

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Омский государственный технический университет»

**Е. Я. Мухамеджанова, Д. В. Коньшин**

# **МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

*Учебное текстовое электронное издание  
локального распространения*

Омск  
Издательство ОмГТУ  
2015

---

Сведения об издании: [1](#), [2](#)

© ОмГТУ, 2015  
ISBN 978-5-8149-1943-4

УДК 574.2(075)  
ББК 28.08я73  
М92

Рецензенты:

*Г. Ф. Луконенко*, генеральный директор ООО «Пожарное дело»,  
действительный академик Международной академии общественных наук;  
*С. А. Ковалев*, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Безопасность  
жизнедеятельности и гражданская оборона» ОмГУ им. Ф. М. Достоевского

**Мухамеджанова, Е. Я.**

М92      Мониторинг среды обитания : учеб. пособие / Е. Я. Мухамед-  
жанова, Д. В. Коньшин ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск :  
Изд-во ОмГТУ, 2015.

ISBN 978-5-8149-1943-4

Учебное пособие соответствует дисциплине «Мониторинг среды обитания» по государственному образовательному стандарту направления 280700 «Техносферная безопасность» (специализация 280705.65 «Пожарная безопасность»).

Рассматриваются следующие вопросы: задачи и цели мониторинга; организация систем мониторинга; состояние различных сред обитания (суши, атмосферы, гидросферы), их основные характеристики и принципы функционирования; приоритетность определения загрязняющих веществ; общегосударственная сеть наблюдения и контроля.

Предназначено для студентов всех форм обучения, а также рекомендуется слушателям институтов повышения квалификации.

УДК 574.2(075)  
ББК 28.08я73

*Рекомендовано редакционно-издательским советом  
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-1943-4

© ОмГТУ, 2015

1 электронный оптический диск

Оригинал-макет издания выполнен в Microsoft Office Word 2007 с использованием возможностей Adobe Acrobat X.

**Минимальные системные требования:**

- процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше;
- оперативная память 256 Мб;
- свободное место на жестком диске 260 Мб;
- операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7;
- разрешение экрана 1024×576 и выше;
- акустическая система не требуется;
- дополнительные программные средства Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Редактор *М. А. Болдырева*  
Компьютерная верстка *О. Н. Савостеевой*  
Сводный темплан 2015 г.  
Подписано к использованию 06.04.15.  
Объем 860 Кб.

---

Издательство ОмГТУ.  
644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12  
Эл. почта: [info@omgtu.ru](mailto:info@omgtu.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

В последние два века антропогенное давление на окружающую среду резко возросло. В регионах с развитой промышленностью реки превратились в сточные каналы, происходит интенсивное загрязнение почвы и атмосферы. К семидесятым годам XX века стало очевидно, что необходимо следить за состоянием среды обитания, особенно в зонах объектов, производящих выбросы в окружающую среду и хранение. Эту задачу призван решить мониторинг (от лат. *monitor* – напоминающий, надзирающий). Термин впервые прозвучал в 1971 г. в связи с подготовкой Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде. Мониторинг – это понятие, уже ставшее интернациональным, есть более давний российский синоним – «контроль» (от фр. *controle* – наблюдение с целью проверки). Но оба слова содержат общий смысл – наблюдение (слежение), что их и объединяет. В последнее время к слову «мониторинг» стали добавлять «экологический», вкладывая в это понятие смысл комплексного наблюдения за окружающей средой. В результате в российском законодательстве (ст. 69 Закона «Об охране окружающей природной среды», 2002) появился термин «экологический мониторинг», определяемый как:

1) 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;

2) обеспечение заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде, а также предупреждение и прогнозирование её состояния.

Эти функции выполняют специально уполномоченные государственные органы РФ в области охраны окружающей природной среды при участии министерств и ведомств через систему наблюдения – Единую государственную систему экологического мониторинга (ЕГСЭМ), порядок функционирования которой определяется соответствующим Положением, утвержденным Правительством России.

В данном учебном пособии, опирающемся на существующую правовую и нормативно-техническую информационную базу, в качестве ключевого взято понятие «мониторинг среды обитания».

Учебное пособие разработано с целью:

- помочь в освоении теоретических знаний и приобретении практических навыков по учебной дисциплине «Мониторинг среды обитания»;
- повысить уровень экологических знаний;
- содействовать формированию экологического мировоззрения.

Оно позволит овладеть системой знаний о проведении мониторинга для решения задач, связанных с антропогенными явлениями и процессами, происходящими в окружающей среде.

# 1. КОНЦЕПЦИЯ МОНИТОРИНГА ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

## 1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ «СРЕДА ОБИТАНИЯ» И «МОНИТОРИНГ»

Среда обитания – это совокупность факторов и элементов отдельной зоны, воздействующих на субъект. Среди них выделяется экологический фактор – это элемент среды, оказывающий прямое влияние на живой организм. Все экологические факторы условно делятся на биотические, абиотические и антропогенные.

*Биотические факторы* – это все возможные влияния, которые испытывает живой организм со стороны окружающих его живых существ.

*Биота* (от греч. *biotē* – жизнь) – исторически сложившаяся совокупность растений и животных, объединённых общей областью распространения.

*Абиотические факторы* – это все влияющие на организм элементы неживой природы (температура, свет, влажность, состав воздуха, воды, почвы и т. д.).

*Антропогенные факторы* – это факторы, связанные с воздействием человека на природную среду.

Появляется необходимость в определении единого критерия качества среды, по которому можно было бы определить ее пригодность для обитания человека. Согласно уставу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) с 1968 года таким критерием служит состояние здоровья людей. Многие виды деятельности человека, связанные с социально-экономическим развитием, приводят к загрязнению среды обитания. В настоящих условиях сохранение биологической и психофизиологической жизнеспособности населения возможно только через рациональное взаимодействие общества и природы.

Первичной областью развития живого вещества на Земле была протобиосфера, охватывающая поверхностные слои гидросферы и часть литосферы. В ходе эволюции поверхность Земли приобрела главные черты своего современного биогеохимического облика. Современные изменения подводят нас к вопросам о наблюдениях за средами обитания, за энергетическим балансом, развитием техносферы и ее влиянием на окружающую среду и, следовательно, к такому понятию, как мониторинг. Согласно государственному стандарту понятие «мониторинг» определяется как

*«система мероприятий наблюдения и контроля, проводимых регулярно по определенной программе для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления тенденций ее изменения» (ГОСТ Р22.1.02–95).*

Объект мониторинга – природный, техногенный или природно-техногенный объект, в пределах которого осуществляются регулярные наблюдения за почвой, водой, биотой, атмосферным воздухом с целью контроля их состояния, выполняемые для своевременного выявления и прогнозирования изменений в них.

В нашей стране под руководством известного ученого Ю. А. Израэля и др. были разработаны научные основы мониторинга, которые доложены на заседании Совета управляющих Программ ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЕП) в Найроби, а затем и на других международных симпозиумах и совещаниях.

Все возрастающая опасность отрицательного воздействия промышленного и сельскохозяйственного производства на здоровье людей и на состояние биосферы в целом привела к созданию систем предупреждения, контроля и прогнозирования состояния как отдельных объектов окружающей среды, так и всей биосферы. Такая информационная система наблюдения и анализа состояния природной среды, в первую очередь наблюдения уровней загрязнения и эффектов, вызываемых ими в биосфере, получила название мониторинга.

## **1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ.**

### **ПРОЦЕДУРЫ МОНИТОРИНГА**

Цель мониторинга среды обитания заключается в предоставлении информации, обеспечивающей управление природоохранной деятельностью и экологической безопасностью.

Задачи мониторинга среды обитания заключаются в следующем:

- 1) наблюдение за источниками антропогенного воздействия;
- 2) наблюдение за факторами антропогенного воздействия;
- 3) наблюдение за состоянием среды обитания и происходящими в ней процессами;
- 4) оценка фактического состояния природной среды;
- 5) прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды, наблюдение за состоянием среды обитания.

Мониторинг подразделяют на несколько основных видов:

- экологический;
- глобальный;
- национальный;
- региональный;
- импактный (мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий на окружающую среду в особо опасных зонах и местах.)

Мониторинг среды обитания по его целям классифицируется следующим образом (табл. 1).

