АМ

Измеряемый параметр	Диапазон
Температура воздуха	±50
Относительная влажность, %	15–98
Скорость ветра, м/с	1,5–40
Направление ветра, град.	0–360
Двуокись серы, мг/см ³	0–5
Окись углерода, мг/м ³	0–80
Окись азота, мг/м ³	0–2,5
Двуокись азота, мг/м ³	0–2,5
Сумма окислов азота, мг/м ³	0–2,5
Метан, мг/м ³	0–50
Сумма углеводородов, мг/м ³	0–50
Сумма углеводородов без метана, мг/м ³	0–50

Согласно расчетам эксплуатационные затраты на одно измерение микрокомпонента с помощью АСКЗА-АМ в 2,5–3 раза меньше, нежели другими средствами.

Задачи второго уровня ЦОИ:

- централизованный сбор данных;
- обработка и анализ поступающей информации для оценки достоверности;
- анализ возникающих ситуаций;
- оперативное прогнозирование уровня загрязнения;
- ретроспективная обработка информации для научных исследований и совершенствования системы;
- подготовка и передача потребителям штормовой (аварийной), итоговой и прогнозируемой информации о состоянии контролируемого воздушного бассейна.

В ЦОИ находится рабочее место диспетчера, где на базе ПЭВМ диспетчеры осуществляют наблюдения за состоянием загрязнения атмосферы. В ПЭВМ содержится банк моделей и экспертная система. Среди моделей обычно используют следующие модели:

- модель расчета любого ингредиента в любой точке города при заданных выбросах источника и фиксированных погодных условиях;
- модель интерполяции поля загрязнения, которая позволяет рассчитать концентрацию того же ингредиента в нескольких фиксированных точках (местах взятия проб воздуха);
- модель определения источника повышенного выброса (в частном случае аварийного выброса, разового или длящегося достаточно долго);
- модель оценки текущей экологической обстановки (учитываются предшествующие и настоящие погодные условия и результаты проб воздуха), которую, чтобы определить те районы города, в которых есть повышение концентрации по тем или иным ингредиентам, проанализировать причины таких повышений и на основании анализа дать общую оценку экологической обстановки на текущий момент;
- модель прогноза экологической обстановки (принимают в расчет текущие данные замеров концентраций ингредиентов, текущие данные о выбросах предприятий, данные о текущих и прогнозируемых метеоусловиях) должна определить характер экологической обстановки на несколько часов вперед или на очередные сутки. На основании этой информации диспетчер может выбрать рекомендации, направленные на стабилизацию обстановки, если она прогнозируется неблагоприятной.

Системы типа АНКОС не только высокоэффективны, их эксплуатация позволяет устранить такие существенные недостатки применяемых методов, как низкая оперативность, невозможность прогнозирования критической ситуации, что неминуемо приводит к запаздыванию в принятии решений и реализации мероприятий, направленных на защиту атмосферы. Высокая технико-экономическая эффективность АНКОС может быть обеспечена только при условии научно обоснованного выбора комплекса измерительных средств в АСКЗА и оптимальной системы их метрологического обеспечения.

Глава 8. Экологическое и санитарно-гигиеническое нормирование

8.1 Основные понятия, определения и структура системы нормирования

В соответствии с природоохранным законодательством Российской Федерации нормирование в области охраны окружающей среды осуществляется в целях государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности [ст. 19]. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» определяет негативное воздействие как «воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды» [ст. 1]. Следует отметить, что такое понимание термина «воздействие» отличается от общепринятого в международной практике, где под воздействием на окружающую среду понимают «любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом деятельности организации, ее продукции или услуг». Отметим, однако, что последнее определение привнесено уже и в отечественные нормативные документы. Определенная подобным образом цель нормирования реализуется путем установления ограничений (нормативов) как на сами источники воздействия, так и на факторы среды, отражающие и характеристики воздействия, и отклики экосистем. В отношении истории развития нормирования верен принцип антропоцентризма: значительно ранее прочих были установлены нормативы приемлемых для человека условий среды (прежде всего, производственной). Тем самым было положено начало работам в области санитарно-гигиенического нормирования.

Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов.

В основе санитарно-гигиенического нормирования лежит понятие предельно допустимой концентрации. Предельно допустимые концентрации (ПДК) — нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

Таким образом, санитарно-гигиеническое нормирование охватывает все среды, различные пути поступления вредных веществ в организм, хотя редко учитывает комбинированное действие (при одновременном или последовательном действии нескольких веществ при одном и том же пути поступления) и не учитывает эффектов комплексного воздействия, (когда вредные вещества поступают в организм различными путями — с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы), а также сочетания воздействий различной природы (физических, химических, биологических).

Существуют ограниченные перечни веществ, обладающих комбинированным действием при их одновременном содержании в атмосферном воздухе. Эти перечни находят применение при установлении соответствующих научно-технических нормативов (величин ПДВ, размеров санитарно-защитной зоны).

Списки установленных величин ПДК и других нормативов публикуются в специальных сборниках санитарных норм и правил (СанПиН).

Установление ПДК осуществляется в результате специально организованных исследований на лабораторных животных. Теоретические основы концепции ПДК были заложены в 30-е годы. Тогда же были сформулированы основные принципы гигиенического нормирования. Современные принципы оценки токсичности соединений отражены в специальном издании Всемирной организации здравоохранения.

Существует большое количество справочников, содержащих подробную и исчерпывающую информацию о ПДК и токсикологических показателях различных химических веществ. Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава РФ содержит базу данных по 2350 опасным химическим и биологическим веществам, зарегистрированным в Российском регистре потенциально опасных химических и биологических веществ включающих: химическую номенклатуру, физико-химические характеристики, параметры токсикометрии, оценку специфических и отдаленных эффектов, показатели экологической безопасности, санитарно-гигиенические нормативы. В базу данных, наряду с исчерпывающей отечественной информацией, включены сведения из ведущих зарубежных баз данных опасных веществ, в том числе международного регистра потенциально токсичных веществ.

Известны существенные трудности в реализации концепции ПДК, как то:

- сложность учета отдаленных генетических эффектов;
- неопределенность при экстраполяции результатов лабораторных экспериментов с животными на человека;
- недостаточное отражение совместного действия смеси веществ, несоответствие форм токсиканта в природных условиях и в эксперименте и др.

Более того, основной упор при установлении ПДК делается на исследование влияния данного компонента на организм человека в целом, а он может проявиться в виде неблагоприятных сдвигов физиологических и биохимических показателей, вызвать нарушения отдельных органов, изменять условно-рефлекторную деятельность и др. ПДК, установленные для различных компонентов окружающей среды, не коррелируют между собой. Известны недостатки и реализуемой в нашей стране системы санитарно-гигиенического нормирования на основе ПДК:

- санитарно-гигиенические нормативы едины и территориально не дифференцированы;
- существующая практика регламентации природопользования не объединена в единую систему;
- деятельность разработчиков нормативов не имеет согласованной методологической основы и не координируется;
- действующие в настоящее время природоохранные нормы и правила рассредоточены в многочисленных документах, большинство из которых имеет лишь рекомендательный характер;
- отсутствует единый кадастр норм и свод методик экологического нормирования;
- методические документы, устанавливающие те или иные нормативы, не содержат указаний об использованных процедурах нормирования, и потому нет возможности оценить обоснованность и надежность норм.

Однако, необходимо констатировать, что санитарно-гигиеническое нормирование является единственной хорошо разработанной методологией регламентации загрязнения природных сред. И именно санитарно-гигиеническое нормирование стало отправной точкой для нормирования экологического.

Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава РФ распространяет АИПС (автоматизированная информационно-поисковая система) «Опасные вещества» – базу данных по опасным химическим и биологическим веществам, содержащую данные о 2350 зарегистрированных в РПОХВ (российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ) веществах (химическая номенклатура, физико-химические характеристики, параметры токсикометрии, оценку специфических и отдаленных эффектов, показатели экологической безопасности, гигиенические и экологические нормативы, библиографические данные). В базу данных, наряду с исчерпывающей отечественной информацией, включены сведения

из ведущих зарубежных баз данных опасных веществ, в том числе международного регистра потенциально токсичных веществ.

Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия.

Порог вредного действия – это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.

ПДК и ПДУ определяются с учётом ДСД (допустимой суточной дозы) или ДСП (допустимого суточного потребления).

Стандарт ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация и общие требования безопасности» устанавливает следующие признаки для определения класса опасности (табл. 1). По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

1-й – вещества *чрезвычайно опасные*: бензапирен, бериллий, диэтилртуть, тортаэтилсвинец, таллий и др.

2-й – вещества *высокоопасные*: бор, ДДТ (сумма изомеров), кадмий (суммарно), мышьяк, нитриты, свинец (суммарно), селен, стронций, сурьма, формальдегид.

3-й – вещества *умеренно опасные*: алюминий, марганец, медь (суммарно), нитраты, озон, хром.

4-й – вещества *малоопасные*: сероводород, сульфаты, хлориды.

Степень токсичности веществ принято характеризовать величиной токсической дозы — количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность.

Различают среднесмертельные (ЛД₅₀), абсолютно смертельные (ЛД₁₀₀), минимально смертельные (ЛД_{0/10}) и др. дозы. Цифры в индексе отражают вероятность (%) появления определенного токсического эффекта, в данном случае, — смерти в группе подопытных животных. Следует иметь в виду, что величины токсических доз зависят от путей поступления вещества в организм. Доза ЛД₅₀ (гибель половины подопытных животных) дает значительно более определенную в количественном отношении характеристику токсичности, чем ЛД₁₀₀ или ЛД₀. В зависимости от вида животных, выбранных для тестирования, условий поступления токсикантов, порядок расположения веществ на шкале токсичности и токсические дозы могут меняться. Поэтому величина токсической дозы не используется в системе нормирования. В системах ПДК указывается только класс вредности вещества, в том числе токсикологический.

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Таким образом, санитарно-гигиеническое нормирование охватывает все среды, различные пути поступления вредных веществ в организм, хотя редко отражает *комбинированное действие* (одновременное или последовательное действие нескольких веществ при одном и том же пути поступления) и не учитывает эффектов *комплексного* (поступления вредных веществ в организм различными путями и с различными средами – с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы) и *сочетанного воздействия* всего многообразия физических, химических и биологических факторов окружающей среды. Существуют лишь ограниченные перечни веществ, обладающих эффектом суммации при их одновременном содержании в атмосферном воздухе.

Для ориентировочного определения комбинированного действия обычно предлагается использовать следующую формулу:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

где C_i – концентрация вещества в исследуемой среде; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация данного вещества. Среда считается допустимой если конечное значение меньше единицы.

Однако человек не самый чувствительный из биологических видов, и принцип «Защищен человек – защищены и экосистемы», вообще говоря, не верен. Экологическое нормирование предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему. Допустимой считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды.

Всю совокупность экологических нормативов можно упорядочить следующим образом:

1. *Органолептические нормативы.* Определяются с помощью органов чувств (мутность, цвет, запах, вкус).
2. *Общесанитарные нормативы.* Определяются для малотоксичных и нетоксичных веществ.
3. *Санитарно-токсикологические нормативы.* Определяются для токсичных веществ.
4. *Фитоаккумуляционные нормативы.* Определяются по накоплению в тканях растений.
5. *Водно-миграционные нормативы.* Определяются по миграции в водной среде.
6. *Воздушно-миграционные нормативы.* Определяются по миграции в воздушной среде.

Антропогенное загрязнение окружающей среды весьма разнообразно. Основными источниками являются промышленные предприятия, энергетический комплекс, транспорт, сельское хозяйство и бытовые отходы.

Классы опасности для окружающей среды определяются согласно приказа МПР от 15.06.2001 года № 511. Установлено 5 классов опасности:

КЛАСС ОПАСНОСТИ	СТЕПЕНЬ	КРИТЕРИИ
отхода для окружающей природной среды	вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду	отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды
I КЛАСС ЧРЕЗВЫЧАЙНО ОПАСНЫЕ	ОЧЕНЬ ВЫСОКАЯ	
II КЛАСС ВЫСОКООПАСНЫЕ	ВЫСОКАЯ	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия
III КЛАСС УМЕРЕННО ОПАСНЫЕ	СРЕДНЯЯ	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника
IV КЛАСС МАЛООПАСНЫЕ	НИЗКАЯ	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3-х лет
V КЛАСС ПРАКТИЧЕСКИ НЕОПАСНЫЕ	ОЧЕНЬ НИЗКАЯ	Экологическая система практически не нарушена.

1-й – вещества *чрезвычайно опасные*. Функционирование экосистемы необратимо нарушено, восстановление невозможно.

2-й – вещества *высокоопасные*. Функционирование экосистемы сильно нарушено. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия.

3-й – вещества *умеренно опасные*. Функционирование экосистемы нарушено. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника.

4-й – вещества *малоопасные*. Функционирование экосистемы нарушено. Период самовосстановления не менее 3-х лет

5-й – вещества *практически неопасные*. Функционирование экосистемы практически не нарушено.

Говоря о других недостатках системы санитарно-гигиенического нормирования, следует подчеркнуть, что она не указывает, какое именно воздействие на живые организмы будет иметь место, если реальная концентрация в объектах окружающей среды превысит предельно допустимую величину. Концепция ПДК не учитывает также, что для некоторых веществ существует минимальный порог, ниже которого ощущается недостаток вещества в среде обитания, что может оказывать существенное влияние на живущие в ней организмы.