*Таблица 1*

**Классификация мониторинга среды обитания по целям**

Мониторинг	Цель
Окружающей среды	Наблюдения за природными средами, природными ресурсами, растительным и животным миром, которые позволяют понять происходящие в них под влиянием антропогенной деятельности процессы
Санитарно-гигиенический	Сопоставление качества санитарно-гигиенических условий с гигиеническими ПДК, разработанными для защиты здоровья населения, осуществляется контроль за загрязнением окружающей среды
Экологический	Оценка и прогноз антропогенных изменений в экосистемах и ответной реакции биоты на эти изменения
Климатический	Оценка и прогноз колебаний климатической системы (тесно смыкается с гидрометеорологическими наблюдениями)
Базовый (фоновый)	Наблюдение за общебиосферными, в основном природными, явлениями без наложения на них региональных антропогенных влияний
Импактный	Слежение за региональными и локальными антропогенными воздействиями в особо опасных зонах и местах
Окружающей (человека) среды	Контроль за состоянием окружающей человека природной среды и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов

Мониторинг	Цель
Глобальный	Слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере Земли и ее экосфере, включая все их экологические компоненты, и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях
Региональный	Слежение за процессами и явлениями в пределах какого-либо региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы
Авиационный	Слежение, осуществляемое с самолетов и других летательных аппаратов (включая парящие воздушные шары), не поднимающихся на космические высоты (из пределов тропосферы)
Космический	Слежение с помощью космических средств наблюдений
Дистанционный	Совокупность авиационного и космического мониторинга. Иногда в это понятие включают слежение за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли (на Крайнем Севере...), показания которых передаются в центры наблюдения с помощью методов дальней передачи информации (по радио, через спутники и т. п.)
Биологический	Слежение за биологическими объектами (наличие видов, их состояние, появление случайных интродуцентов «новый для региона организм, внедрившийся в местные природные комплексы») и т. д. Слежение с помощью биоиндикаторов (на базе биосферных заповедников)
Загрязнений	Наблюдения за окружающей средой, которые осуществляются посредством системы (Всемирная служба погоды, Всемирная метеорологическая организация и т. д.)
Экологический	Регулярные комплексные наблюдения, оценка и прогноз изменения состояния окружающей среды, воздействующих на нее факторов, здоровья населения. Эта система наблюдений ответственна за точность, адекватность, полноту и своевременность информации, поступающей в систему экоманеджмента – управления экономикой и качеством окружающей среды
Природных сред	Этот вид мониторинга проводится без учета конкретных источников. Основной принцип организации – природно-экосистемный

В данном учебном пособии за основу взята классификация, базирующаяся на территориальном принципе. В соответствии с этим рассматриваются следующие виды мониторинга окружающей среды:

- глобальный, проводимый на всем земном шаре или в пределах одного-двух материков;
- национальный, проводимый на территории одного государства, например России;
- региональный, проводимый на большом участке территории одного государства или сопредельных участках нескольких государств, например внутреннем море и его побережье;
- локальный, проводимый на сравнительно небольшой территории города, водного объекта, района крупного предприятия и т. п.

В дополнение к четырем общепринятым уровням вводится пятый – «точечный» мониторинг источников загрязнения, являющийся по сути импактным локальным, максимально приближенным к источнику поступления в окружающую среду загрязняющих веществ (ЗВ).

Особое место в курсе занимает фоновый мониторинг, цель которого состоит в получении эталона состояния окружающей среды и её изменения в условиях возможно минимального антропогенного воздействия. Данные фонового мониторинга необходимы для анализа результатов всех видов мониторинга. Сам фоновый мониторинг проводится, как правило, в рамках глобального или национального, но может быть также организован в рамках локального мониторинга перед разработкой проекта или строительством крупного промышленного, энергетического или иного объекта. Ниже представлена классификация систем мониторинга (табл. 2).

*Таблица 2*

### **Классификация систем (подсистем) мониторинга**

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга
Универсальные системы	Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни), включая фоновый и палеомониторинг; национальный мониторинг (например, в России); международный, «международный» мониторинг (например, мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ)

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга
Реакция основных составляющих биосферы	Геофизический мониторинг; биологический мониторинг; экологический мониторинг (включающий вышеназванные)
Различные среды	Мониторинг загрязнений и изменений в атмосфере, гидросфере, почве, загрязнений биоты. Варианты: мониторинг атмосферы, океана, поверхности суши (с реками и озерами), криосферы
Факторы и источники воздействия	Ингредиентный мониторинг (например, радиоактивных продуктов, шумов и т. д.); мониторинг источников загрязнения
Острота и глобальность проблемы	Мониторинг океана; мониторинг озоносферы; мониторинг генетический
Методы наблюдений	Мониторинг по физическим, химическим и биологическим показателям; спутниковый (дистанционный) мониторинг
Системный подход	Медико-биологический мониторинг; экологический мониторинг; климатический мониторинг. Варианты: биоэкологический, геоэкологический, биосферный мониторинг

*Примечание.* Системы мониторинга – локальная, региональная, глобальная. Базовый (фоновый) и импактный – виды мониторинга. Локальный иногда называют импактным, близким к источникам загрязнения («точечным») мониторингом.

### 1.3. СЛУЖБЫ МОНИТОРИНГА

В Российской Федерации находится в процессе совершенствования и функционирует Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), общее руководство которой осуществляет Госкомэкологии России. Эта организация координирует деятельность всех заинтересованных ведомств в области наблюдений за состоянием окружающей среды. При этом осуществляется мониторинг:

- источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду;
- животного и растительного мира;

- наземной фауны и флоры;
- водной среды водохозяйственных систем в местах водозабора и сброса сточных вод.

Мониторинг лесов осуществляет Федеральная служба лесного хозяйства России, а наблюдение за состоянием земельного фонда – Госкомитет РФ по земельной политике России. В структуре ЕГСЭМ исключительно важное место принадлежит гидрометеорологическому мониторингу, осуществление которого возложено на гидрометеорологическую службу (Росгидромет). В её функции входит наблюдение, оценка и прогнозирование состояния атмосферы, почв, поверхностных вод, суши, морской среды, сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности, околоземного космического пространства, трансграничного переноса загрязняющих веществ. Гидрометеорологическая служба осуществляет сбор и обобщение гидрометеорологической и гелиогеофизической информации, данных о метеорологических, агрометеорологических и гидрологических явлениях и процессах, об изменении климата, о радиационной обстановке на поверхности Земли и в околоземном космическом пространстве. В ее обязанности входит предоставление всем заинтересованным организациям сведений об опасных природных явлениях, экстремальных загрязнениях окружающей среды. В России с 1994 года функционирует система социально-гигиенического мониторинга. Эта система предусматривает:

- получение и обработку информации государственных и отраслевых систем наблюдения;
- оценку и прогнозирование изменения состояния здоровья населения, окружающей природной, производственной и социальной среды, социально-экономического развития, а также данных государственной статистики;
- выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья и средой обитания человека;
- создание информационно-аналитических сетей и баз данных и др.

Информационный фонд социально-гигиенического мониторинга пополняется необходимой информацией как за счет деятельности учреждений самой службы, так и за счет других ведомств в рамках ЕГСЭМ. В качестве информационных показателей для социально-гигиенического

мониторинга информационный фонд наряду со многим другим содержит:

- базы данных, включающие наблюдения:
  - за природно-климатическими факторами;
  - источниками антропогенного воздействия на окружающую природную среду:
    - качеством атмосферного воздуха;
    - качеством поверхностных и подземных вод;
    - качеством почвы;
- базы данных, содержащие наблюдения за радиационной безопасностью.

Информацию об экологической обстановке можно получить с помощью «информационного портрета экологической обстановки». Это совокупность графически пространственно распределенных данных, характеризующих обстановку на конкретной территории. По этим данным, совместно с картоосновой местности, можно получить информацию об экологической обстановке. Для разработки информационного портрета экологической обстановки необходимы данные:

- об источниках поступления загрязняющих веществ в окружающую среду (выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, поверхностные смывы загрязняющих и биогенных веществ, внесение загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами, места захоронения и складирования промышленных и коммунальных отходов, техногенные аварии, переносы загрязняющих веществ – процессы атмосферного переноса, миграция в водной среде, процессы ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ);
- о состоянии антропогенных источников эмиссии (расположение, мощность, гидродинамические условия поступления в окружающую среду).

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение экологического мониторинга согласно закону «Об охране окружающей среды».
2. Дайте определение мониторинга согласно ГОСТ Р22.1.02–95.
3. Что такое среда обитания?
4. Что может быть объектом мониторинга?
5. Назовите цель и задачи мониторинга.
6. Приведите классификацию мониторинга по целям и кратко охарактеризуйте каждый вид.

7. Приведите классификацию систем (подсистем) мониторинга и кратко охарактеризуйте каждую.
8. Поясните, что такое ЕГСЭМ.
9. Чем занимается информационный фонд социально-гигиенического мониторинга?
10. Что такое «информационный портрет экологической обстановки» и зачем он нужен?

## **2. МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ – КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ**

### **2.1. ИЗМЕНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Известно, что изменения в окружающей среде происходят как под влиянием естественных природных процессов, так и антропогенных воздействий. Средние характеристики состояния биосферы (климата, круговорота воды и др.) могут заметно изменяться как резко (извержение супервулкана), так и в течение тысяч и миллионов лет. Антропогенные изменения происходят сравнительно быстро: за одно-два десятилетия – и сопоставимы по масштабам с естественными, протекающими в течение тысячелетий. Естественные изменения изучаются геофизическими службами:

- гидрометеорологической;
- сейсмической;
- ионосферной;
- гравиметрической;
- магнитометрической и др.

Последствиями антропогенного «давления» на биосферу могут быть: изменение циркуляции газов между океаном и воздушной оболочкой Земли, погодно-климатических условий на планете, нарушение озонового слоя; загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами; нарушение естественных мест обитания и путей миграции в животном мире и т. д.

В связи с этим вопросы охраны окружающей среды связаны, как правило, с тремя её основными составляющими:

- атмосферой;
- гидросферой;
- литосферой.

## 2.2. АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

Известно, что экологическое равновесие, сложившееся в природе, в результате деятельности человека в последние годы изменилось. Происходит сильное загрязнение атмосферы, особенно в больших городах: 90 % веществ, загрязняющих атмосферу, составляют газы и 10 % – твердые частицы. Наиболее опасным результатом загрязнения являются смоги. Смог появляется при неподвижном воздухе, когда, с одной стороны, отсутствуют горизонтальные ветры, а с другой – распределение температуры по высоте атмосферы таково, что отсутствует вертикальное перемешивание атмосферных слоев.

Смоги бывают двух типов:

- лондонского типа (густой туман, смешанный с дымом);
- лос-анджелесского типа (фотохимический туман).

Смог, называемый лондонским, наблюдается в туманную безветренную погоду. Весь дым не уносится ветром, а задерживается туманом и остается над городом, производя тяжелое действие на здоровье людей. Такой смог наблюдается при пасмурной, туманной погоде, способствующей значительному возрастанию концентрации сернистого ангидрида и трансформации его в еще более токсичный аэрозоль серной кислоты. Одновременное возрастание концентрации других ингредиентов атмосферных выбросов может усиливать действие сернистого ангидрида или катализировать его превращение в серный ангидрид.

Второй тип смогов – фотохимический – появляется в больших южных городах в безветренную ясную погоду, когда скапливаются окислы азота, содержащиеся в выхлопных газах автомобилей. Фотохимический туман впервые наблюдался в Лос-Анджелесе, затем в Токио, Мехико и других городах. В его образовании огромную роль играют выхлопные газы автотранспорта.

Механизм образования фотохимического тумана следующий: молекулы окислов азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), содержащихся в выхлопных газах, возбуждаются за счет энергии ультрафиолетовых лучей солнца, затем, реагируя с кислородом воздуха, образуют озон. Последний, реагируя с углеводородом выхлопных газов ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) или выбросов нефтеперерабатывающих предприятий, образует фотооксиданты: органические перекиси, свободные радикалы, альдегиды, кетоны. Накапливаясь при ясной, безветренной погоде на улицах города, озон и фотооксиданты вызывают сильное раздра-

жение глаз, верхних дыхательных путей, результатом которого являются слезотечение, мучительный кашель. Понижается видимость в атмосфере, повреждаются зеленые насаждения, поверхности зданий и т. д.

По различным субъектам Российской Федерации диапазон колебаний их величин достаточно широк: от 16 тыс. т в год до 2 млн т в год приблизительно. Рекорд принадлежит Тюменской области, где выбросы составляют свыше 1 951,8 тыс. т. Выбросы в объеме свыше полумиллиона тонн в год наблюдались в Краснодарском крае, Московской области, Башкортостане, Алтайском и Красноярском краях, Ростовской области и в самой Москве.

Разрушительным является антропогенное воздействие на атмосферный озон. Озон образуется в стратосфере из молекулярного кислорода путем присоединения к нему атомарного кислорода, который образуется под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца (в результате фотодиссоциации молекулярного кислорода). Стратосферный озон (озоносфера) расположен на высотах от 10 до 45 км. Общее содержание озона в этом слое невелико (толщина приведенного к нормальному давлению слоя составляет всего около 3 мм). Слой озона защищает поверхность Земли и все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца. Поглощая это излучение, озон существенно влияет на распределение температуры в верхней атмосфере. Разрушение молекул озона очень сильно зависит от наличия различных составляющих (окислов азота, водорода, хлора, брома). В их присутствии фотохимические реакции разрушения озона носят каталитический характер. Наличие антропогенных примесей может легко нарушить установившийся естественный процесс образования и разрушения стратосферного озона. Наиболее заметное влияние на озонный слой могут оказать некоторые вещества, попадающие в тропосферу, но ведущие себя в этом слое химически инертно. Это, прежде всего, хлорфторметаны (фреоны), выделяющиеся при работе холодильных установок и используемые в качестве растворителей в промышленности и пропеллентов в аэрозольных упаковках. Попадая в стратосферу, эти соединения под воздействием ультрафиолетового излучения разлагаются и выделяют свободный галоген, который играет роль катализатора при разрушении озона. Кроме того, разрушению озона могут способствовать попадание в озоносферу закиси азота ( $N_2O$ ), выделяющейся при использовании минеральных удобрений, а также непосредственные выбросы различных веществ в стратосферу при полетах сверхвысотных самолетов.

Существенную роль в загрязнении атмосферы играют тяжелые металлы (ТМ), например примеси, действие которых проявляется при малых концентрациях. Такой примесью является тетраэтилсвинец, который используется в качестве присадки к бензину и служит для предотвращения детонации топлива в двигателе. Количество его по весу немногим менее 0,1 %. Работающие двигатели автомобилей ежегодно выбрасывают в атмосферу около двух миллионов тонн свинца. В результате свинец появляется уже в овощах в количестве до 2 мг/кг.

Попадая в организм человека, тяжелые металлы вызывают в нем изменения. Ионы тяжелых металлов легко связываются с белками (в том числе с ферментами), подавляя синтез макромолекул и в целом обмен веществ в клетках. Так, кадмий накапливается в почках и поражает почки и нервную систему человека, при больших количествах приводит к тяжелым специфическим заболеваниям.

Важным компонентом атмосферы является сера, которая входит в состав сульфатных аэрозолей, одного из наиболее распространенных видов аэрозолей в атмосфере. В глобальных масштабах выбросы оксидов серы составляют 160–180 млн т в год. Из них 90 % приходится на сжигание минерального топлива и 10 % – на выбросы металлургических и химических предприятий. Под действием ультрафиолетового излучения сернистый ангидрид превращается в серный ангидрид  $SO_3$ , который с атмосферным водяным паром образует сернистую кислоту. Сернистая кислота спонтанно превращается в серную кислоту, очень гигроскопичную, способную образовывать токсичный туман. Предельно допустимый уровень (ПДУ)  $SO_2$  в воздухе составляет 100–150 мг/м<sup>3</sup>.

Очень опасными загрязнителями биосферы являются окислы азота. Ежегодно в атмосферу Земли поступает около 150 млн т окислов азота, половина из которых выбрасывается тепловыми электростанциями и автомобилями, а другая половина образуется в результате процессов окисления, происходящих в биосфере. Окись азота при взаимодействии с кислородом воздуха образует двуокись азота, которая в результате реакции с атмосферным водяным паром (радикалом гидроксила воды) превращается в азотную кислоту. Двуокись азота ( $NO_2$ ) раздражает органы дыхания, вызывает кашель, при больших концентрациях – рвоту, головную боль.

Азотная кислота может долго оставаться в газообразном состоянии, так как она плохо конденсируется, и при больших концентрациях может вызвать отек легких.

Капли облаков конденсируются на частицах аэрозолей и молекулах серной и азотной кислоты. При выпадении осадков промывается слой атмосферы между облаком и землей. Так образуются кислотные дожди. Их появление вызвано значительным накоплением окислов серы и азота в атмосфере. Кислотные дожди, взаимодействуя с тяжелыми металлами в почве, переводят их в легко усваиваемую растениями форму. Далее по пищевой цепи тяжелые металлы попадают в организмы рыб, животных и человека.