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность напрямую. Однако они используются при установлении научно-технических нормативов — требований, предъявляемых собственно к источникам воздействия. Нормативы воздействия это нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС), образования отходов и лимиты их размещения.

В основу научно-технического нормирования положен следующий принцип: при условии соблюдения нормативов всеми предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

Этот принцип трудно реализовывать в тех случаях, когда и без вклада предприятия загрязнение среды значительно. Например, если в водоеме, используемом для производственных целей, содержание загрязняющих веществ исходно близко к величинам соответствующих ПДК или даже превышает их. Такие ситуации встречаются даже на фоновых участках, как уже было отмечено выше.

Научно-техническое нормирование означает введение ограничений деятельности хозяйственных объектов в отношении источников воздействия на окружающую среду. В том числе, определяются предельно допустимые потоки вредных веществ, которые могут поступать от источников воздействия в воздух, воду, почву. Таким образом, от предприятий требуется не собственно обеспечение тех или иных ПДК, а соблюдение пределов выбросов и сбросов вредных веществ, установленных для объекта в целом или конкретных источников, входящих в его состав. Зафиксированное превышение величин ПДК в окружающей среде само по себе не является нарушением со стороны предприятия, однако служит сигналом, что нужно более детально разобраться с тем, как предприятие выполняет установленные научно-технические нормативы (а в ряде случаев свидетельствует о необходимости тщательного анализа ситуации, чтобы понять, какие нормативы следует пересмотреть).

Законодательные основы научно-технического нормирования определены Постановлением Правительства РФ от 3 августа 1992 г. № 545 «Порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов» в редакции Постановления Правительства РФ от 16.06.2000 № 461. Как и в случае с атмосферным воздухом, для сравнительной оценки загрязнения водной

среды используются различные индексы, которые позволяют учесть присутствие нескольких загрязняющих веществ или иным содержанием органических веществ.

Научно-технические нормативы воздействия на окружающую среду разрабатываются для хозяйственных объектов в форме проектов томов нормативно допустимых выбросов (НДВ) и сбросов (НДС).

Нормативно допустимый выброс (НДВ) – количество загрязняющего вещества в отходящих газах, максимально допустимое к выбросу в атмосферу в единицу времени.

НДВ 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_{мр}. Основные значения НДВ – 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 НДВ (г/с), устанавливаются производные от них годовые значения НДВ_г (т/г), 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 НДВ 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 НДВ.

Основным нормативом сбросов загрязняющих веществ, установленным в Российской Федерации, является нормативно допустимый сброс (НДС):

Нормативно допустимый сброс (НДС) – количество вещества в сточных водах, максимально допустимое к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

НДС – 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.

НДС устанавливаются для каждого источника загрязнения и каждого вида примеси с учетом их комбинированного действия. В основе определения НДС (по аналогии с НДВ) лежит методика расчета концентраций загрязняющих веществ, создаваемых источником в контрольных пунктах – расчетных створах – с учетом разбавления, вклада других источников, перспектив развития (проектируемые источники) и т.д.

Общий принцип установления НДС – величина НДС должна гарантировать достижение установленных норм качества воды (санитарных и рыбохозяйственных) при наихудших условиях для разбавления в водном объекте.

При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых целей, нормы качества поверхностных вод (или их природный состав и свойства в случае природного превышения этих норм) должны выдерживаться на водотоках, начиная со створа, расположенного в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.) вплоть до самого места водопользования, а на водоемах – на акватории в радиусе одного километра

от пункта водопользования. Ближайшие пункты водопользования определяются органами санитарно-эпидемиологической службы.

При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние рыбохозяйственных водотоков и водоемов, нормы качества поверхностных вод (или их природный состав и свойства в случае природного превышения этих норм) должны соблюдаться на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, определяемого в каждом конкретном случае органами МПР, но не далее, чем 500 м от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод (мест добычи полезных ископаемых, производства работ на водном объекте и т.п.).

Для сбросов сточных вод в черте населенного пункта в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод» НДС устанавливаются, исходя из отнесения нормативных требований к самим сточным водам. При этом следует руководствоваться тем, что использование водных объектов в черте населенных мест относится к категории коммунально-бытового водопользования.

В случае, если значения НДС 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 НДС.

Лимитирование размещения твердых промышленных отходов (разработка проектов лимитов размещения) осуществляется на основании «Временных правил охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в РФ». При этом под организованным размещением отходов понимаются регламентированные и осуществляемые в соответствии с установленными нормами и правилами процессы выделения, концентрирования, сбора, транспортировки, накопления, временного хранения отходов, предусматривающего возможность их дальнейшего использования, переработки, или ликвидации, захоронения.

Наиболее полно данные мониторинга используются в системе государственных кадастров. Кадастровые системы необходимы для сбора информации о состоянии окружающей среды (а также для определения правового и экономического статуса). Задачи учета и регистрации изменений компонентов окружающей среды появились в связи с фискальными интересами государства и потребностями рынка в правовой поддержке сделок с недвижимостью.

В состав Единой системы государственных кадастров (ЕСГК) должны войти следующие основные группы государственных кадастров:

- кадастры природных ресурсов (земельный, водный, месторождений полезных ископаемых, экологический, растительного и животного мира и др.);
- кадастры недвижимости (инженерных сетей и коммуникаций, жилых и нежилых строений, транспортных магистралей, улично-дорожных сетей и др.);
- регистры (населения, предприятий, административно-территориальных образований). Создание и ведение всех видов кадастра остается одной из важнейших проблем управления территориями на современном этапе.

Кадастровая оценка (а также сопутствующая ей система постоянного мониторинга) объектов является необходимым условием для установления платы за ресурс, регулирования правовых отношений и составления прогнозных моделей, а также для решения задач перспективного управления. И хотя в настоящее время Единая система государственных кадастров (ЕСГК) ещё не создана в полном объеме и, даже само понятие «кадастр» находится в дискуссионном поле – очевидно, что данные мониторинга являются информационной базой этих систем.

Разработка системы научно-обоснованных экологических нормативов невозможна без стройной, обоснованной методологии. К настоящему времени известны лишь

некоторые попытки научно-обоснованной разработки экологических нормативов, идет обсуждение концептуальных основ и методической базы.

Разработка экологических нормативов связана с другими задачами прикладной экологии, такими как выбор информативных критериев, способы свертывания информации, обоснованный выбор используемых методов математического моделирования и информационных технологий и т.д. Использование инновационных информационных технологий позволяет решать указанные задачи.

В настоящее время система нормирования воздействия на окружающую среду активно пересматривается, в том числе и в связи с принятием Федерального Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия.

Нормирование локальных выбросов

Организация нормирования выбросов

Работа по нормированию выбросов обычно проводится в две стадии.

1-я стадия - предприятие разрабатывает проект ПДВ с учетом фоновое загрязнение (его величина запрашивается в местном подразделении Росгидромета), регламента работы производственных мощностей, технических возможностей снижения выбросов, и направляет в городской (районный, областной) орган охраны окружающей среды следующие документы:

1. Официальное ходатайство о выдаче разрешения на выброс.
2. Бланк инвентаризации источников выбросов.
3. Предложения по выбросам.
4. Сведения о разработке проекта ПДВ.

Если ПДВ утверждается не в первый раз, то прилагается информация о выполнении мероприятий по снижению выбросов за прошедший период, план мероприятий на новый срок, график контроля соблюдения норматива ПДВ. В ряде городов и областей список требуемых документов может быть расширен. Например, в Москве требуются планы мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий аварийных и залповых выбросов, отчет о выполнении предписаний природоохранных органов, документы о внесении платы за выбросы.

2-я стадия - местный орган охраны окружающей среды обобщает предложения всех предприятий, расположенных на его подведомственной территории, для чего, согласно ОНД-86, строит изолинии концентраций загрязняющих веществ на схеме города (района), исходя из ПДВ, предложенных предприятиями с учетом результата расчетов рассеивания. На участках, где все концентрации в зоне жилой застройки ниже ПДК, предложенные ПДВ могут быть утверждены. Там, где концентрации превышают ПДК, определяют предприятие, которое имеет наибольшую мощность выбросов, и предлагают ему изыскать возможность снижения предложенного ПДВ. В особо сложных случаях может ставиться вопрос о закрытии, перепрофилировании или выносе за пределы города предприятий, наносящих значительный ущерб окружающей среде.

Если предприятие не может в данный момент обеспечить ПДВ, но оно играет важную роль в хозяйстве страны или города и в то же время имеет возможность за счет совершенствования технологии добиться снижения выбросов в обозримые сроки, ему может быть установлен временно согласованный выброс (ВСВ).

ПДВ обычно утверждается на 2-3 года, иногда до 5 лет (если все выбрасываемые загрязняющие вещества относятся к 3-4 классам опасности). ВСВ утверждается на 1 год. Продление разрешения на выброс дается на 1 год.

Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения определены Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.544-96, причем нормируются запах, вкус, цветность, мутность, коли-индекс, а также указывается, что содержание химических веществ не должно превышать значений соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК). Основные показатели можно увидеть в Приложении (табл. 2).

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_в) – 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 (ПДК_{вр}) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

При интерпретации результатов мониторинга состояния водной среды важно знать, к какому типу водных объектов отнесены река, озеро, водохранилище, и использовать для оценки ситуации соответствующие нормативы.

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 ПДК_{вр} – K_i и повторяемости случаев превышения H_i , а также общий оценочный балл – B_i :

$$K_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}; \quad H_i = \frac{N \cdot \text{ПДК}_i}{N_i}; \quad B_i = \frac{K_i}{H_i},$$

где C_i – концентрация в воде i -го ингредиента; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го ингредиента для водоемов рыбохозяйственного назначения; МПДК_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 показателей качества воды. Обязательны для учета следующие показатели: концентрация растворенного кислорода, водородный показатель pH и биологическое потребление кислорода БПК₅:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

Подробный обзор индексов для оценки качества вод дан в книге В.К. Шитикова, Г.С. Розенберга и Т.Д. Зинченко «Количественная гидроэкология» [55 : 174-206].

8.1. Современные подходы к нормированию качества почв

Как уже отмечалось, оценка состояния и изменения окружающей природной среды и почвы как ее компонента является одной из важнейших функций мониторинга. Оценка предполагает сравнение фактического или прогнозируемого состояния среды с заранее определенными критериями, т.е. признаками, на основе которых производится сравнение. В качестве критериев могут выступать показатели исходного состояния наблюдаемых компонентов и комплексов, характеристики так называемых объектов-эталонов (фоновые характеристики), но чаще всего в этом качестве используются различные нормативные показатели, характеризующие меру возможного воздействия человека на природу.

Нормативные показатели устанавливаются на основе специальных исследований, экспериментальных данных или в результате экспертных оценок. При их обосновании и

введении приходится учитывать не только устойчивость организма человека и природных комплексов, но и реальные возможности современного этапа развития человеческого общества. В процессе совершенствования технологии и расширения экономических возможностей общества существующие нормы могут и должны ужесточаться, т.е. пересматриваться в сторону уменьшения разрыва между желаемым и реально достижимым.

В настоящее время в практике мониторинговых наблюдений используются две основные группы нормативных показателей - санитарно-гигиенические и экологические.

Санитарно-гигиенические показатели устанавливаются исходя из требований экологической безопасности населения, т.е. применительно к здоровью человека. К ним в первую очередь следует отнести нормы предельно допустимых концентраций.

Проведение исследований по гигиеническому нормированию химических веществ в почве начинается со сбора информации, позволяющей оценить значение данного вещества в санитарной практике, выявить его физико-химические константы. С этой целью следует установить, в каких количествах изучаемое вещество встречается в природе, в каких производственных процессах и в каких количествах оно используется в сельском хозяйстве, каковы уровни загрязнения почвы, параметры токсичности вещества и механизм токсического действия, данные о нормативах в смежных средах, количественные и качественные методы обнаружения вещества и его метаболитов в почве, воде, воздухе и растениях, а при необходимости и в биологическом материале.

За исходную концентрацию пестицидов, минеральных удобрений, микроудобрений, стимуляторов роста растений принимают концентрации, которые создаются в почве при рекомендуемых максимальных нормах расхода препаратов, принятых в сельскохозяйственной практике (8.1).

$$P = \frac{C}{d \cdot h} \quad (8.1)$$

где P – норма расхода ЭХВ (кг/га), C – концентрация ЭХВ в почве (мг/кг), d – плотность почвы (кг/дм³), h – глубина пахотного слоя, дм

За исходную концентрацию для химических веществ, поступающих в почву со сточными водами, промышленными выбросами, выхлопными газами автомобилей, принимают уровень естественного содержания в почвах.

Центральным методологическим вопросом гигиенического регламентирования экзогенных химических веществ (ЭХВ) в почве является определение критерия их безопасности для здоровья населения.

В основу теории и практики гигиенического нормирования ЭХВ в почве положен критерий (первое положение теории), допускающий возможность поступления и содержание ЭХВ в почве в виде примесей к естественному ее составу в количествах, безопасных для здоровья людей и окружающей среды. Следовательно, не всякое поступление ЭХВ в почву рассматривается как опасное загрязнение. Этот подход не препятствует широкой химизации народного хозяйства в любом регионе страны, при условии соблюдения системы гигиенических регламентов, основанных на ПДК ЭХВ в почве, которые гарантируют охрану здоровья населения и почвы от опасного загрязнения.

Предлагаемое определение ПДК соответствует приведенному критерию вредности. Под ПДК ЭХВ в почве следует подразумевать максимальное его количество (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного прямого или опосредованного через контактирующие с почвой среды воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения.

Второе положение теории нормирования ЭХВ в почве состоит в том, что при оценке безопасности поступления химических веществ в почву исходят из недопустимости превышения порога адаптационной возможности организма самых чувствительных групп

населения и порога экологической адаптационной (самоочищающей) способности почвы при изолированном, комплексном, комбинированном или сочетанном действии химических веществ на организм человека и окружающую среду (порог безопасного действия).

Под *порогом безопасного действия химических веществ*, поступающих в организм людей из почвы, подразумевается такое их действие (одномоментное, суточное, годовое, в течение всей жизни), которое не вызывает функциональных, биохимических, структурных изменений в организме выше границ, при превышении которых могут наступить сдвиги в организме, опасные для здоровья человека или его потомства.

Под *порогом вредного биологического воздействия нормируемого химического вещества* следует подразумевать такое его действие, при котором количественные физиологическое, биохимические или структурные изменения переходят в качественные, имеющие характер предпатологии.

Под *порогом экологической адаптационной возможности* (самоочищающей способности почвы) следует подразумевать такое действие нормируемого вещества на почву, при котором количественные изменения самоочищающей способности переходят в качественные, выражающиеся в нарушении времени и скорости процессов самоочищения, характерных для данного вида почвы в определенном климато-ландшафтном регионе.

Таким образом, в почве допускается такое содержание ЭХВ, которое гарантирует отсутствие отрицательного воздействия на здоровье населения как при прямом контакте человека с почвой (заглатывание и вдыхание почвенной пыли, поступление через кожу), так и опосредованно при миграции токсического вещества по одной или нескольким экологическим цепям (почва-растение-человек; почва-растение-животное-человек; почва-атмосферный воздух-человек; почва-вода-человек и др.) или суммарно по всем цепям, а также не нарушает процессов самоочищения почвы и не влияет на санитарные условия жизни.

Третьим положением теории гигиенического нормирования ЭХВ в почве является требование о проведении исследований в экстремальных почвенно-климатических условиях, способствующих максимальной миграции изучаемого химического вещества в контактирующие с почвой среды (вода, воздух, растение), а также обеспечивающих наиболее интенсивное воздействие ЭХВ на процессы самоочищения и почвенный микробиоценоз. Это положение обеспечивает значительный коэффициент гигиенической прочности разработанных для почвы ПДК.

Для создания экстремальных условий эксперимент следует проводить на таком типе почвы, который обладает максимальной фильтрующей, минимальной сорбционной и поглощательной способностью. Таким типом почвы является песчаная.

Соблюдение принципа экстремальности обеспечивается также проведением исследований при микроклиматических параметрах (температура, влажность, УФ-излучение и др.), способствующих максимальной миграции ЭХВ в контактирующие среды. Помимо почвенных и микроклиматических условий, для создания экстремальности необходимо использовать в эксперименте растения-концентраторы, максимально накапливающие изучаемое ЭХВ при наименьшем его содержании в почве. Такими растениями чаще всего могут быть для хлороорганических пестицидов и производных мочевины представители рода крестоцветных (редис Сакса), для фосфорорганических пестицидов и тяжелых металлов - злаковые (кукуруза, овес, пшеница). Из них выбирают одно растение, которое концентрирует изучаемое ЭХВ в наибольшей степени. Это растение носит название фитотеста (ФТ). На ФТ-растении и проводят основные исследования по установлению пороговой концентрации ЭХВ в почве, при которой в изучаемом растении-концентраторе будет накапливаться ЭХВ на уровне допустимых остаточных количеств для данного вида растения. Затем рассчитывают на весь суточный рацион пищевых продуктов растительного происхождения (0.9 кг/сутки), принимая условно, что в них может накапливаться столько же ЭХВ, сколько в растении-

концентрате при пороговой концентрации ЭХВ в почве. Этот расчет осуществляют для нахождения максимального количества ЭХВ, поступающего в организм человека в экстремальных условиях с пищевыми продуктами растительного происхождения. Затем сравнивают найденную величину с максимально допустимой дозой поступления данного ЭХВ в организм человека, которая не должна быть превышена. Экстремальные условия эксперимента создают значительный запас прочности при гигиеническом нормировании для конкретных (региональных) почвенно-климатических условий. Величина коэффициента запаса колеблется от 10 до 20.

Четвертым положением является требование о проведении всех исследований в стандартных и, следовательно, сопоставимых почвенных и микроклиматических условиях. Такие условия создаются при использовании единого, имитирующего, стандартного модельного почвенного эталона, основанного на постоянном гранулометрическом и физико-химическом составе песчаной почвы и единых микроклиматических параметрах.

Пятое положение - исследование проводят не в натуральных, а только в единых, сопоставимых экспериментальных условиях на лабораторных модельных установках.

Шестое положение - в ходе эксперимента должны быть проведены всесторонние исследования по выявлению наиболее узкого места в процессах миграции; детоксикации; влиянии на органолептические свойства, пищевую ценность выращиваемых растений; воздействия на организм подопытных животных и почвенный микробиоценоз нормируемого химического вещества; здоровье и санитарные условия населения. При этом определяют пороговые количества химического вещества по общесанитарному, миграционно-водному, миграционно-воздушному, органолептическому, фитоаккумуляционному (транслокационному), санитарно-токсикологическому показателям вредности. На основе пороговых количеств по каждому показателю выбирают лимитирующий показатель вредности, по которому устанавливается ПДК.

Седьмое положение - ПДК ЭХВ в почве является единой величиной для любых почвенно-климатических условий с коэффициентом запаса прочности гигиенического нормирования для региональных почвенно-климатических условий.

Восьмое положение - по найденной единой ПДК химического вещества в почве определяют региональную ПДК для условий конкретного почвенно-климатического региона. При расчете этой величины учитывают ведущие факторы, от которых зависят миграция, детоксикация, образование метаболитов ЭХВ в почве: температура и влажность почвы, содержание гумуса, рН, пористость, бактериальная обсемененность и пр. На основании исследований, проведенных на натуральных образцах почвы данного региона, находят коэффициенты, характеризующие воздействие этих факторов на процессы миграции и детоксикации ЭХВ. Значения поправочных коэффициентов используют с учетом найденной ПДК для расчета величин предельно допустимого уровня внесения (ПДУВ) и безопасного остаточного количества (БОК) изучаемого химического соединения для конкретных почвенно-климатических условий.

8.1 Нормирование химических веществ в почве

Оценка каждого показателя вредности производится определением пороговой концентрации химического вещества в почве по соответствующему показателю.

Органолептический показатель вредности характеризует изменения запаха, привкуса и пищевой ценности ФТ-растения, а также запаха атмосферного воздуха; вкуса, цвета и запаха воды, выявленных при экстремальных почвенно-климатических условиях. Под пороговой концентрацией органолептического показателя вредности понимается то максимальное количество химического вещества в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы), которое не оказывает воздействия на пищевую ценность и органолептические показатели пищевых продуктов растительного происхождения, воды и атмосферного воздуха, сформированных в тех же экстремальных условиях.

Общесанитарный показатель вредности характеризует процессы изменения биологической активности почвы и показателей самоочищения почвы от загрязнения органическими веществами. Пороговой концентрацией по этому показателю вредности является то максимальное количество химического вещества в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы), которое не вызывает на 5-7 сутки изменений общей численности почвенных микроорганизмов основных физиологических групп (спорообразующие бактерии, грибы, актиномицеты и др.) более чем на 50%, а также ферментативной активности почвы (инветазной, дегидрогеназной, нитрифицирующей и др.) более чем на 25% относительно аналогичных показателей контрольной пробы.

Фито-аккумуляционный (транслокационный) показатель вредности характеризует процесс миграции химического вещества из почвы в культурные растения, используемые в качестве продукта питания или фуража, и накопление его в фитомассе. Под пороговой концентрацией этого показателя вредности понимают то максимальное количество химического вещества в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы), при котором накопление вещества фитомассой товарных органов сельскохозяйственных растений к моменту сбора урожая не превысит установленных для продуктов питания допустимых остаточных количеств.

Миграционно-водный показатель вредности характеризует процессы миграции химического вещества в поверхностные и подземные воды. Пороговой концентрацией по этому показателю вредности является то максимальное количество в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы), при котором поступление химического вещества в грунтовые воды и водоисточники с поверхностным стоком не создает концентраций, превышающих ПДК в воде водоемов.

Миграционно-воздушный показатель вредности характеризует процессы поступления химического вещества из почвы в атмосферный воздух с почвенной пылью и путем испарения и соиспарения с водными парами и другими носителями. Под пороговой концентрацией по этому показателю вредности понимается то количество вещества в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы), при котором поступление соединения в атмосферный воздух не сопровождается превышением установленной среднесуточной ПДК.

Токсикологический показатель вредности характеризует эффект действия суммарного количества химического вещества при комплексном и сочетанном (почвенная пыль и ЭХВ) поступлении этого соединения из почвы в организм с водой, пищей, воздухом, через кожу, слизистые верхних дыхательных путей и полости рта. Под пороговой концентрацией по этому показателю вредности понимается такое количество химического вещества в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы), суммарное поступление которого в организм теплокровных (человека) при непосредственном контакте с почвой, по одному или нескольким путям миграции, не сопровождается отрицательным прямым или отдаленным воздействием на здоровье населения.

Исследования по этому показателю вредности проводят как для определения основных токсикологических характеристик химического соединения (ЛД₅₀, ЛД₁₀₀, МНД), так и для нахождения пороговой концентрации в почве по токсикологическому показателю вредности.

Тот из шести показателей вредности, который имеет наименьшую пороговую величину, избирают как лимитирующий показатель вредности. При нормировании по токсикологическому показателю за ПДК принимают подпороговые величины. Таким образом, ПДК устанавливают по тому признаку вредности, который характеризуется наименьшей пороговой или подпороговой (для токсикологического признака) величиной.

8.2 Выбор химических веществ для нормирования

Разработка ПДК для почв позволяет установить критерии для ограничения выбросов предприятий. Важнейшие задачи в этом отношении - установление предельно-

допустимых экологических нагрузок на регион (ПДЭН) и предельно-допустимых величин выбросов предприятий (ПДВ). Это требует особой системы исследований, так как надо учитывать физико-географические условия района, экологическую ситуацию, размещение населения, технологический уровень предприятий, климат и т.д. Единого ПДК для почв не должно быть - эти показатели будут сильно варьировать в зависимости от конкретной почвенно-экологической обстановки, в которой необходимо учитывать свойства почвы.

В первую очередь в почве должны нормироваться стойкие пестициды и их метаболиты, тяжелые металлы, нефтепродукты, сернистые соединения, минеральные удобрения и другие вещества, систематически поступающие в почву.

М.С. Соколов и Б.П. Стрекозов (1975) предложили методику оценки приоритетности нормирования пестицидов с использованием бальной шкалы, в которой показатели действия пестицидов (критерии нормирования) сгруппированы в две группы: экотоксикологические (1-5) и токсиколого-гигиенические (6-10). По баллам все пестициды были объединены в три группы (>21; 20-14 и <13).

Классы гигиенической опасности химических веществ, содержащихся в почве представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 - Классы гигиенической опасности веществ, содержащихся в почве

Показатели	Классы опасности		
	I	II	III
	высокоопасные	умеренно опасные	малосреднеопасные
Токсичность при пероральном введении (LD ₅₀ , мг/кг массы животного)	50-200	200-1000	>1000
Стабильность в почве, месяцы	12	12-6	<6
Миграция:			
в почве, см	60-41	40-21	20-0
в воздух	>ПДК	=ПДК	<ПДК
в воду	>ПДК	=ПДК	<ПДК
Переход в растения:			
наличие в растениях в течение месяцев	3	3-1	<1
влияние на пищевую ценность	влияет	влияет	не влияет
Влияние на санитарное состояние почвы	влияет	влияет	не влияет

В первую очередь необходимо нормировать соединения первой группы (особоопасные): гранозан, гептахлор, тиодан, цирам, метафос, линдан, фосфид цинка, карбатион, и др.

Для определения очередности нормирования ЭХВ в почве может быть использована классификация С.Я. Найштейна (1981) по степени их опасности.

Разработка ПДК загрязнителя для почвы - очень длительный, трудоемкий дорогостоящий процесс. Очевидно, поэтому из 182 пестицидов и некоторых их производных ПДК для почвы разработаны лишь для 64 (т.е. 25% соединений). Целесообразно нормировать для почвы не все соединения подряд, а в порядке их приоритета, т.е. начиная с наиболее опасных для биосферы. С учетом предложенных токсиколого-гигиенических и эколого-агрохимических критериев по суммарному оценочному баллу потенциальные загрязнители классифицируются на особо опасные, средне опасные и малоопасные (Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко). Необходимо разработать

ПДК в первую очередь для особо опасных и средне опасных веществ (табл. 8.2, 8.3). Для малоопасных соединений можно ограничиться ОДК - ориентировочно допустимыми концентрациями. В настоящее время ОДК почвы утверждены для 47 пестицидов (т.е. для 26% соединений). ОДК определяют по установленному нормативу - максимально допустимому уровню (т.е. МДУ содержания остатков пестицидов в продуктах урожая овощных или иных "накопительных" культур). При "нулевых" МДУ в качестве аргумента в уравнение включают относительную чувствительность метода анализа. Специально предусматривается коррекция на персистентность и образование высокотоксичных метаболитов.