Сжигание горючих ископаемых и других видов топлива сопровождается выбросом углекислого газа в атмосферу. Увеличение количества углекислого газа в результате антропогенного воздействия ведет к изменению теплового баланса Земли, парниковому эффекту. Углекислый газ пропускает падающее на Землю солнечное излучение, но поглощает отраженное от Земли длинноволновое инфракрасное излучение. Это приводит к нагреванию атмосферы. Загрязняющие примеси и пыль в атмосфере поглощают часть падающего на Землю излучения, что дополнительно повышает температуру атмосферы. Нагретая атмосфера посылает дополнительный поток тепла на землю, поднимая ее температуру. Этот процесс называется парниковым по аналогии с процессом, происходящим в парнике, в который свободно проходит солнечное излучение в оптической части спектра, а инфракрасное излучение задерживается. По мере увеличения загрязнения атмосферы увеличивается температура поверхности земли. Особенно характерно проявление парникового эффекта в больших городах с промышленным производством: температура в центре оказывается на несколько градусов выше температуры в окрестностях города, особенно в безветренную погоду.

### **2.3. АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ**

Под гидросферой понимают совокупность всех вод Земли, находящихся в твердом, жидком и газообразном состоянии. Потребляя чистую воду, человек возвращает ее в виде стоков. Загрязнение поверхности вод – это изменение состава или свойств вод, вызванное прямым или косвенным влиянием производственной деятельности и бытовыми условиями, в результате чего они становятся непригодными для пользования. Природное загрязнение происходит весной, когда с талыми водами в водоемы поступают растительные остатки, вымываемые из почвы вещества. Загрязнение

несут стоки с полей и городских улиц во время дождей и оттепелей, осадки из атмосферы.

Специфичными для водоемов источниками загрязнения являются сточные воды. Со сточными водами предприятий по переработке нефти, природного газа, предприятий цветной металлургии в водоемы поступают вредные вещества. Сточные воды металлообрабатывающих производств, использующих различные смазочные материалы, охлаждающие жидкости, содержат токсичные вещества, как и воды с полей, загрязненных пестицидами. Стоки сельскохозяйственных ферм содержат большое количество аммиака, окислов азота, биологических веществ. Бытовые стоки с отходами моющих средств несут фосфаты. Стоки химических производств выносят в водоемы различные поверхностно-активные вещества, формальдегид, который хорошо растворим в воде и, реагируя с кислотами, образует вредные для организма человека соединения.

Таким образом, результатом загрязнения природной воды в процессе человеческой деятельности является:

- повышение содержания солей, поступающих со сточными водами, из атмосферы и за счет смыва твердых отходов;
- повышение содержания ионов тяжелых металлов, прежде всего свинца, кадмия, ртути, мышьяка и цинка, а также содержания фосфатов, нитратов и др.;
- повышение содержания биологически стойких органических соединений: поверхностно-активных веществ, пестицидов, продуктов распада и других токсичных, канцерогенных, мутагенных веществ;
- загрязнение поверхности воды нефтепродуктами от стоков и водного транспорта;
- снижение содержания кислорода из-за загрязнения поверхности, сокращающего доступ кислорода из атмосферы;
- снижение прозрачности воды, в результате чего в загрязненных водоемах создаются условия для размножения вирусов и бактерий, возбудителей инфекционных заболеваний;
- тепловое загрязнение водоемов горячими стоками, в результате чего создаются зоны с температурой выше на 8–12 °С зимой и до 50 °С летом, чем во всем водоеме;
- загрязнение радиоактивными изотопами химических элементов.

## **2.4. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЧВУ**

Почва – это верхний слой литосферы, образовавшийся из минеральных соединений под влиянием растений, животных, микроорганизмов и климата. Поверхностные слои почвы содержат много остатков растений и животных, разложение которых ведет к образованию гумуса. В результате деятельности человека появились факторы прямого или разрушительного косвенного воздействия на почву. Ежегодное потребление минерального сырья составляет около 100 млрд т. Землю изрезали рудники, шахты, впадины на местах открытых разработок. Уничтожают почву транспортные магистрали, строительство сооружений и жилья. Загрязнение земель свалками, кислотными дождями, пестицидами и минеральными удобрениями ведет к деградации почв, снижению плодородия. Загрязняющие почву химические элементы и их соединения создают кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия в почве, ухудшающие ее качество и плодородие. Такое действие производят кислотные дожди, химические средства, попадающие с отходами в почву. Соль, посыпаемая на дорогах в гололед, проникает в почву к корням растений и ведет к гибели деревьев.

Необратимый вред почвам наносят свалки промышленных и бытовых отходов. В результате взаимодействия, горения, действия атмосферных осадков из отходов выделяются и вымываются в почву самые разнообразные вредные вещества. При их взаимодействии образуются еще более сильные яды, отравляющие почву, атмосферу и подземные воды. Важной задачей в связи с этим становится переработка, обезвреживание, утилизация отходов либо захоронение их в специально отведенных местах. При этом захоронение отходов должно производиться таким образом, чтобы разные виды отходов не смешивались. В любом случае следует помнить, что антропогенное воздействие на почву не может рассматриваться изолированно от других оболочек биосферы – гидросферы и атмосферы, так как все они вместе образуют систему, которая, включая в себя живые организмы, превращается в биосферу.

## **2.5. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОТУ**

Реально в наше время ощущается антропогенное воздействие на растительные и животные объекты, в том числе человека, например в промышленных районах воздействие большого количества вырабатываемой

энергии. Оно здесь столь велико, что соизмеримо с интенсивностью излучения Солнца на эту же площадь. Поэтому образуются «острова тепла» и формируется особый микроклимат. Это характерно для мегаполисов.

Общебиологический раздражитель для людей – шум. Он в определенных условиях может влиять на все системы организма (включая нервную, зрение, вестибулярный аппарат, пищеварение, обмен веществ и т. п.). При очень высоком шуме (порядка более 110 дБ) возникает звуковое опьянение. Кроме интенсивности звука, экологически значима и его частота. Внезапные резкие звуки переносятся особенно тяжело, если они имеют высокую частоту (диапазон 1–4 кГц для человека). Большой шум создается при работе транспорта, в том числе авиационного, а также при старте космических ракет, при выстрелах и взрывах. Инфразвук большой мощности может вызвать остановку сердца. Антропогенные инфразвуки создают ощущение психологического дискомфорта, развивают безотчетное чувство страха не только у человека, но и у животных.

Близким к шумовому является вибрационное загрязнение. Поэтому на живые организмы вибрация оказывает также негативное воздействие. У человека развивается особая вибрационная болезнь.

В связи с интенсивным развитием электронных систем управления возникает электромагнитное загрязнение, порой превышающее фоновое излучение в сотни раз. Неионизирующие излучения поглощаются биологическими объектами. Это сначала ведет к нарушению функционирования соответствующих органов, а иногда возникают очаги локального распада биологических тканей. Мощными антропогенными источниками электромагнитного излучения являются современные линии электропередачи (ЛЭП), телерадиоцентры и ретрансляторы, радиолокаторы, радиотехническое и радиотрансляционное оборудование систем управления воздушным движением, навигацией и посадкой в авиации, другие гражданские и военные устройства и объекты.

Источниками ионизирующего излучения являются предприятия атомной промышленности и энергетики и другие учреждения, использующие радиоактивные препараты и изотопы, приборы медицинской рентгеновской диагностики, а также ядерные взрывы. Поэтому обострилась проблема воздействия ионизирующих излучений на человека и другие живые организмы. Последствиями воздействия этих источников является снижение биологического разнообразия (даже уничтожение видов живых существ), ведущее к потере устойчивости и разрушению природных эко-

систем всех уровней. В связи с этим возникает необходимость организации комплексного мониторинга их изменения и предупреждения кризисных экологических ситуаций.

## 2.6. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

Системы наблюдений по объектам наблюдений классифицируются следующим образом (табл. 3).

Таблица 3

### Классификация систем наблюдения по объектам наблюдения

Вид наблюдения	Объекты наблюдения
Источники воздействия	Локальные естественные (вулканы, извержения газов, нефти и др.), антропогенные (выбросы, сбросы) источники поступления загрязнений
Характер воздействия	Виды загрязнений (энергетические, химические)
Состояние окружающей природной среды	Географические, физические, химические, биологические данные о состоянии среды
Состояние экосистемы	Реакция биоты: организмов, популяций, сообществ, изменение структуры и функций экосистем
Состояние биосферы в целом	Изменение погоды, климата, баланса продукционно-деструкционных процессов в биосфере и др.
Состояние человека	Данные о состоянии физического и психического здоровья населения

Антропогенные воздействия на экосферу и среду обитания людей подразделяются по следующим категориям:

- общий характер процессов антропогенного воздействия, определяемый формами человеческой деятельности:
  - изменение ландшафтов и целостности природных комплексов;
  - изъятие природных ресурсов;
  - загрязнение окружающей среды;
- материально-энергетическая природа воздействий:
  - механические;
  - физические (тепловые, электромагнитные, радиационные, радиоактивные, акустические);
  - физико-химические, химические, биологические, их различные сочетания;

- категории объектов воздействия:
  - природные ландшафтные комплексы;
  - поверхность земли:
  - почва;
  - недра;
  - растительность;
  - животный мир;
  - водные объекты атмосферы;
  - микросреда и микроклимат обитания;
  - люди и другие реципиенты.