Таблица 8.2 - ПДК некоторых загрязняющих веществ в почве (мг/кг воздушно-сухой почвы)

Загрязняющее вещество	ПДК	Загрязняющее вещество	ПДК
ДДТ	1.0	Бензпирен	0.02 (над фоном)
ГХЦГ	1.0	Бутилацетат	0.1
Линдан	1.0	Метанол	1.5
Полихлорпиринен	0.5	Метафос	0.008
Полихлоркамфен	0.5	Хлорофос	0.5
Севин	0.05	Карбофос	2.0
Прометрин	0.5	Хлорамин	0.005

В Европе приняты следующие ПДК элементов в почве (табл. 8.3).

Таблица 8.3 - Нормы ПДК, принятые в Европе

Загрязняющее вещество	ПДК	Загрязняющее вещество	ПДК
Мышьяк	20.0	Ртуть	2.0
Кадмий	3.0	Молибден	5.0
Кобальт	50.0	Никель	50.0
Хром	100.0	Свинец	100.0
Медь	100.0	Сурьма	5.0
Стронций	10.0	Ванадий	50.0
Олово	50.0	Цинк	300.0

По фитотоксичности (при равных концентрациях) тяжелые металлы располагаются в следующий ряд: Cd > Ni > Zn > Mn > Cu > Pb. Именно кадмий, никель и цинк в небольшой степени поступают в растения. Ртуть настолько прочно связана с компонентами почв, что даже при высоком содержании (50-100 мг/кг) не причиняет вреда растениям и не накапливается в них в токсичных концентрациях.

8.3 Соотношение между санитарно-гигиеническим и экологическим нормированием

Санитарно-гигиеническое нормирование - наиболее разработанная область регламентации техногенного загрязнения окружающей среды. В настоящее время оно используется в качестве нормативной базы для ограничения техногенных загрязнений не только окружающей среды населенных пунктов и промышленных площадок, но и природных сообществ.

Мы выяснили, что при разработке теоретических основ санитарно-гигиенического нормирования было принято положение, по которому человек признан наиболее чувствительным компонентом биоты. Следовательно, "если человек достаточно защищен, то, вероятно, и другие живые существа защищены". Однако это положение не имеет экспериментального обоснования. Более того, известны многочисленные факты,

свидетельствующие, что некоторые биологические виды чувствительнее к ряду токсикантов, чем человек (причем разница может превышать один порядок).

Другой общеизвестный аргумент - пренебрежение эффектами кумуляции и транслокации. Многолетнее загрязнение на уровне, не превышающем в каждый из моментов времени установленных ПДК, может приводить к накоплению токсикантов в концентрациях, описанных для биоты.

Следующий аргумент касается формы нахождения токсикантов в природных средах. Некорректность того, что "методология токсикометрического нормирования воздействия химически чистых, существующих в условиях производств веществ перенесена на разработку нормативов чистоты природных сред", неоднократно отмечалась многими авторами. В природных средах неизбежно теряется химическая определенность форм нахождения токсикантов. ПДК разработаны для одних форм, действуют на организмы другие формы (причем в смеси со многими ингредиентами выбросов). Так, ПДК тяжелых металлов для воды получены для валовых форм, тогда как токсичны только аква-ионы (и не токсичны металлы, связанные с высокомолекулярными органическими соединениями). Поэтому при одном и том же уровне валового загрязнения наблюдается разная токсичность для гидробионтов.

Аналогична ситуация для почв: в экспериментах по определению ПДК вносят водорастворимые формы металлов, а эффекты соотносятся с валовым содержанием, которое и принимается за дозу. В результате все ПДК для почвы многократно занижены и близки к природному фоновому уровню (например, ПДК по Pb - 20 мг/кг, тогда как вариации фона - 15-50 мг/кг).

Следующий аргумент - отсутствие дифференциации нормативов по природно-климатическим зонам. Особенно ярко это проявилось для почвы: ПДК получены для наименее устойчивого типа (дерново-подзолистой) и без корректив экстраполированы на огромную территорию для всех типов почв.

Таким образом, необходимо признать, что некорректно расширять область применения санитарно-гигиенического нормирования для регламентации техногенных нагрузок на экосистемы. Это определяет потребность в разработке экологического нормирования.

8.4 Концепции экологического нормирования техногенных нагрузок на почву

Проблемы регламентации содержания поллютантов в почве рассматривались многими авторами. Указывая на недостатки системы гигиенического нормирования (а для почвы оно было в наибольшей степени "экологичным"), авторы "продвигали" его в сторону большей "экологичности". Это позволяет обоснованно относить критику гигиенического подхода к развитию экологического нормирования.

По М.А. Глазвской (1978, 1984), критериями для нормирования токсикантов в почве являются первичная продуктивность (определяется почвенным плодородием), содержание в растениях токсикантов (не должно превышать действующих ПДК), сохранение почвенной биоты. Другими словами, нормирование нагрузок должно обеспечивать сохранение почвы как природного тела и объекта сельскохозяйственного использования.

П.В. Елпатьевский (1982) отмечает, что допустимая нагрузка - это граница количественных изменений, после которых экосистема переходит в новое качество, когда начинается деградация основных компонентов. Нормирование нагрузки на почву должно быть направлено на сохранение ее как природного тела. При этом критическим процессом оказывается гумификация. Автор указывает, что при разработке предельных нагрузок необходимо учитывать результирующие (интегральные) показатели биологической активности почвы. Разработка ПДК должна базироваться не на валовом содержании токсикантов, а на том количестве, которое характеризует их биогеохимическую активность.

Неоднократно высказывалось мнение, что не может существовать единых ПДК для всех типов почв - именно такая ситуация имеет место в гигиеническом нормировании.

В работе Н.Г. Зырина с соавторами (1985) в качестве необходимых для нормирования параметров указываются величина и качество урожая, реакция почвенных микроорганизмов (в основном азотфиксирующих). Принимается, что действие токсикантов является отрицательным, если оно достоверно снижает урожай на 5-10 %.

По И.Г. Важенину (1982, 1983), цель нормирования для почвы - сохранение почвенного биоценоза и абиотических свойств, что обеспечивает сохранение почвы как объекта хозяйственного использования. Основой для разработки нормативов служит оценка самоочищающей способности почвы, под которой понимается сохранение свойств при загрязнении путем перевода токсикантов в неактивное состояние. Самоочищающая способность определяется плодородием, разнообразием и интенсивностью функционирования биоценоза почвы; ее количественная характеристика коррелирует с бонитетом. Слежение за самоочищающей способностью можно осуществить с помощью определения подвижной формы токсиканта. Из параметров биоценоза необходимо измерять общую численность микроорганизмов, почвенное дыхание, нитрификацию, целлюлозо- и гумусоразлагающую способность, ферментативную активность почвы.

Проблема нормирования тяжелых металлов в почве подробно рассмотрена В.Б. Ильиным (1985, 1986, 1991), который отметил значительную близость подходов разных авторов к нормированию. Это касается прежде всего признания необходимости сохранения почвы как природного тела. Второй общий момент заключается в выборе в качестве наиболее адекватного индикатора состояния почвы функционирования биоты и в первую очередь - микробиоценоза. Третий момент - сохранение свойств почвы - означает и сохранение ее плодородия.

По В.Б. Ильину (1986), необходимо четко различать предельные концентрации для почвы и ПДК в почве для чего-то другого, например для растений. При нормировании необходимо учитывать следующие моменты:

- 1). функциональную многозначность почвы;
- 2). наличие в почве и растениях механизмов защиты от избытка токсичных потоков;
- 3). повышенную защищенность от токсикантов органов запасаения продуктов ассимиляции (семена, плоды, корнеплоды);
- 4). более быструю реакцию на нагрузку микроорганизмов по сравнению с параметрами органо-минерального субстрата;
- 5). большую информативность подвижной формы токсиканта по сравнению с валовой (В.Б. Ильин, 1991).

Нормативы должны исходить из полифункциональности почвы. При этом выделяются три главные функции: почва - компонент биогеоценоза, средство и объект сельскохозяйственного использования, среда обитания для человека. Для защиты каждой из этих функций должны быть свои нормативы.

В.Б. Ильин последовательно проводит принцип "вариантности" нормативов: необходима разработка нормативов для нативных свойств незагрязненных почв; нормативов для загрязненных почв, но позволяющих выращивать гигиенически пригодную продукцию; нормативов для почв, на которых возможно выращивать только технические культуры, и т.д.

Среди других подходов к проблеме укажем следующие. В качестве предельных концентраций тяжелых металлов предлагалось принимать концентрацию, не превышающую двух кларков (В.П. Цемко и др., 1980, цит. по: В.Б. Ильин, 1991), либо удвоенного местного фонового содержания (Э.П. Маханько и др., 1987, цит. по В.Б. Ильин, 1991). Такие концентрации оказываются в пределах естественных флуктуаций. К этому близко определение предельных концентраций как максимальных, регистрируемых в незагрязненных почвах определенной геохимической ассоциации (Обухов, Ефремова, 1988, цит. по: В.Б. Ильин, 1991). Другой вариант: допустимым считается 5 или 10%

насыщение почвенного поглощающего комплекса тяжелыми металлами (В.Б. Ильин, 1991).

В экологическом нормировании выделяют два существенно различных подхода. Первый сохраняет основные черты методологии гигиенического нормирования, а именно: 1) предельные нагрузки устанавливаются для отдельных веществ (либо для смесей, но с известным соотношением компонентов); 2) лабораторные эксперименты - основа для получения нормативов; 3) используются параметры организменного, а не экосистемного уровня. По сути, такой подход означает полное ассимилирование схемы гигиенического нормирования с той лишь разницей, что объектом выступает не человек, а другие биологические виды. Это тупиковый путь для экологического нормирования. Причины этого заключаются в следующем.

1. Выбросы чаще всего многокомпонентны, что в конкретной ситуации не позволяет оперировать нормативами для отдельных веществ либо их смесей. Реально можно анализировать ситуации для трех-четырех компонентов смеси, тогда как обычно их число не менее чем на порядок больше.

2. Формы нахождения токсикантов в природе могут отличаться от форм, которые использовались в экспериментах и для которых создавались нормативы.

3. В лабораторных экспериментах - обычно краткосрочных - не учитываются адаптационные процессы и тем более популяционные и биоценоотические эффекты, которые могут играть ключевую роль в определении судьбы компонентов экосистем.

4. Нахождение предельных нагрузок для отдельных видов, пусть даже "ключевых" или наиболее чувствительных, слишком долгий путь для определения нормативов для экосистемы в целом (т.е. по экосистемным параметрам). Он требует наличия модели, в которой аргументом для экосистемных параметров выступает численность всех основных видов (что само по себе - сложная задача), и определения предельных нагрузок для этих видов.

8.5 Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами

Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами устанавливает правила расчета платы за возмещение ущерба, причиненного загрязнением земель (почв) химическими веществами, включая загрязнение земель несанкционированными свалками промышленных, бытовых и других отходов, и распространяется на любые земли, независимо от их местоположения и форм собственности и подлежит применению органами Минприроды России, Роскомзема и Госкомсанэпиднадзора.

Площади, глубина загрязнения земель и концентрация химических веществ определяются на основании материалов по обследованию земель и лабораторных анализов, проведенных на основании соответствующих нормативных и методических документов, утвержденных или рекомендованных для применения Минприроды России и Роскомземом.

Ущерб от загрязнения определяется:

- при произведенном загрязнении земель (выбросами и сбросами загрязняющих веществ) - на основе данных обследований земель и лабораторных анализов по сравнению с данными предыдущих обследований и анализов;

- при нарушении технологий и регламентов применения пестицидов и других агрохимикатов, несоблюдении природоохранных требований при их хранении, транспортировке и проведении погрузочно-разгрузочных работ, загрязнении земель при авариях, залповых сбросах и выбросах - на основе данных обследования земель и лабораторных анализов;

- при захлавлении земель несанкционированными свалками отходов - на основе данных об объеме (массе) отходов и степени их опасности.

Лабораторные анализы проводятся в химических лабораториях специализированных инспекций аналитического контроля территориальных природоохранных органов системы Минприроды России и других аккредитованных химических лабораториях. В случае загрязнения земель полевые обследования и лабораторные анализы проводятся за счет виновных в загрязнении земель.

Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. В случае невозможности оценить указанные затраты, размер ущерба от загрязнения земель рассчитывается по следующей формуле (8.2):

$$П = \sum_{i=1}^n S \cdot H_c \cdot S_{(i)} \cdot K_g \cdot K_{z(i)} \cdot K_{\text{э}(i)} \cdot K_z \quad (8.2)$$

P - размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими (от 1 до n) химическими веществами (руб.);

H_c - норматив стоимости сельскохозяйственных земель (руб./га);

K_g - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель;

$S_{(i)}$ - площадь земель, загрязненных химическим веществом i -го вида;

$K_{z(i)}$ - коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом i -го вида;

$K_{\text{э}(i)}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

K_z - коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель.

Степень загрязнения земель характеризуется пятью уровнями: допустимым (1 уровень), слабым (2), средним (3), сильным (4) и очень сильным (5). Под допустимым уровнем загрязнения понимается содержание в почве химических веществ, не превышающее их предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). При допустимом уровне загрязнения коэффициент K_z приравнивается к 0, тогда $P=0$, следовательно плата не взимается.

Загрязненные почвы на урбанизированных территориях опасны прежде всего как источник поступления ТМ в организм человека путем вторичного загрязнения приземного слоя воздуха пылью. Однако предельно допустимые концентрации ТМ в почве, определенные по их транслокации в воздух, еще не разработаны.