Классификация системы наблюдений по объектам наблюдений:

- количественные характеристики воздействия:
  - пространственные масштабы (глобальные, региональные, локальные);
  - единичность и множественность;
  - сила воздействий и степень их опасности (интенсивность факторов и эффектов, характеристики типа «доза – эффект», допустимость по нормативным экологическим и санитарно-гигиеническим критериям, степень риска и т. п.);
  - временные параметры и различия воздействий по характеру наступающих изменений:
    - кратковременные и длительные;
    - стойкие и нестойкие;
    - прямые и опосредованные;
    - обладающие выраженными и скрытыми следовыми эффектами;
    - вызывающие цепные реакции и необратимые и т. д.

Антропогенные изменения подразделяются на преднамеренные и непреднамеренные, попутные и побочные.

К преднамеренным преобразованиям относят: освоение земель под посевы или многолетние насаждения, сооружение водохранилищ, каналов и оросительных систем, строительство городов, промышленных предприятий и путей сообщения, рытье котлованов, разрезов, шахт и бурение скважин для добычи полезных ископаемых, осушение болот и т. д.

К непреднамеренным изменениям относят: загрязнение окружающей среды, изменение газового состава атмосферы, изменение климата, кислотные дожди, ускорение коррозии металлов, образование фотохимиче-

ских туманов (смогов), нарушение озонового слоя, развитие эрозионных процессов, наступление пустыни, экологические катастрофы в результате крупных аварий, обеднение видового состава биocenozов, развитие экологической патологии у населения и т. п.

Природные ландшафты являются открытыми системами, которые многочисленными прямыми и обратными связями взаимодействуют с частными средами: воздухом, поверхностными водами, почвой и горными породами, сообществами организмов. В связи с этим возникает необходимость развития системы глобального мониторинга.

### **Контрольные вопросы**

1. Какими службами изучаются естественные изменения в природе?
2. Назовите три основные составляющие, с которыми связано изучение вопросов охраны окружающей среды.
3. Что вы знаете о смоге?
4. Расскажите о механизме образования фотохимического тумана.
5. Что такое антропогенное воздействие и чем оно опасно для планеты?
6. Чем опасны окислы азота?
7. Что понимается под словом *гидросфера*?
8. Расскажите о загрязнении природной воды в результате антропогенного воздействия.
9. Расскажите о загрязнении почвы в результате антропогенного воздействия.
10. Расскажите о загрязнении биоты в результате антропогенного воздействия.
11. Приведите классификацию систем наблюдения по объектам.
12. Что такое преднамеренные и непреднамеренные, попутные и побочные антропогенные изменения?

## **3. ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА**

### **3.1. КРИТЕРИИ И ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА**

Глобальный (биосферный) мониторинг, осуществляемый на основе международного сотрудничества, позволяет оценить современное состояние всей природной системы Земли. Глобальный мониторинг охва-

тывает наблюдения за параметрами геосферы в глобальном масштабе. Наблюдение ведут базовые станции в различных регионах планеты (30–40 сухопутных и более 10 океанических). Нередко они располагаются в биосферных заповедниках. Заповедники выбирают по определенным критериям, а именно: обязательным и желательным.

Обязательные критерии:

1) доступность – участок должен быть доступен в разумных пределах, однако на него должен быть ограничен доступ, например, большого числа автомобилей;

2) размер – размер заповедника должен быть не менее 2000 га. Такой размер позволяет свести до минимума локальные воздействия и защитить от воздействия «ядро» заповедника;

3) растительность – тип растительности в заповеднике должен приблизительно соответствовать основным биогеографическим типам земного шара;

4) охрана – заповедник должен быть взят навечно под правовую защиту;

5) штат – штат работников должен быть постоянным. Это увеличит возможность наличия следующих служб: охраны; научных исследований; ухода за местностью; технических работ при проведении наблюдений.

Желательные критерии:

1) отсутствие нарушений в прошлом – это должно обеспечивать естественный характер экосистем. Поскольку на практике трудно найти много таких заповедников, критерием является минимум нарушений;

2) неосвоенные окружающие участки – они должны гарантировать существование буферной зоны. Этот критерий частично обуславливается размером заповедника, поэтому он отнесен к желательным, а не к обязательным;

3) постоянный штат – как правило, должен быть не более 5 человек;

4) текущая научная работа – предполагается три вида работ:

- фундаментальные экологические исследования;
- изучение воздействий на среду;
- мониторинг загрязняющих веществ;

5) наличие данных – по заповеднику необходимо иметь следующие данные: метеорологические, гидрологические, геофизические, почвенные, геогидрологические, биологические.

Цель глобального мониторинга определена задачами, которые были установлены на совещании в Найроби (1974):

1. Организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека.
2. Оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат.
3. Оценка количества и распределения загрязнителей биосферы, особенно пищевых цепей.
4. Оценка критических проблем, возникающих в связи с сельским хозяйством.
5. Оценка реакции наземных экосистем на загрязнение окружающей среды.
6. Оценка загрязнения океана и его влияния на морские экосистемы.
7. Создание и усовершенствование системы предупреждения о стихийных бедствиях в международном масштабе.

Конечные цели глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС):

1. Установление уровней выбросов загрязнителей в определенной среде, их распределения в пространстве и времени.
2. Понимание скоростей и величин потоков выбрасываемых загрязнителей и вредных продуктов их превращений.
3. Обеспечение сравнения методик пробоотбора и анализов, обмен опытом организации мониторинга.
4. Обеспечение информацией в глобальном и региональном масштабах для принятия решений по управлению при борьбе с загрязнениями.

### **3.1.1. Приоритетные направления мониторинга окружающей среды**

Исследователями определен ряд высших приоритетов при рассмотрении таких объектов мониторинга, как территория, среда, ингредиенты загрязнения и источники загрязнения (табл. 4).

Определение приоритетов основывается на свойствах загрязнителей и возможности организации наблюдений и проводится по следующим критериям:

- размер фактического или возможного воздействия на здоровье и благополучие человека, на климат или экосистему;

- склонность к деградации в окружающей природной среде и накоплению в человеке и пищевых цепях;
- возможность химической трансформации в физических и биологических системах, в результате чего вторичные (дочерние) вещества могут оказаться более токсичными или вредными;
- мобильность, подвижность;
- фактические или возможные тенденции концентрации в окружающей среде и (или) в человеке;
- частота и (или) величина воздействия;
- возможность измерений;
- значение для оценки состояния окружающей среды.

Таблица 4

#### Объекты мониторинга по высшему приоритету

Объект мониторинга	Высший приоритет
Территория	Города, водные бассейны, объекты питьевого водоснабжения, места нерестилищ рыб
Среда (компонент экосистемы)	Атмосферный воздух, пресноводные водоемы
Ингредиенты загрязнения: для воздуха	Пыль, двуокись серы, тяжелые металлы (ртуть), окиси азота, окиси углерода, бензопирен, пестициды
для воды	Биогенные продукты, нефтепродукты, фенолы
Источники загрязнения (в городах)	Автомобильный транспорт, тепловые электростанции, предприятия цветной металлургии

Для того чтобы осуществлять мониторинг, необходимо четко понимать, что такое загрязнение окружающей среды и какие бывают загрязнители.

#### 3.1.2. Приоритетность определения загрязняющих веществ

Приоритетность определения загрязняющих веществ, как правило, зависит от класса опасности самого вещества, от среды, в которой находится данное вещество, и от его влияния на здоровье человека. В зависимости от приоритетности подбирается тип программы измерений данного вещества (табл. 5).

## Классификация приоритетных загрязняющих веществ

Класс приоритетности	Загрязняющее вещество	Среда	Тип программы мониторинга
1	Двуокись серы + + взвешенные частицы	Воздух	И, Р, Г
	Радионуклиды ( <sup>90</sup> Sr + <sup>137</sup> Cs)	Пища	И, Р
2	Озон	Воздух	И, Г (в стратосфере)
	ДДТ и другие хлорор- ганические соединения	Биота, человек	И, Р
	Кадмий и его соедине- ния	Пища, человек, вода	И
3	Нитраты, нитриты	Питьевая вода, пища	И
	Окислы азота	Воздух	И
4	Ртуть и ее соединения	Пища, вода	И
	Свинец	Воздух, пища	И
	Двуокись углерода	Воздух	Г
5	Окись углерода	Воздух	И
	Нефтеуглеводороды	Морская вода	Р, Г
6	Флуориды	Свежая вода	И
7	Асбест	Воздух	И
	Мышьяк	Питьевая вода	И
8	Микротоксины	Пища	И, Р
	Микробиологические загрязнения	Пища	И, Р
	Реактивные углеводороды	Воздух	И

*Примечание.* Г – глобальный, Р – региональный, И – импактный мониторинг.