Размеры ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов определяются по формуле (8.3):

$$П = \sum_{i=1}^n S \cdot H_{П(i)} \cdot M_{(i)} \cdot K_g \cdot K_{\text{э}(i)} \cdot 5 \quad (8.3)$$

$H_{П}$ - норматив платы за захламление земель 1 тонной (м^3) отходов i -го вида (руб.). Класс опасности токсичных отходов определяется согласно "Временному классификатору токсичных промышленных отходов и Методическим указаниям по определению класса опасности токсичных промышленных отходов";

$M_{(i)}$ - масса (объем) отхода i -го вида (т, куб.м);

K_g - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель;

$K_{\text{э}(i)}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (табл. 8.4 - 8.6);

5 - повышающий коэффициент за загрязнение земель отходами несанкционированных свалок;

Таблица 8.4 - Коэффициенты K_z для расчета размеров ущерба в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	K_z
---------------------	----------------------------	-------

1	Допустимая	0
2	Слабая	0.3
3	Средняя	0.6
4	Сильная	1.5
5	Очень сильная	2.0

Таблица 8.5 - Коэффициенты K_z для расчета ущерба в зависимости от глубины загрязнения земель

Глубина загрязнения земель, см	K_z
0-20	1.0
0-50	1.3
0-100	1.5
0-150	1.7
0- более 150	2.0

Таблица 8.6 - Оценка степени загрязнения земель химическими веществами по суммарному показателю загрязнения Z_c

Значение показателя Z_c	Степень загрязнения земель	Коэффициент K_z
<2	Допустимая	0
2-8	Слабая	0.3
8-32	Средняя	0.6
32-64	Сильная	1.5
>64	Очень сильная	2.0

Глава 9. Экологический мониторинг в республике Татарстан

9.1 Мониторинг атмосферного воздуха

Систематические наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводятся в трех крупнейших городах республики (Казань, Набережные Челны, Нижнекамск) на 22 пунктах по 28 показателям.

В трех городах республики с населением более 100 тыс. человек (Альметьевск, Бугульма, Зеленодольск) проводятся экспедиционные обследования состояния загрязнения атмосферы.

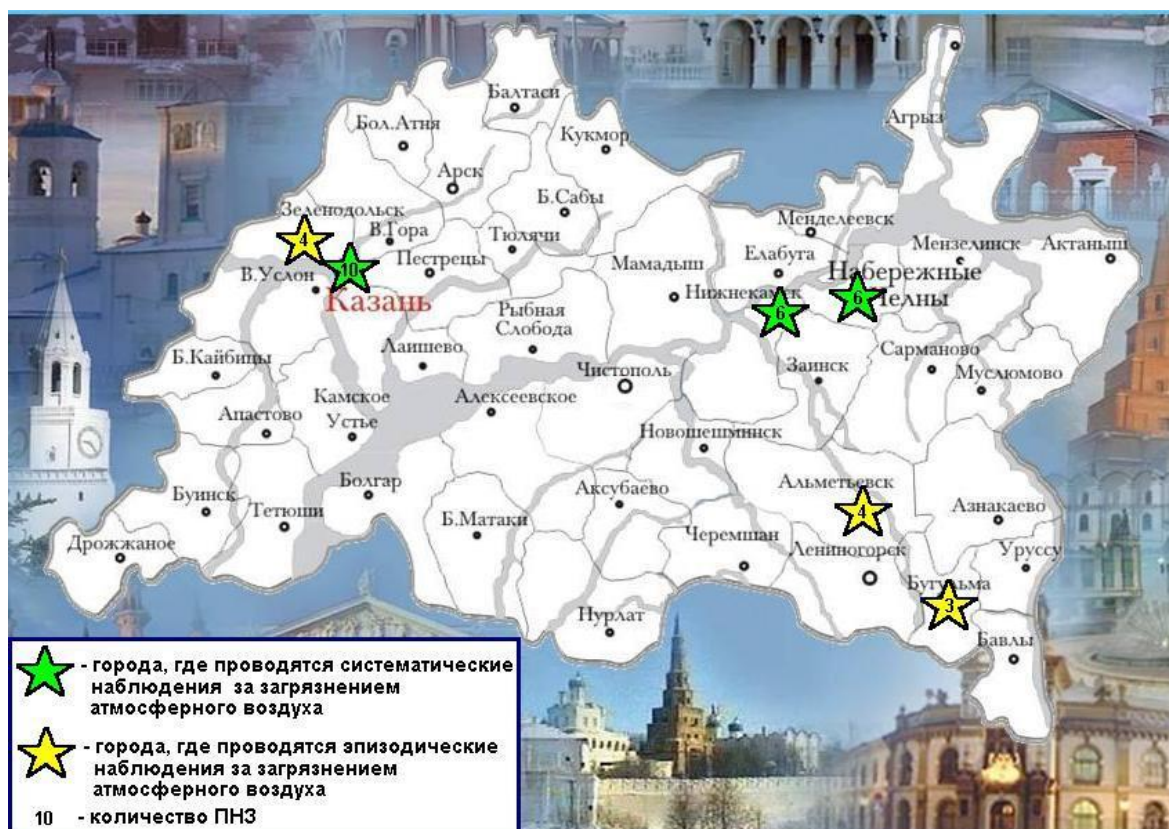


Рис. 9.1 - Мониторинг атмосферного воздуха республики Татарстан

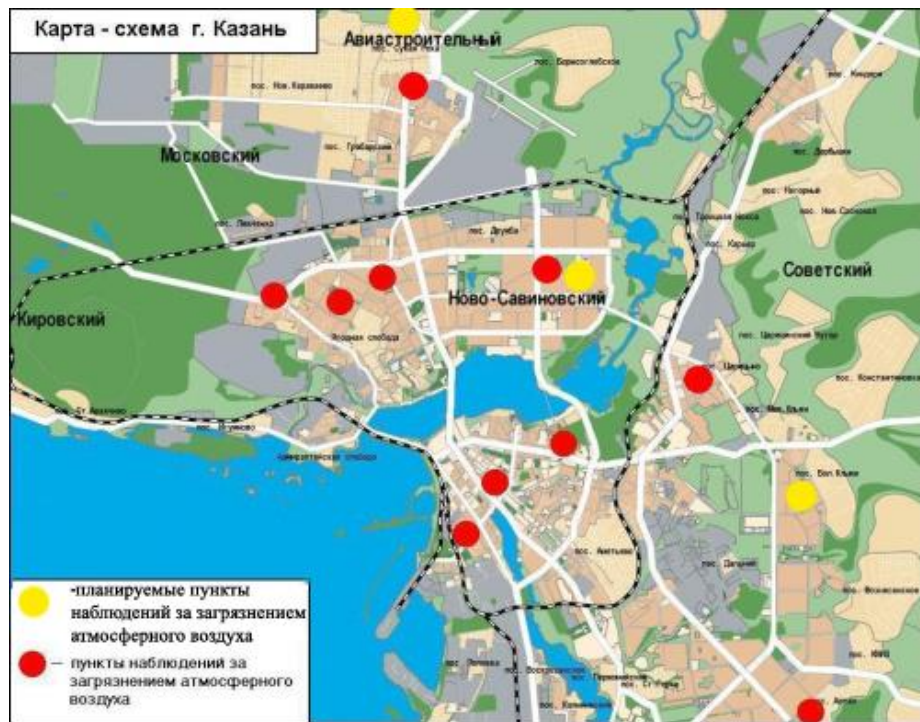
Пункты отбора проб воздуха расположены в жилых районах, вблизи автомагистралей и крупных промышленных объектов (пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и его загрязнением показаны на карте-схеме).

Для получения сведений о концентрациях загрязняющих веществ щелкните по красному кружку на карте.

Пункты наблюдений расположены по следующим адресам.

г. Казань

- ПНЗ № 3 ул. Правобулачная, 51
- ПНЗ № 4 Горьковское шоссе, 2
- ПНЗ № 5 ул. Татарстан, 72
- ПНЗ № 6 ул. Степана Халтурина, 10
- ПНЗ № 7 ул. Декабристов, 183
- ПНЗ № 8 санаторий “Казанский”
- ПНЗ № 9 пересечение улиц Побежимова и Ленинградской
- ПНЗ № 10 пересечение улиц 8 Марта и Кирпичникова
- ПНЗ № 11 пересечение улиц Амирхана и Лаврентьева
- ПНЗ № 15 ул. Дубравная.



г. Набережные Челны

- ПНЗ № 1 стадион “Строитель”
- ПНЗ № 2 ДК “КамАЗ”;
- ПНЗ № 16 п. Сидоровка
- ПНЗ № 17 52 комплекс
- ПНЗ № 18 32 микрорайон
- ПНЗ № 19 п. Зяб



г. Нижнекамск

- ПНЗ № 1 пересечение ул. Химиков и Строителей
- ПНЗ № 20 ПАТП
- ПНЗ № 21 пересечении улиц Химиков и Южная
- ПНЗ № 22 Городской парк
- ПНЗ № 23 Детская городская больница
- ПНЗ № 24 ул. Гагарина



9.2 Мониторинг поверхностных вод

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод по гидрохимическим показателям на территории Татарстана проводятся на 19 водных объектах (37 створов; общее количество точек отбора 42) по 39 показателям: Куйбышевском водохранилище (в районе городов Казань, Набережные Челны, Нижнекамск, н.п. Колзловка), Нижнекамском водохранилище (с.Красный Бор), реках. Берсут (с.Урманчеево), Меша (с.Пестрецы), Кубня (с.Чутеево), Вятка (устье), Казанка (г.Казань), Свяга (г.Буинск), Карла (устье), Степной Зай (в районе городов Альметьевск, Лениногорск, Заинск), Бугульминский Зай (г.Бугульма), Иж (с.Яган), Мензеля (д. Шарлиарема), Шошма (н.п.Лызи), М.Черемшан (с. Приозерное), Сюнь (н.п. Миньярово), Тойма (г. Менделеевск), Ик (н.п.Уруссу), Шешма (с. Новотроицкое).

Гидробиологические наблюдения (по зоопланктону, зообентосу и фитопланктону) проводятся на 5 водных объектах в 9 пунктах (16 створах):

Куйбышевском водохранилище (в районе городов Казань, Набережные Челны, Нижнекамск), реках Вятка (устье), Казанка (г. Казань), Степной Зай (в районе городов Альметьевск, Лениногорск, Заинск), Бугульминский Зай (г. Бугульма).

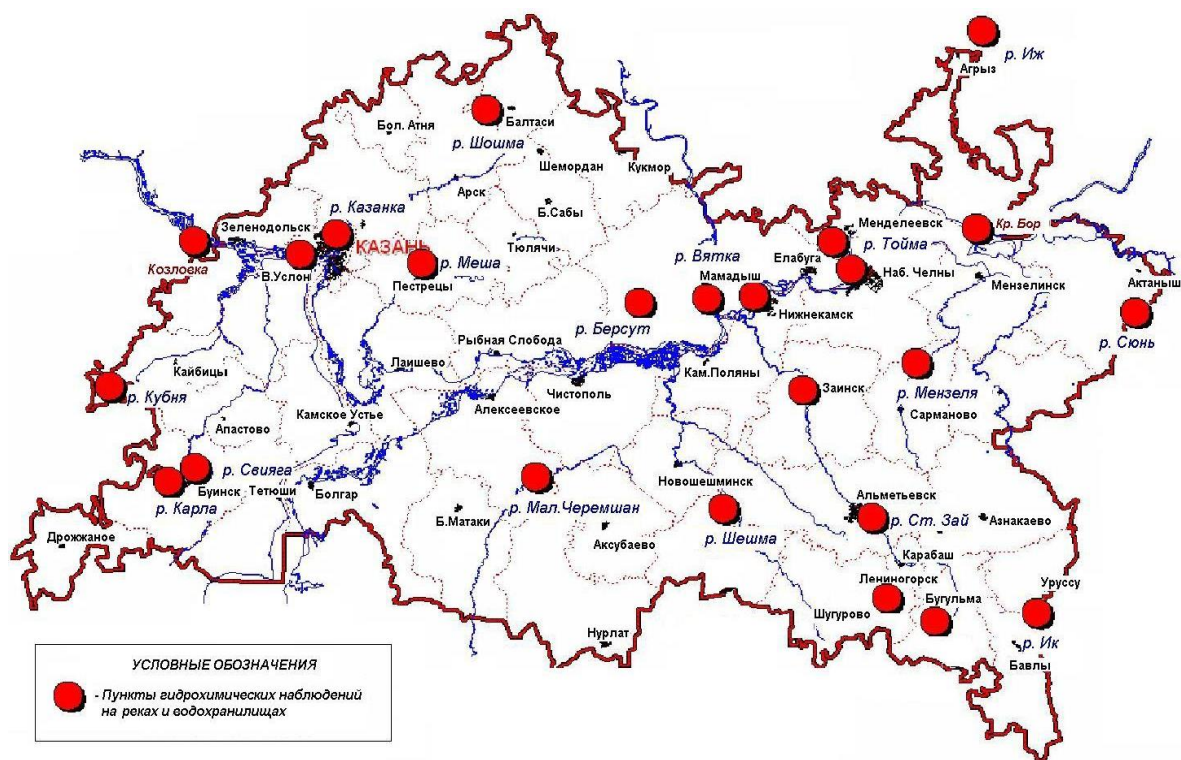


Рис. 9. – Схема расположения пунктов гидрохимических наблюдений на территории республики Татарстан

Государственная сеть гидрологических наблюдений

Государственная сеть гидрологических наблюдений на территории Республики Татарстан представлена 33 водомерными постами, из которых 21 являются речными (стоковыми) и 12 озерными (уровенными). Посты равномерно расположены по основным бассейнам крупных рек Волги и Камы (табл. 9.1, 9.2).