Очень важно осознавать приоритетность определения загрязняющих веществ в среде обитания любому специалисту, знать принципы их выбора с точки зрения мониторинга и, как следствие, уметь оптимизировать набор технических средств контроля загрязнения различных сред.

### **3.1.3. Международный регистр потенциально токсичных веществ**

Степень опасности различных загрязнений или ущерба, наносимого загрязняющими веществами, выражается стандартизированными величинами качества атмосферы (пределами иммисии), которые обычно составляют предельно допустимые концентрации загрязнений. Пределы иммисии для одного и того же загрязняющего вещества могут различаться в зависимости от потребителя: человек, животное, растение и др. (Бретшнайдер и др., 1989). Обычно пределы иммисии определяются с позиций здоровья человека. В разных странах для наиболее серьезных загрязнений пределы иммисии являются стандартизованными величинами. Например, в Чехословакии в 1981 г. для 14 видов веществ был составлен Гигиенический указатель № 58, а в СССР установлены пределы для 146 видов отдельных веществ и 27 типов веществ совместного действия. Для различных стран установленные гигиенические пределы иммисии для одного и того же загрязнения могут отличаться.

## **3.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ФОНОВОГО МОНИТОРИНГА**

Фоновый мониторинг является частью глобального и регионального мониторинга. Его цель – проведение долговременных систематических наблюдений за уровнем содержания загрязняющих веществ во всех объектах окружающей среды в районах, которые находятся на значительном расстоянии от источников вредных выбросов. Таким образом, в результате проведения фонового мониторинга должны быть выявлены глобальные тенденции в изменениях, происходящих в биосфере на фоновом уровне загрязнений при антропогенном воздействии. Антропогенному воздействию в природе подвергаются (по Ю. А. Израилю):

1. Население, его здоровье.

2. Элементы природных или созданных человеком экосистем, используемые человеком (лес, сельхозугодья, сады, отдельные участки морей, рек, озер), а также элементы природных экосистем, не используемые человеком.

3. Абиотические составляющие биосферы и отдельных экосистем. Крупные составляющие биосферы, климатические системы, воздействие на которые ведет к геофизическим изменениям крупного масштаба, а также абиотические природные элементы небольшого масштаба, но подвер-

женные значительному антропогенному воздействию (береговые зоны, опушки леса и т. п.). Созданные человеком (города, каналы, здания, машины и т. д.).

В городах и промышленных районах критическими для интенсивного воздействия являются объекты 1-го и 3-го пунктов, в некоторой степени – 2-го пункта. Воздействию на фоновом уровне в широких масштабах подвергаются объекты 2-го и 3-го пунктов.

С заметным и недопустимым уровнем загрязнения (антропогенного воздействия) связаны изменения климата, нарушения озонового слоя, загрязнение Мирового океана, опустынивание, повреждение лесов, закисление природных сред, загрязнение природной среды радиоактивными изотопами, тяжелыми металлами, пестицидами и канцерогенными веществами. Для осуществления фоновых наблюдений создана сеть станций, которые подразделяются на базовые и региональные. Базовые станции обеспечивают получение информации об исходном состоянии биосферы и располагаются в районах, где отсутствует непосредственное антропогенное воздействие, в большинстве случаев в биосферных заповедниках. На региональных станциях получается информация о состоянии биосферы в зонах, подверженных антропогенному влиянию. Они могут располагаться вблизи урбанизированных районов. Считается, что для всего земного шара достаточно 30–40 базовых станций на суше и до 10 на акватории Мирового океана. Число региональных станций и их расположение должны обеспечивать достаточно быстрое выявление всех негативных тенденций в данном регионе. При размещении станций фонового мониторинга следует учитывать климатические, топографические, почвенные, ботанические, геологические и другие характеристики местности, расположение и удаленность крупных источников загрязнения, наличие электроэнергии и возможность создания надлежащих бытовых условий персоналу. Каждая станция должна иметь стационарный наблюдательный полигон и химическую лабораторию. Наблюдательный полигон обычно состоит из площадки (50 × 50 м), где проводятся гидрометеорологические наблюдения и отбор проб, огороженной забором и пересеченной рядом асфальтированных дорожек, и служебного здания в 15–20 м от площадки (одноэтажного площадью 20–25 м<sup>2</sup>), обеспеченного теплом и электропитанием. Химическая лаборатория (площадью 80–100 м<sup>2</sup>) должна находиться в 500 м от наблюдательного полигона, оборудована вентиляцией,

водопроводом и канализацией. В ней осуществляются хранение, обработка и анализ отобранных проб, анализ и хранение полученных материалов. Лаборатория должна быть обеспечена необходимыми приборами, оборудованием, лабораторной посудой и химическими реактивами, иметь складское помещение. Если ведутся наблюдения за водным объектом, станция фоновый мониторинга должна иметь соответствующие объекту плавсредства. Отбор проб атмосферного воздуха, атмосферных осадков, почвы и растений проводится на наблюдательном полигоне. Для отбора проб почв и биологических объектов могут быть также определены площадки за пределами станции. Пробы подземных вод отбираются обычно из существующих вблизи от станции скважин. Места отбора воды, донных отложений на водных объектах выбираются с учетом их характеристик (наличие плотин, оросительных систем, водозаборов, сбросов сточных вод, притоков). Выбору мест отбора проб может предшествовать комплексное обследование водного объекта. На станциях фоновый мониторинга ведутся постоянные гидрометеонаблюдения и определения загрязняющих веществ в природных средах. На водных объектах: уровень, расход, температура воды, волнение, течения, ледовый покров, распространение водной растительности, уровень грунтовых вод. Периодичность наблюдений – стандартная, принятая в гидрометеослужбе. Программа наблюдений за загрязнением на сухопутных фоновых станциях следующая:

1. В атмосферном воздухе (2 м от подстилающей поверхности) определяют взвешенные вещества, аэрозольную мутность, озон, оксиды углерода, серы и азота, сульфаты, нефтяные углеводороды, 3,4-БП, ДДТ и другие химически-опасные вещества (ХОП), свинец, кадмий, ртуть, мышьяк. Определения проводятся ежедневно.

2. В атмосферных выпадениях и снеге определяют свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-БП, ДДТ и другие ХОП, рН, главные катионы и анионы. Частота наблюдений: влажные осадки – интегральные пробы за 10 дней и 1 месяц; сухие выпадения – интегральная проба за 1 месяц; снег – интегральная проба на всю глубину перед сходом снежного покрова.

3. В поверхностных и подземных водах, взвесах, донных отложениях и почве определяют то же, что и по п. 2, кроме главных катионов и анионов, а также биогенные элементы. Частота наблюдений: вода и взвеси – в характерные гидрологические периоды (половодье, летняя и зимняя межень, дождевые паводки); донные отложения и почва – 1 раз в год.

4. В биологических объектах определяют свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-БП, ДДТ и другие ХОП. Частота наблюдений зависит от природы объекта.

На морских фоновых станциях программа наблюдений включает: определение загрязняющих веществ (нефтяные углеводороды, пестициды, тяжелые металлы, фенолы, СПАВ, специфические для данного района вещества), показателей среды (растворенный кислород, сероводород, рН, БПК<sub>5</sub>, нитратный, нитритный и аммонийный азот, пятивалентный и общий фосфор, кремний), показателей гидрометеорологического режима (соленость, температура воды и воздуха, скорость и направление ветра и течений, прозрачность, цветность). Частота наблюдений – 1 раз в сезон.