Таблица 9.1
Речные (стоковые) посты бассейна р. Волга

№п/п	Название реки	Название населенного пункта	Район Республики Татарстан	Дата открытия
1	Тойма	с. Пospelово	Елабужский	1999
2	Зай	р.п. Акташ	Альметьевский	2004
3	Анзирка	с. Яковлево	Елабужский	1962
4	Свияга	г. Буинск	Буинский	2000
5	Карла	д. Тиньгаш	Буинский	1976
6	Улема	д. Алабердино	Тетюшский	1999
7	Шешма	с. Слобода Петропавловская	Новошешминский	1934
8	Кичуй	с. Утяшкино	Новошешминский	1932
9	Берсут	д. Урманчеево	Мамадышский	1935
10	Меша	с. Пестрецы	Пестречинский	1959
11	Актай	с. Караваево	Алексеевский	1935
12	М. Черемшан	с. Приозерное	Алексеевский	1940
13	Кубня	д. Чутеево	Кайбицкий	1946
14	Казанка	п.г.т. Арск	Арский	1934

Таблица 9.2
Речные (стоковые) посты бассейна р. Кама

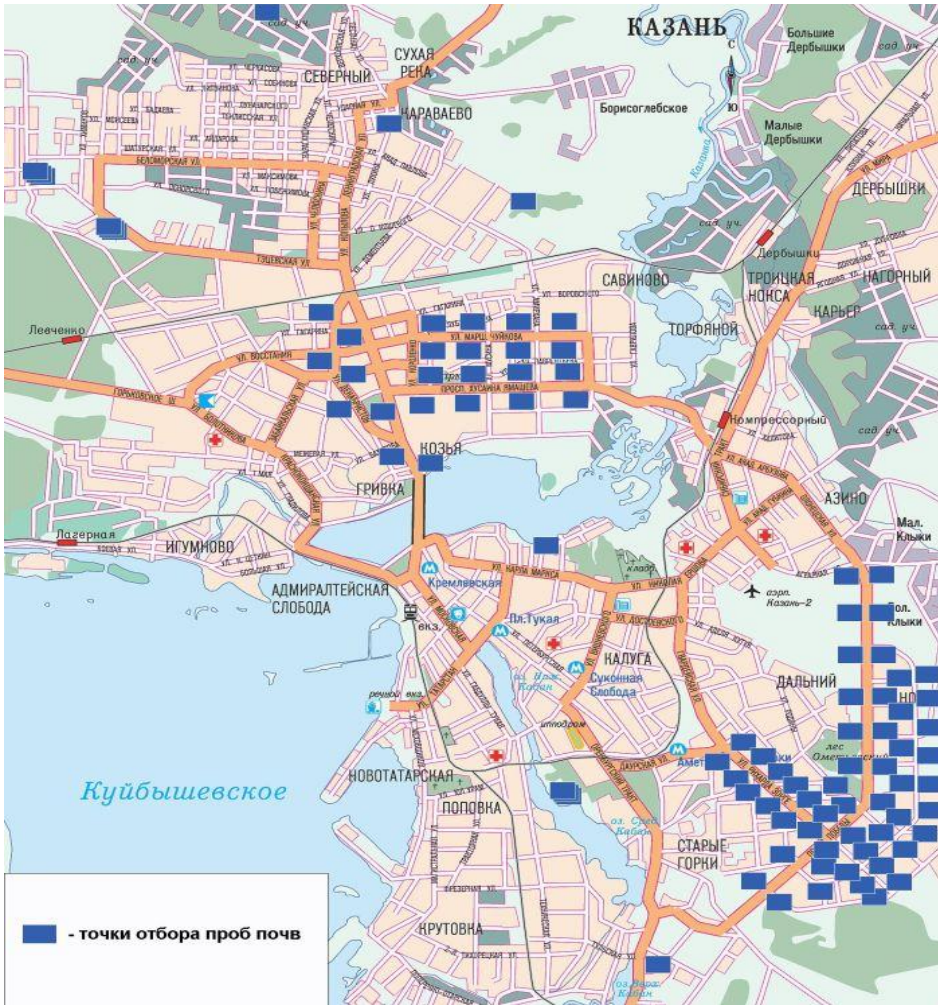
№п/п	Название реки	Название населенного пункта	Район Республики Татарстан	Дата открытия
1	Сюнь	д. Миннярово	Актанышский	1941
2	Дымка	д. Татарская Дымская	Бугульминский	1948
3	Меля	с. Михайловка	Муслюмовский	1962
4	Нурминка	г. Кукмор	Кукморский	1940
5	Шошма	с. Большие Лызи	Балтасинский	1977
6	Мензеля	д. Шарлиарема	Сармановский	2008
7	Иж	с. Яган	Малонургинский район Удмуртия	2007

Таблица 9.3
Озерные (уровенные) посты

№п/п	Название водотока – название поста	Район Республики Татарстан	Дата открытия
1	ВДХР Нижнекамское – г. Красный Бор	Агрызский	1979
2	ВДХР Нижнекамское – г. Менделеевск	Менделеевский	1978
3	ВДХР Нижнекамское – с. Ижевка	Менделеевский	1979
4	ВДХР Нижнекамское – г. Набережные Челны	Тукаевский	1970
5	ВДХР Куйбышевское – с. Верхний Услон	Верхнеуслонский	1876
6	ВДХР Куйбышевское – с. Соколка	Мамадышский	1877
7	ВДХР Куйбышевское – г. Чистополь	Чистопольский	1876
8	ВДХР Куйбышевское – с. Ташкирмень	Лаишевский	1963
9	ВДХР Куйбышевское – с. Кирельское	Камско-Устьинский	1957
10	ВДХР Куйбышевское – с. Тетюши	Тетюшский	1876
11	ВДХР Куйбышевское – г. Козловка	Респ-ка Чувашия	1901
12	ВДХР Куйбышевское – г. Елабуга	Елабужский	1978

9.3 Мониторинг почв

Наблюдения за загрязнением почв проводятся в г. Казань в 3 пунктах многолетних наблюдений (ПМН), расположенных в зоне влияния источников постоянного загрязнения на 15 участках многолетних наблюдений (УМН), а также в районе крупных автодорог, расположенных в густонаселенных жилых городских массивах (в 2009 г. отобраны пробы по ул. Р. Зорге, Ю. Фучика, просп. Победы); г. Нижнекамск (1 ПМН: 6 УМН) и г. Набережные Челны (1 ПМН: 6 УМН).



КАРТА Г.НИЖНЕКАМСКА



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гимадеев М.М., Латыпова В.З., Габайдуллин А.Г.* Словарь химика-эколога. Казань, 1995.
2. *Гимадеев М.М., Ермаков В.В.* Словарь терминов по охране природы. Казань, Таткнигиздат, 1991.
3. *Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В.* Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1983.
4. Закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды» № 2060-1 от 19.12.91. (с изм. и доп. от 21.02.92. №2397-1, 02.06.93., № 5076-1).
5. *Серов Г.П.* Основы экологической безопасности. М.: Изд-во МНЭПУ, 1993.
6. Рыбальский Н.Г. и др. Справочник «Экология и безопасность». М.: ВНИИПИ, 1993.
7. Обзор фоновое состояние окружающей природной среды на территории стран СНГ за 1998 год и его динамика за последние десять лет. С.-П.: Гидрометеиздат, 1999 г.
8. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 г. Госкомитет РФ по охране окружающей среды. М.: Государственный центр экологических программ, 2000. 498 с.
9. Постановление Правительства РФ «О создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)» № 1229 от 24.11.1993.
10. *Безуглая Э.Ю.* Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л., Гидрометеиздат, 1986. 200 с.
11. *Горелик Д.О., Конопелько Л.А.* Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. Аэро-аналитические измерения. М.: Изд-во стандартов, 1992. 432 с.
12. *Подосенова Е.В.* Технические средства защиты окружающей среды. М.: Машиностроение, 1980. 142 с.
13. *Мазур И.И., Молдаванов О.И.* Курс инженерной экологии. М.: Высшая школа, 1999. 446 с.
14. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога. Под ред. А.Ф. Порядина/ НУМЦ Минприроды России, Издательский Дом «Прибой». М.: 1996. 350 с.
15. *Безуглая Э.Ю.* Особенности загрязнения воздуха городов и роль метеорологических факторов //Проблемы контроля и обеспечения чистоты атмосферы. Л.:Гидрометеиздат, 1975, С.14-20.
16. *Безуглая Э.Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов.Л.: Гидрометеиздат, 1980, 184 с.
17. *Туманова Л.А.* Автоматизированные системы контроля качества окружающей среды: Аналит. Обзор. М.: Изд-во СП Интерквадро, 1989.
18. *Перегуд Е.А., Горелик Д.О.* Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы. Л.:Химия, 1981.
19. Автоматический газоанализатор 667 ФФ-01 // Номенклатурный каталог: Технические средства контроля загрязнения окружающей среды. М.: ЦНИИТЭИприборостроение, 1984.
20. Газоанализатор 667 ФФ-01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации// Ра 2.840.137 ТО. 81 с.
21. Автоматический газоанализатор 645 ХЛ-01 // Номенклатурный каталог: Технические средства контроля загрязнения окружающей среды. М.: ЦНИИТЭИприборостроение, 1984.
22. Газоанализатор 645 ХЛ-01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации// Ра 2.840.138 ТО. 58 с.
23. Газоанализатор ГИАМ-1 // Номенклатурный каталог: Приборы для определения состава и свойств газов, жидкостей, твердых и сыпучих веществ. М.: ЦНИИТЭИприборостроение, 1984.

24. Газоанализатор 667 ГИАМ-01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации// Ра 2.840.035 ТО. 93 с.
25. Газоанализатор 623 ИН-02 // Номенклатурный каталог: Приборы для определения состава и свойств газов, жидкостей, твердых и сыпучих веществ. М.: ЦНИИТЭИприборостроение, 1984.
26. Газоанализатор 623 ИН-02. Техническое описание и инструкция по эксплуатации// Ра 2.840.239 ТО. 69 с.
27. Загрязнение воздуха и жизнь растений,/ Под ред. М. Трешоу. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
28. *Артемов В.М.* и др. Дистанционный мониторинг загрязнения природной среды. М.: Гидрометеиздат, 1987.
29. *Назаров И.И., Николаев А.Н., Фридман Ш.Д.* Основы дистанционных методов мониторинга загрязнения природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1983, 280 с.
30. *Примак А.В., Щербань А.Н., Сорока А.С.* Автоматизированные системы защиты воздушного бассейна от загрязнений. Киев: Техника, 1988, 240 с.
31. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы *ГН*. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. 2.1.6.695-98. Гигиенические нормативы *ГН* 2.1.6.696-98. М.: Минздрав России, 1998. 201 с.
32. ГОСТ 17,2,6,01 – 86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. М.: 1987.

Приложение 1

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (из ГН 2.1.6.695-98)

№ п/п	Вещество	Класс опасности	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³
1	Пыль	3	0,5	0,15
2	Диоксид серы	3	0,5	0,05
3	Оксид углерода	4	5	3
4	Диоксид азота	2	0,085	0,04
5	Оксид азота	3	0,4	0,06
6	Диоксид серы	3	0,5	0,05
7	Сероводород	2	0,008	-
8	Сероуглерод	2	0,03	0,005
9	Фенол	3	0,01	0,003
10	Фториды твердые	2	0,03	0,01
11	Фтороводород	2	0,02	0,005
12	Хлор	2	0,10	0,03
13	Хлороводород	3	0,2	0,1
14	Аммиак	4	0,2	0,04
15	Серная кислота	2	0,3	0,1
16	Азотная кислота	2	0,4	0,15
17	Уксусная кислота	3	0,2	0,06
18	Формальдегид	2	0,35	0,003
19	Ацетон	4	0,35	-
20	Бензол	2	0,3	0,1
21	Ксилол	3	0,2	-
22	Толуол	3	0,6	-
23	Крезол	2	0,005	0,005
24	Этил бензол	3	0,02	
25	Бенз(а)пирен	1	-	1·10 ⁻⁶
26	Метилмеркаптан	4	0,0001	
27	Ртуть металл.	1	-	0,0003
28	Свинец и его соединения	1	0,001	0,0003

Приложение 2

Перечень действующих законодательных актов, стандартов в области охраны природы (атмосферного воздуха)

Законы

- Закон РФ «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.91 г. (Закон РТ от 12.02.97 г.);
- Постановление Правительства РФ № 1229 от 24.11.93 г. «О создании единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)» (Постановление КМ РТ № 74 от 24.02.94);
- Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.99 г.;
- Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ред. от 19.06.95 N 89 - ФЗ);

Постановления Правительства

- О нормативах предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и вредных физических воздействий на нее. 16.12.81 N 1180.
- Об утверждении Положения о государственном учете вредных воздействий на атмосферный воздух. 12.08.82, N 746 (ред. от 17.10.87, N 1174).
- Об утверждении порядка разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов. 03.08.92, N 545.
- Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия. 28.08.92 N 632 (изм. от 27.12.94, N 1428).
- Об утверждении Положения о государственной экологической экспертизе. 22.09.93 N 942 (изм. от 11.06.96, N 698).
- О специально уполномоченных государственных органах Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды. 22.09.93, N 943.
- Об утверждении Положения о Государственной санитарно-эпидемиологической службе Российской Федерации и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании. 05.06.94, N 625.