### **3.2.1. Факторы, влияющие на формирование фонового загрязнения**

Фоновое загрязнение конкретного объекта прежде всего зависит от его географического положения. В среднем фоновое загрязнение Южного полушария ниже, чем Северного. Сравнительно высок уровень фонового загрязнения районов Европы, Северной Америки. Самый крупный континент Земли – Азия – характеризуется наличием районов как с очень низким уровнем фонового загрязнения, так и с высоким. Низкий уровень фонового загрязнения атмосферы наблюдается над центральными частями Тихого и Индийского океанов. Все это связано, прежде всего, с крайне неравномерным распределением как природных, так и антропогенных источников загрязнения. Антропогенные источники загрязнения сосредоточены в основном в крупных городах и промышленных центрах, которые размещены в промышленно развитых странах Европы, Северной Америки и Азии. При этом в Северной Америке значительная доля промышленности расположена в восточной части США и Канады, а также вблизи Тихоокеанского побережья США. В Азии наблюдается концентрация антропогенных источников загрязнения в Японии, восточной части Китая и на некоторых территориях азиатской части России. Размещение сельскохозяйственных регионов связано с наличием плодородных почв и благоприятных климатических условий, что и определяет их неравномерное распределение по континентам и странам земного шара. Все вышесказанное подтверждается приведенными ниже данными о фоновых уровнях загрязнения различных регионов мира. В табл. 6 приведены фоновые значения загрязнения атмосферы соединениями серы. Видно, что наиболее высокие концентрации диоксида

серы и сульфатов в северо-западном и центральном районах Европы и на востоке США, самыми низкими концентрациями этих соединений характеризуются Тихий океан и Антарктида.

Таблица 6

**Концентрации соединений серы  
в атмосфере фоновых районов мира  
в 80-х годах XX в. (мкг/м<sup>3</sup>)**

Район мира	Концентрация	
	Диоксид серы	Сульфаты
<i>Европа:</i>		
северные районы	0,8	0,3
северо-запад	10	5,0–8,0
центральные районы	14	7,0–10
южные районы	1,0–6,0	–
СССР, центральные районы	1,0–4,0	2,0–10
Кавказ	0,01–0,3	0,7–10
<i>Азия:</i>		
СССР, Средняя Азия	0,8–2,1	3,0–15
Забайкалье	0,01–0,1	0,2–0,8
<i>Северная Америка:</i>		
<i>США:</i>		
восток	10–14	8–10
центр	6,0	–
запад	0,3	1,0–3,0
Канада, восточные районы	1,6–7,0	0,3–6,0
Гренландия	0,7	0,3
<i>Южная Америка</i>	0,9–3,2	0,2–1,6
<i>Африка</i>	6,1	1,5
<i>Атлантический океан:</i>		
северная часть	0,1–4,0	0,5–3,0
экваториальная часть	0,5–1,0	1,0–6,0
южная часть	0,2	2,3
<i>Тихий океан:</i>		
северная часть	0,05–0,7	0,3–0,7
южная часть	0,04–0,9	1,2
<i>Антарктида</i>	0,05–0,5	1,6
Среднее для континентальных районов	0,2–10	0,3–10

Содержание тяжелых металлов в атмосфере фоновых районов представлено в табл. 7. В основном наибольшими концентрациями характеризуются Европа и Северная Америка, хотя по некоторым металлам в числе «лидеров» следует отметить и Азию, и Африку. Наиболее «чистыми» по тяжелым металлам атмосфера и осадки наблюдаются над Тихим океаном, а вот над Северной Атлантикой содержание свинца может достигать весьма существенных значений. Особое внимание следует уделить сравнению фоновых концентраций тяжелых металлов над Арктикой и Антарктидой. В большинстве случаев атмосфера и осадки над Антарктидой содержат наименьшее количество тяжелых металлов, и лишь в случае для ртути такой вывод не однозначен.

Таблица 7

**Концентрация тяжелых металлов  
в атмосфере фоновых районов мира  
в 80-х годах XX в. (нг/м<sup>3</sup>)**

Регион	Свинец	Кадмий	Мышьяк	Ртуть	
				аэрозоль	газ
<i>Европа (без СССР)</i>	2–107	0,15–3,0	0,23–5,4	0,03–4,0	6,5–49
СССР, европейская часть	2,9–17	0,1–0,9	0,19–3,4	0,7	4,9–26
<i>Азия</i>	1,2–43	0,06–0,92	0,2–8,8	0,1–7,0	5,1–34
<i>Северная Америка</i>	3,6–72	0,17–2,0	0,3–2,5	0,02–0,6	0,5–50
<i>Южная Америка</i>	1,9–11	0,02–1,1	0,9–1,6	0,05–0,07	–
<i>Африка</i>	15–77	1,2	0,6–1,7	0,35–0,7	–
<i>Атлантический океан:</i>					
северная часть	0,05–64	0,003–0,6	0,12	0,03–0,22	0,4–3,5
южная часть	0,18–1,3	–	0,1	0,07–0,31	0,8–1,3
<i>Тихий океан:</i>					
северная часть	0,17–1,9	–	0,02–0,14	0,02–0,4	1,5–2,0
южная часть	0,12	0,029–0,035	0,14	0,04	1,0
<i>Индийский океан:</i>					
северная часть	0,5–5,7	0,02–0,1	0,23	–	–
южная часть	0,13–1,0	0,005–0,065	–	0,024	–
<i>Арктика</i>	0,2–4,9	0,05–0,39	0,2–0,6	0,02–0,4	–
<i>Антарктида</i>	0,1–0,6	0,001–0,024	0,008	0,05–0,24	–

Фоновое загрязнение окружающей среды, а следовательно, и его формирование зависит от временных факторов и характеризуется наличием годовых, сезонных, месячных, суточных и внутрисуточных колебаний. Увеличение концентраций диоксида серы, свинца, кадмия и 3,4-БП в холодный сезон по сравнению с теплым обычно связывают с увеличением мощности топливно-энергетического комплекса и соответствующим ростом выбросов названных загрязнителей. Обратная закономерность для ДДТ объясняется ростом его использования в летний период. Что касается увеличения концентраций ртути в теплый сезон для ряда биосферных заповедников, то оно может быть связано с увеличением летучести ртути при повышении температуры и, как следствие, испарением ее из различных источников. Информация по сезонным изменениям фоновых уровней загрязнения в литературе весьма обширна.

Месячные колебания фонового загрязнения являются по существу детализацией сезонных. Суточные колебания концентраций диоксида серы и сульфатов в воздухе на Западной границе СССР приведены в табл. 8. Эти данные получены в результате наблюдений, проводившихся с помощью авиации, и являются средними для диапазона высот 600 м – 5 км, поэтому они, очевидно, в основном определяются дальним переносом из стран Европы, а их величины зависят от гидрометеорологических условий в день измерений, прежде всего от направления и силы ветра.

Наличие внутрисуточного изменения фонового загрязнения делает необходимым непрерывное или хотя бы многократное в течение суток измерение концентраций для получения истинных среднесуточных величин. Исследования, проведенные в августе 1981 г. в Центрально-черноземном базовом заповеднике, показали, что максимум содержания двуокиси серы в воздухе достигается в период 9–13 ч (5 мкг/м), а в остальное время суток ее концентрация практически постоянна (около 2 мкг/м). Вблизи больших городов картина может быть иная. Например, в районе Венеции летом максимальная концентрация диоксида серы в воздухе наблюдается в 19 ч ( $6000 \text{ млн}^{-1}$ ), а минимальная – в 1 ч ( $1000 \text{ млн}^{-1}$ ), зимой же концентрация диоксида в течение суток мало изменяется ( $4000 \pm 500 \text{ млн}^{-1}$ ). Внутрисуточный ход концентрации оксида углерода (II) в крупных городах характеризуется двумя максимумами, которые наблюдаются в начале и конце рабочего дня, и двумя минимумами: небольшим – в середине дня и глубоким – около полуночи. Большое влияние на формирование фонового загрязнения оказывает дальний и местный перенос загрязняющих веществ.

Вклад дальнего переноса загрязнителей в значительной мере зависит от господствующего направления ветров.

Таблица 8

**Среднесуточные концентрации диоксида серы и сульфатов в воздухе на Западной границе СССР в 1980 г. (по данным измерений, проводившихся с помощью авиации)**

Дата	Диоксид серы (мкг/м <sup>3</sup> )	Сульфат (мкг/м <sup>3</sup> )
15.05	2,0	7,5
21.05	5,0	1,5
23.05	2,5	0,5
01.07	6,0	6,0
02.07	9,5	10
04.07	8,5	5,5
06.09	20	12
09.09	9,5	3,5
11.09	11	14

Загрязненные воды рек несут тяжелые металлы и другие загрязнители в Мировой океан. Мощность этих потоков загрязняющих веществ, а также ее сопоставление с мощностью потоков загрязняющих веществ, извергаемых вулканами, показаны в табл. 9 и 10.