Международные соглашения

- Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Женева, 13.11.79, N 4005, ратиф. 29.04.80.
- Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов. Вашингтон, Лондон, Мехико, Москва, 29.12.72, N 2594, ратиф. 15.12.75 (СССР).
- Конвенция о запрещении военного или иного враждебного использования средств воздействия на природную среду. Женева, 18.05.77, N 2692, ратиф. 16.05.78 (През. Верх. Сов. СССР).
- Венская конвенция об охране озонового слоя. Вена, 1985, ратиф. 18.06.86.

Нормативно-технические документы

- РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы, 1991 г.;
- ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеиздат, 1987 г.

Госты

- «Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу»;

- “Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения”;
- “Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения”;
- “Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные, дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения”;
- “Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов”;
- “Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями”;
- “Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ”;
- “Санитарные правила по охране атмосферного воздуха населенных мест, № 4946-89”.

Перечень нормативных документов в области мониторинга природных вод

- ГОСТ 17403-72. Гидрохимия. Основные понятия. Термины и определения
- ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сухого остатка
- ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора
- ГОСТ 18293-72. Вода питьевая. Методы определения содержания свинца, цинка, серебра
- ГОСТ 4388-72. Вода питьевая. Методы определения содержания меди (Изменение № 1-03.85.)
- ГОСТ 4389-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов
- ГОСТ 4974-72. Вода питьевая. Методы определения содержания марганца
- ГОСТ 4011 -72. Вода питьевая. Методы определения общего железа (Изменение №1-11.81.)
- ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Методы измерения общей жесткости (Изменение № 1-11.88.)
- ГОСТ 18301-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного озона
- ГОСТ 18308-72. Вода питьевая. Методы определения содержания молибдена.
- ГОСТ 18309-72. Вода питьевая. Методы определения содержания полифосфатов
- ГОСТ 4245-72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов
- ГОСТ 18963-73. Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа. (Изменения №1-10.82., №2-02.85.)
- ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения
- ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения
- ГОСТ 18826-73. Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов
- ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности, мутности. (Изменение №1-05.85.)
- ГОСТ 13.3.006-75 СОБТ. Эксплуатация водопроводных и канализационных сооружений и сетей. Общие требования безопасности
- ГОСТ 17.1.3.01-76. Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны водных объектов при лесосплаве. (Изменение №1-11.87)
- ГОСТ 17.0.0.01-76. (СТ СЭВ 1364-78). Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения. (Изменения №1-07.79., №2-12.87.)
- ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
- ГОСТ 17.1.1.01-77. (СТ СЭВ 3544-82). Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. (Изменения № 1-08.83., № 2-01.87.)
- ГОСТ 17.1.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. (Изменение № 1-04.88.)
- ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов
- ГОСТ 17.1.3.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны вод от загрязнения при бурении и освоении морских скважин на нефть и газ
- ГОСТ 17.1.3.03-77. Заменен на ГОСТ 2761-84
- ГОСТ 1.6.1.6-79. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля состояния водных объектов суши
- ГОСТ 1.6.1.8-79. Охрана природы. Гидросфера. Форма паспорта водного объекта

- ГОСТ 17.0.0.02-79. Охрана природы. Метрологическое обеспечение контроля загрязненности атмосферы, поверхностных вод и почвы. Основные положения
- ГОСТ 21.601-79. СПДС. Водопровод и канализация. Рабочие чертежи
- ГОСТ 17.5.3.03-80. Охрана природы. Земли. Общие требования к гидролесомелиорации
- ГОСТ 17.1.1.04-80. Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования
- ГОСТ 17.1.4.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах
- ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность
- ГОСТ 17.1.5.02-80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов
- ГОСТ 15126-80. Средства измерения скорости течения воды. Вертушки гидротехнические речные. Общие технические требования (Изменение № 1-04.86.)
- ГОСТ 24481-80. Вода питьевая. Отбор проб
- ГОСТ 18294-81. Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации бериллия
- ГОСТ 24849-81. Вода питьевая. Полевые методы санитарно-микробиологического анализа
- ГОСТ 24902-81. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа (Изменение № 1-02.88.)
- ГОСТ 4152-81. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации мышьяка. (Изменение №1-06.85.)
- ГОСТ 17.1.3.04-82. (СТ СЭВ 3077-81), Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения пестицидами
- ГОСТ 17.1.3.05-82. (СТ СЭВ 3078-81). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами
- ГОСТ 21.604-82. СПДС, Водоснабжение и канализация. Наружные сети. Рабочие чертежи
- ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. (Изменение №1-11.88.)
- ГОСТ 4192-82. Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ
- ГОСТ 17.1.3.06-82. (СТ СЭВ 3079-81). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод
- ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков
- ГОСТ 17.1.3.08-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод
- ГОСТ 17.1.3.09-82. Охрана природы. Гидросфера. Требования к хозяйственно-питьевому водообеспечению судов
- ГОСТ 17.1.3.10-82. (СТ СЭВ 3545-82). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами при транспортировке по трубопроводу
- ГОСТ 25150-82.(СТ СЭВ 2085-80). Канализация. Термины и определения
- ГОСТ 25151-82. (СТ СЭВ 2084-80). Водоснабжение. Термины и определения
- ГОСТ 25298-82. Установки компактные для очистки бытовых сточных вод. Типы, основные параметры и размеры
- ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения

- ГОСТ 17.6.1.01-83. Охрана природы. Охрана и защита лесов. Термины и определения
- ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель
- ГОСТ 25855-83. (СТ СЭВ 3546-82, 3547-82). Уровень и расход поверхностных вод. Общие требования к измерению
- ГОСТ 17.1.3.11-84. (СТ СЭВ 4035-83). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения минеральными удобрениями
- ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Контроль загрязнения. Термины и определения
- ГОСТ 17.5.3.05-84. Охрана природы. Рекультивация земель. Общие требования к землеванию
- ГОСТ 2761-84. (СТ СЭВ 1924-79), взамен ГОСТ 17.1.3.03-77. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. (Изменение № 1-11.88.)
- ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод) льда и атмосферных осадков
- ГОСТ 26463-85. Ледники. Термины и определения
- ГОСТ 19355-85. Вода питьевая. Методы определения полиакриламида
- ГОСТ 6055-86. Вода. Единицы жесткости
- ГОСТ 17.4.3.05-86. (СТ СЭВ 5297-85) Охрана природы. Почвы. Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения
- ГОСТ 17.1.1.03-86. (СТ СЭВ 5182-85). Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований
- ГОСТ 17.1.3.12-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования и правила охраны вод от загрязнения при бурении и добыче нефти и газа на суше
- ГОСТ 17.1.3.13-86. (СТ СЭВ 4468-84). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения
- ГОСТ 26883-86. (СТ СЭВ 5127-85) Внешние воздействующие факторы. Термины и определения
- ГОСТ 26967-86.(СТ СЭВ 5183-85). Гидромелиорация. Термины и определения
- ГОСТ 27065-86. (СТ СЭВ 5184-85). Качество воды. Термины и определения
- ГОСТ 27384-87. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств
- ГОСТ 27488.2-87. Защита систем коммунального водоснабжения от радиоактивных веществ, отравляющих веществ и бактериальных (биологических) средств. Общие требования
- ГОСТ 13273-88. Воды минеральные питьевые и лечебно-столовые. Технические условия ГОСТ 23950-88. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации стронция
- ГОСТ 19413-89. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации селена
- ГОСТ 18165-89. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации алюминия. (Изменение № 1-04.85.)
- ГОСТ 18284-89. Вода. Методы определения массовой концентрации бериллия
- ГОСТ 4386-89. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фтора
- ГОСТ 17.1.04.02-90. Вода. Методика Спектрометрического определения хлорофилла
- ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения

- ГОСТ 29183-91. Вода для хозяйственно-питьевого обеспечения судов. Требования к качеству ГОСТ 8.556-91. Методики определения состава и свойств проб вод.

Отраслевые стандарты

- ОСТ 33-16-76. Системы проектной документации мелиоративного и водохозяйственного строительства. Генеральный план, планы и карты. Минводхоз СССР
- ОСТ 51.01-01-84 Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопотребления в морской нефтегазодобыче.
- ОСТ 51.01-03-84. Охрана природы. Гидросфера. Очистка сточных вод в морской нефтегазодобыче. Основные требования к качеству очистки
- ОСТ 51.01-06-85. Охрана природы. Гидросфера. Правила утилизации отходов бурения и нефтегазодобычи в море
- ОСТ 102.104-85. Охрана природы. Строительство магистральных трубопроводов: Основные положения
- ОСТ 33-2.2.05-86. Каналы оросительных систем трапецидального сечения на расход до 10 кубометров в секунду. Поперечные сечения. Союзводпроект. ВНИИГиМ.
- ОСТ 33-2.2.08-86. Система проектной документации мелиоративного и водохозяйственного строительства Обозначения условные графические гидротехнических и других сооружений. Союзводпроект. Минводхоз СССР
- ОСТ 33-2.2.11-87. Каналы оросительных систем параболические на расход до 10 кубометров в секунду. Параметры поперечных сечений. ВНИИГиМ. Минводхоз СССР
- ОСТ 33-2.2.13-87. Каналы осушительных систем на расход до 10 кубометров в секунду. Поперечные сечения. Минводхоз СССР. Мосгипроводхоз
- ОСТ 51,01-12-87. Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны морей от загрязнения при добыче нефти и газа и ремонте скважин морских месторождений
- ОСТ 107.17.004-91 Охрана природы. Порядок проведения природоохранных работ на предприятиях Водохозяйственные строительные нормы (ВСН)
- ВСН 021-69. Указания по возведению высоких плотин из местных материалов. ВНИИГиМ им. Веденева. Минэнерго СССР
- ВСН 43-71. Инструкция по контролю качества возведения намывных земляных сооружений. ВНИИГиМ им. Веденева. Минэнерго СССР
- ВСН 045-72, Указания по проектированию дренажных подземных гидротехнических сооружений. Гидропроект. Минэнерго СССР
- ВСН 10-76. Инструкция по учету условий пропуска льда при проектировании, строительстве и эксплуатации гидроузлов. ВНИИГиМ им. Веденева. Минэнерго СССР
- ВСН 4-78. Инструкция по проектированию лесосплавных предприятий. Гипролестранс. Минлегпром СССР
- ВСН 3-80. Инструкция по проектированию причальных морских сооружений. СоюзморНИИпроект. МинМорфлот СССР
- ВСН 33-3.02.02-82. Типовая инструкция по технической эксплуатации речных плотинных водозаборов оросительных систем. Минводхоз СССР. Союзводпроект.
- ВСН 34-82. Технические условия производства и приемки работ по возведению морских и речных портовых сооружений. ЦНИИС совместно с Минморфлотом СССР, Минречфлотом РСФСР, Минсудпромом СССР, Минрыбхозом РСФСР, Минмонтажспецстроем СССР

- ВСН 38-82. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения схем и проектов районной планировки, планировки и застройки городов, поселков и сельских населенных пунктов. Госгражданстрой
- ВСН 7-83. Сметные нормы на морские подводностроительные (водолазные) работы. СоюзморНИИпроект. Минморфлот СССР
- ВСН 16-83. Рекомендации по производству буровзрывных работ при строительстве подводных переходов магистральных трубопроводов через реки и внутренние водоемы с учетом мероприятий по защите ихтиофауны. Р452-81. ВНИИСТ, 1983
- ВСН 22-83. Правила приемки в эксплуатацию законченных строительством объектов Минрыбхоза СССР. Гидрорыбпроект. Минрыбхоз СССР,
- ВСН 5-84. Применение природного камня в морском гидротехническом строительстве. ЧерноморНИИпроект. Минморфлот СССР.
- ВСН 33-2.4.01-84. Правила составления сводных смет на ввод в эксплуатацию объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства. Минводхоз СССР. Союзводпроект
- ВСН 33-3.02.01-84. Типовая инструкция по эксплуатации водохранилищ для нужд орошения емкостью до 10 миллионов кубометров. Минводхоз СССР. Союзводпроект
- ВСН 51.2-84. Инженерные изыскания на континентальном шельфе. Мингазпром, Главморнефтегаз, 1984
- ВСН 33-2.2.01-85. Оросительные системы с использованием животноводческих стоков. Союзводпроект. Минводхоз СССР
- ВСН 33-2.1.05-85. Гидрологические и инженерно-геологические изыскания для мелиоративного и водохозяйственного строительства. Минводхоз СССР
- Пособие к ВСН 33.2.2.01-85 и к ВСН 33-2.2.02-86. Проектирование систем внутрпочвенного орошения с использованием природной воды, подготовленных сточных вод животноводческих комплексов, городов, сельских населенных пунктов и промышленных предприятий. Союзводпроект. Минводхоз СССР
- ВСН 33-2.2.02-86. Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы с использованием сточных вод. Минводхоз СССР. ВНПО "Прогресс"
- ВСН 51-9-86. Проектирование морских подводных трубопроводов. Гипроморнефтегаз. ВНИИморнефтегаз. Мингазпром СССР
- Пособие к ВСН 33-2.2.02-86. Использование сточных вод предприятий пищевой промышленности для орошения. Союзводпроект. ВНПО "Прогресс"
- ВСН 33-5.2.04-86. Инструкция о порядке привлечения к ответственности лиц, виновных в нарушении водного законодательства. Утвержден Минводхозом СССР, 1986
- ВСН 33-2.2.03-86. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Союзводпроект. Минводхоз СССР
- ВСН 33-2.2.04-86. Водоснабжение. Пастбищные системы и водопойные пункты. Союзводпроект. Минводхоз СССР
- ВСН 33-2.2.06-86. Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы на посадочных грунтах. Союзводпроект. Минводхоз СССР
- ВСН 33-2.2.07-86. Мелиоративные системы и сооружения. Сооружения на набухающих грунтах. Союзгипроводхоз. Минводхоз СССР
- ВСН 12-87. Причальные комплексы для перегрузки нефти и нефтепродуктов. Нормы проектирования. Противопожарная защита. Минморфлот СССР
- ВСН 33-2.1.07-87. Инженерно-геофизические изыскания для мелиоративного и водохозяйственного строительства. Союзводпроект. Минводхоз СССР
- ВСН 33-2.2.12-87. Мелиоративные системы и сооружения. Насосные станции. Нормы проектирования. Союзводпроект. Минводхоз СССР

Приложение 4
Нормативы ВОЗ для питьевой воды

Компонент	Единицы измерения	Норматив	Примечание
Органолептические показатели			
Алюминий	мг/л	0,2	Вызывает осадок (взвесь), изменение цвета
Аммоний	мг/л	1,5	Запах и привкус
Железо	мг/л	0,3	Вызывает окрашивание белья и посуды
Жесткость	-		При низкой жесткости повышается коррозивность воды. При высокой жесткости образуется накипь
Кислород растворенный	-	-	Привкус
Натрий			Запах и привкус
Сероводород	мг/л	200	Привкус
Сульфаты	мг/л	0,95	Привкус, вызывает коррозию
Хлориды	мг/л	250	Цвет, привкус
Цинк	мг/л	250	Внешний вид. При эффективном
Мутность	мг/л	3	конечном обеззараживании <1
	ЕМФ	5	Вода должна быть приятной
Привкус и запах			Вода должна иметь оптимальную
Температура	-		температуру
	-		Внешний вид
Цвет			
	Стандартные единицы цвета	15	
pH	Ед. pH	6,5-8,5	Низкий pH увеличивает коррозивность. Высокий pH вызывает привкус, мыльный вкус
Токсикологические показатели по неорганическим показателям			

Барий	мг/л	0,7	Нет надежных данных для установления норматива
Бериллий	-		
Бор	мг/л	0,3	
Ванадий	-	-	
Вольфрам	-	-	
Кадмий	мг/л	0,003	
Кобальт	-	-	
Литий	-	-	
Марганец	мг/л	0,5	
Медь	мг/л	2	
Молибден	мг/л	0,07	
Мышьяк	мг/л	0,01	
Никель	мг/л	0,02	
Нитраты	мг/л	50	
Нитриты	мг/л	3	
Ртуть общая	мг/л	0,001	
Роданид	-	-	
Свинец	мг/л	0,01	
Селен	мг/л	0,01	
Сурьма	мг/л	0,005	
Таллий	мг/л	-	
Теллур	-	-	
Титан	-	-	Нет надежных данных для установления норматива
Уран	-	-	
Ферроцианид	-	-	В национальных стандартах следует учитывать местные особенности и объем потребляемой воды
Фтор	мг/л	1,5	
Хром	мг/л	0,05	
Цианид	мг/л	0,07	
По органическим показателям			
Акриламид	мкг/л	0,5	Канцерогенен
Бензол	мкг/л	0,7	Канцерогенен
Винилхлорид	мкг/л	10	Канцерогенен
Гексахлорбутадиен	мкг/л	5	Канцерогенен
Бенз(а)пирен	мкг/л	0,6	Канцерогенен
Диалкилолово	-		Нет надежных данных для установления норматива
1,2-дихлорбензол	мкг/л	1000	Меньшие концентрации обнаруживаются органолептически
1,3-дихлорбензол	-	-	Нет надежных данных для установления норматива
1,4-дихлорбензол	мкг/л	300	Меньшие концентрации обнаруживаются органолептически
Дихлорметан	мкг/л	20	Нет надежных данных для установления норматива
1,1-дихлорэтан	-		Канцерогенен
1,2-дихлорэтан	мкг/л	30	
1,1-дихлорэтилен	мкг/л	30	
1,2-дихлорэтилен	мкг/л	50	
Ди(2-этилгексил)-адипинат	мкг/л	80	
Ди(2-этилгексил)-фталат			

Литература (гидросфера)

1. Агрохимия. / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989.
2. Бейм А.М. Эколого-токсикологические критерии регламентирования метилсернистых соединений в сточных водах сульфат-целлюлозного производства. Вып. 8, – М., 1984.
3. Белоусова М.Я., Авгуль Г.В., Сафронова Н.С. и др. Основные свойства нормируемых в водах органических соединений. – М.: Наука, 1987.
4. Берне Ф., Кордонье Ж. Водочистка. Очистка сточных вод нефтепереработки. Подготовка водных систем охлаждения. – М.: Химия, 1997.
5. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985.
6. Водный кодекс РФ. Принят Государственной Думой 18 октября 1995 г. – М.: “Ось-89”, 1995. – 80 с.
7. Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Под ред. Б.А. Курляндского и др. – Л.: Химия, 1992.
8. Вредные вещества в промышленности: Органические вещества: Новые данные с 1974 по 1984 г. Справочник./ Под общей ред. Э.Н. Левиной и И.Д. Гадаскиной. – Л.: Химия, 1985.
9. Вредные химические вещества. Галоген- и кислородсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – СПб: Химия, 1994.
10. Вредные химические вещества. Неорганические соединения I–IV групп: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1988.
11. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989.
12. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1990.
13. Гончарук Е.И. Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами. – Киев, 1977.
14. ГОСТ 17.1.1.01–77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
15. ГОСТ 17.1.3.07–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков.
16. Гусев А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. – М.: Пищ. пром-ть, 1975.
17. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн.- 1999.- 232 с.
18. Закон РФ “Об охране окружающей природной среды” № 2060–1 от 19 декабря 1991 г. (ред. от 2 июня 1993 г. № 5076–1).
19. Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса. – М.: Наука, 1993.
20. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
21. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
22. Калинин Н.М. Эколого-токсикологическая оценка опасности сульфатного лигнина для гидробионтов: автореф. канд. дисс. – С-Пб., 1993.
23. Калоянова-Симеонова Ф. Пестициды. Токсическое действие и профилактика. – М.: Медицина, 1980.
24. Комплексные оценки качества поверхностных вод./ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 139с.

25. Косов В.И. Иванов В.Н. Охрана и рациональное использование водных ресурсов. Ч.1 Охрана поверхностных вод: уч. пособие. – Твер. гос. техн. ун-т, 1995.
26. Лапенко Л.А., Виленский М.Г. Метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии в фоновом мониторинге тяжелых металлов.// Мониторинг фонового загрязнения природной среды./Под ред. Ю.А. Израэля, Ф.Я. Ровинского. Вып. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С.216–223.
27. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкотоксикантов. – М.: Химия, 1996.
28. Мельников Н.Н. и др. Пестициды и регуляторы роста растений. Справочник. – М.: Химия, 1995.
29. Мельников Н.Н. Пестициды: химия, технология и применение. – М.: Химия, 1987.
30. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
31. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987.
32. Нецинеску К. Общая химия. – М.: Мир, 1968.
33. Никаноров А.М. Гидрохимия: учеб. пособие – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
34. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Экология. – М.: «Изд-во ПРИОР». 2001.-304 с.
35. Новиков Ю.И. Методы исследования качества воды водоемов. – М.: Медицина, 1990.
36. Охрана водоемов от химического загрязнения. – М.: ЦНИИСП, 1986.
37. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – 1998.
38. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ГН 2.1.5.689–98.
39. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы. – М.: Знание, 1980.
40. Реми Г. Курс неорганической химии. Т.2. – М.: Мир, 1966.
41. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений./ Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
42. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши./ Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
43. Самонова О.А., Кулешова Н.А., Асеева Е.Н., Кудерина Т.М. Формы соединений тяжелых металлов в почвах Среднего Поволжья. – Казань, 1988.
44. СанПиН 2.1.4.559–96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы.
45. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. – М., 1991.
46. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высшая школа, 1994.
47. Справочник по гидрохимии./ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
48. Стругацкий М.К., Надеинский Б.П. Общая химия. – М.: Высшая школа, 1965.
49. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч.3. Методы биологического анализа вод. – М.: Изд-во СЭВ, 1977.
50. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. / Под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
51. Шамшуринов А.А., Кример М.З. Физико-химические свойства пестицидов.

52. Шепетова Г.А. Гигиеническое значение и биологическое действие пропионовой кислоты и ее натриевой соли при загрязнении ими водоемов: автореф. канд. дисс. – Саратов, 1970.
53. Эйхлер В. Яды в нашей пище. – М.: Мир, 1993.
54. Юфит С.С. Яды вокруг нас. Курс лекций. Вып. 1–3. – М., 1997, 1998.
55. EPA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th Ed., 1989.
56. Агрохимия. / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989.
57. Бейм А.М. Эколого-токсикологические критерии регламентирования метилсернистых соединений в сточных водах сульфат-целлюлозного производства. Вып. 8, – М., 1984.
58. Белоусова М.Я., Авгуль Г.В., Сафронова Н.С. и др. Основные свойства нормируемых в водах органических соединений. – М.: Наука, 1987.
59. Берне Ф., Кордонье Ж. Водочистка. Очистка сточных вод нефтепереработки. Подготовка водных систем охлаждения. – М.: Химия, 1997.
60. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985.
61. Водный кодекс РФ. Принят Государственной Думой 18 октября 1995 г. – М.: “Ось–89”, 1995. – 80 с.
62. Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Под ред. Б.А. Курляндского и др. – Л.: Химия, 1992.
63. Вредные вещества в промышленности: Органические вещества: Новые данные с 1974 по 1984 г. Справочник./ Под общей ред. Э.Н. Левиной и И.Д. Гадаскиной. – Л.: Химия, 1985.
64. Вредные химические вещества. Галоген- и кислородсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – СПб: Химия, 1994.
65. Вредные химические вещества. Неорганические соединения I–IV групп: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1988.
66. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989.
67. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1990.
68. Гончарук Е.И. Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами. – Киев, 1977.
69. ГОСТ 17.1.1.01–77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
70. ГОСТ 17.1.3.07–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков.
71. Гусев А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. – М.: Пищ. пром-ть, 1975.
72. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн.- 1999.- 232 с.
73. Закон РФ “Об охране окружающей природной среды” № 2060–1 от 19 декабря 1991 г. (ред. от 2 июня 1993 г. № 5076–1).
74. Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса. – М.: Наука, 1993.
75. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
76. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
77. Калинин Н.М. Эколого-токсикологическая оценка опасности сульфатного лигнина для гидробионтов: автореф. канд. дисс. – С-Пб., 1993.

78. Калоянова-Симеонова Ф. Пестициды. Токсическое действие и профилактика. – М.: Медицина, 1980.
79. Комплексные оценки качества поверхностных вод./ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 139с.
80. Косов В.И. Иванов В.Н. Охрана и рациональное использование водных ресурсов. Ч.1 Охрана поверхностных вод: уч. пособие. – Твер. гос. техн. ун-т, 1995.
81. Лапенко Л.А., Виленский М.Г. Метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии в фоновом мониторинге тяжелых металлов.// Мониторинг фонового загрязнения природной среды./Под ред. Ю.А. Израэля, Ф.Я. Ровинского. Вып. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С.216–223.
82. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. – М.: Химия, 1996.
83. Мельников Н.Н. и др. Пестициды и регуляторы роста растений. Справочник. – М.: Химия, 1995.
84. Мельников Н.Н. Пестициды: химия, технология и применение. – М.: Химия, 1987.
85. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
86. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987.
87. Нецинеску К. Общая химия. – М.: Мир, 1968.
88. Никаноров А.М. Гидрохимия: учеб. пособие – Л.: Гидрометеиздат, 1989 .
89. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Экология. – М.: «Изд-во ПРИОР». 2001.-304 с.
90. Новиков Ю.И. Методы исследования качества воды водоемов. – М.: Медицина, 1990.
91. Охрана водоемов от химического загрязнения. – М.: ЦНИИСП, 1986.
92. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – 1998.
93. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ГН 2.1.5.689–98.
94. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы. – М.: Знание, 1980.
95. Реми Г. Курс неорганической химии. Т.2. – М.: Мир, 1966.
96. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений./ Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
97. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши./ Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
98. Самонова О.А., Кулешова Н.А., Асеева Е.Н., Кудерина Т.М. Формы соединений тяжелых металлов в почвах Среднего Поволжья. – Казань, 1988.
99. СанПиН 2.1.4.559–96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы.
100. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. – М., 1991.
101. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высшая школа, 1994.
102. Справочник по гидрохимии./ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
103. Стругацкий М.К., Надеинский Б.П. Общая химия. – М.: Высшая школа, 1965.

104. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч.3. Методы биологического анализа вод. – М.: Изд-во СЭВ, 1977.
105. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. / Под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
106. Шамшурин А.А., Кример М.З. Физико-химические свойства пестицидов.
107. Шепетова Г.А. Гигиеническое значение и биологическое действие пропионовой кислоты и ее натриевой соли при загрязнении ими водоемов: автореф. канд. дисс. – Саратов, 1970.
108. Эйхлер В. Яды в нашей пище. – М.: Мир, 1993.
109. Юфит С.С. Яды вокруг нас. Курс лекций. Вып. 1–3. – М., 1997, 1998.
110. EPA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th Ed., 1989.