Таблица 9

**Вынос металлов в Тихий океан в 1980 г. (тыс. т/год)**

Металл	Вынос	
	с продуктами вулканической деятельности	с речным стоком
Ртуть	0,0011–0,0067	0,116
Кадмий	0,037–0,299	2,73
Торий	0,3–3,3	5
Цинк	1,9–15,3	27
Свинец	0,02–2,0	1,35
Мышьяк	0,5–4,0	2,73
Кобальт	1–10	4,25
Железо	2000–20000	5800
Медь	0,5–4,35	1
Марганец	28–280	14

**Вынос металлов реками США в Мировой океан  
в 70-х годах XX в. (тыс. т /год)**

Акватория (число рек), мощность стока, м <sup>3</sup> /с	Мышьяк	Кадмий	Кобальт	Медь	Железо	Свинец	Ртуть	Марганец	Цинк
Атлантический океан (47), сток 13 798	0,27	0,22	0,13	1,25	39,6	1,43	0,15	7,61	11,1
Мексиканский залив (31), сток 20 481	0,17	0,07	0,20	2,29	37,0	0,84	0,02	9,77	9,47
Тихий океан (30), сток 24 319	0,85	0,57	0,20	4,16	167,9	2,85	0,08	14,0	10,0
Всего с территории США (168), сток 58 635	1,29	0,86	0,52	7,70	244,5	5,12	0,25	31,3	30,5

Формирование фонового загрязнения почв – достаточно сложный процесс, так как оно прежде всего связано с составом матрицы почвы, зависящим, в свою очередь, от состава образующих почву данного района минералов. Кроме того, на фоновое загрязнение почвы оказывают влияние прямой сброс в нее антропогенных загрязняющих веществ, загрязнение атмосферных осадков, сухие выпадения из атмосферы, выщелачивание различных веществ атмосферными осадками и поверхностными водами и т. д. Фоновое загрязнение биоты является производным фонового загрязнения атмосферы, поверхностных или морских вод, почв в месте произрастания или обитания данного представителя биоты. Часто также на концентрации различных загрязнителей оказывает существенное влияние способность данного вида биоты концентрировать данный загрязнитель. И, наконец, во всех случаях на формирование фонового загрязнения оказывает влияние целый комплекс физико-химических свойств загрязняющего вещества.

### 3.2.2. Методы фонового мониторинга

Методы фонового мониторинга обычно подразделяют на прямые и косвенные. Прямые методы заключаются в отборе проб среды и аналитическом определении в них конкретных загрязняющих веществ. Кос-

венные методы основаны на измерении неспецифических свойств среды, сравнении данных определенным образом подобранных фоновых станций, расчете переноса загрязняющих веществ и т. п. Фоновые концентрации загрязнителей во многих случаях существенно ниже пределов их обнаружения современными аналитическими методами. Поэтому возникает необходимость отбирать очень большие пробы (до сотен кубометров или литров), проводить концентрирование определяемого загрязнителя и отделение его от мешающих анализу примесей, а при работе с почвами и биотой – и от матрицы. Особое внимание должно уделяться устранению возможности либо строгому учету внесения изучаемого загрязняющего вещества при отборе и транспортировке пробы, а также с реактивами, которые используются в анализе. Остановимся на некоторых вопросах анализа ряда конкретных загрязнителей.

*Озон.* Наиболее перспективен спектрофотометрический метод, основанный на поглощении озоном УФ-излучения при длинах волн 250–280 нм. Второй инструментальный метод – хемилюминесцентный. Возможно также применение классических йодометрического и бромметрического методов.

*Диоксид серы.* Широко используется традиционный химический метод Веста-Гейке, основанный на измерении интенсивности окраски, получающейся при взаимодействии диоксида серы с динатрийтетрахлормеркуратом в присутствии кислого парарозалина и формальдегида. Определению мешает диоксид азота. Из инструментальных методов используют кулонометрию, флуоресцентную спектроскопию, пламенную фотометрию. На этих методах основаны и современные автоматические газоанализаторы.

*Оксиды азота.* Определяются суммарно или отдельно. Хемилюминесцентный метод основан на измерении излучения в видимой области, возникшего при взаимодействии оксида азота (II) с озоном. Для определения оксида азота (IV) его предварительно переводят в оксид азота (II). Химический метод Зальцмана сводится к фотометрическому определению нитрит-ионов, образующихся при пропускании воздуха через реактив Зальцмана. Мешающее влияние диоксида серы устраняется добавкой перекиси водорода.

*Тяжелые металлы.* При анализе различных сред тяжелые металлы обычно концентрируют методами жидкостной экстракции, сорбции на неорганических или органических сорбентах, с помощью других специальных

приемов (например, ртуть накапливается в амальгаматоре – кварцевой трубке, наполненной посеребренными стеклянными шариками). Для количественного определения используют нейтронную активацию, атомно-абсорбционную спектрофотометрию, эмиссионную спектрофотометрию, рентгенофлюоресцентный анализ и другие инструментальные методы.

*Хлорорганические пестициды.* Концентрируются и очищаются экстракцией при комнатной температуре. Наиболее перспективным методом определения является газожидкостная хроматография. Заслуживают также внимания разрабатываемые в последние десятилетия иммунохимические методы.

*Диоксины.* В настоящее время систематически при проведении фоновом мониторинге диоксины не определяются. Их фоновые концентрации в воздухе и воде могут быть на уровне десятых долей пикограмм на кубометр или литр соответственно. Из разных природных сред диоксины концентрируются экстракцией диметилсульфоксидом, дополнительно очищаются сорбцией на оксидах кремния и алюминия. Определение проводится хромато-масс-спектрометрическим методом.

### **3.2.3. Глобальное фоновое загрязнение окружающей среды**

Фоновое загрязнение районов, удаленных от мест интенсивной антропогенной деятельности, зависит от их географического положения и постепенно возрастает за счет дальнего атмосферного переноса загрязняющих веществ. Поэтому для изучения тенденций изменения фонового загрязнения необходима информация о его уровнях в среднем в фоновых районах мира.

Фоновое загрязнение атмосферы. Более всего атмосфера загрязнена взвешенными частицами. По данным 80-х годов XX в., в воздухе содержится от 5 до 50 мкг/м пыли. Наиболее чистые районы – высокогорье, океаны (6,5–12 мкг/м<sup>3</sup>). Приводим данные по различным загрязнителям атмосферы.

*Диоксид серы.* По данным 80-х годов XX в., в непромышленных районах Земли – от 0,05 до 14 мкг/м<sup>3</sup>. Западная Европа и Северная Америка – более 4 мкг/м<sup>3</sup>. Минимальные концентрации (0,05–4 мкг/м<sup>3</sup>) отмечены над океанами, в Антарктиде, в биосферных заповедниках.

*Сульфаты.* В воздухе в виде аэрозолей содержится от 0,3 до 10 мкг/м<sup>3</sup> (80-е годы). Над океанами в 200–500 км от берега – около 2 мкг/м<sup>3</sup>. Минимальные концентрации (0,3 мкг/м<sup>3</sup>) зафиксированы над восточным по-

бережьем Канады, Гренландией, севером Швеции. Для Европы средние концентрации – 5–15 мкг/м<sup>3</sup>. В растворенном виде в атмосферных осадках в среднем от 1 до 5 мг/л.

*Сероводород.* В 80-х годах в приземной атмосфере летом в среднем 1–100 мкг/м<sup>3</sup>.

*Оксид азота (IV).* Среднесуточные концентрации в 80-х годах – 0,1–18 мкг/м<sup>3</sup>. Концентрации над океанами ниже, чем над континентами. Озон. Среднесуточные концентрации в фоновых районах изменялись в пределах 4–115 мкг/м<sup>3</sup> (80-е годы).

*Свинец.* По данным 80-х годов, – в среднем от 0,05 до 136 нг/м<sup>3</sup> в воздухе. В Западной Европе – до 100 нг/м<sup>3</sup>. В горных районах (более 3000 м над уровнем моря) – 2–6 нг/м<sup>3</sup> (Европа), 4,6–21 нг/м<sup>3</sup> (Северная Америка). В атмосферных осадках – 0,3–40 мкг/л.

*Ртуть.* По данным 80-х годов, содержание аэрозольной ртути в воздухе над континентами составляет 0,02–0,5 нг/м<sup>3</sup>, на юге Норвегии и в Швейцарии – до 1,3–3,4 нг/м<sup>3</sup>.

Концентрация газообразной ртути выше аэрозольной и составляет 2–49 нг/м, в СССР – 5–15 нг/м<sup>3</sup>. В атмосферных осадках концентрация ртути – до 0,5 мкг/л.

*Кадмий.* В воздухе фоновых районов – 0,02–1,6 мг/м<sup>3</sup>. Максимум – в Западной Европе, минимум – в районе Южного полюса. В СССР – 0,2–0,3 нг/м<sup>3</sup>. В атмосферных осадках – до 1,2 мкг/л.

*Мышьяк.* В воздухе (80-е годы) – 0,2–3 нг/м<sup>3</sup>. Минимум – над океанами. В атмосферных осадках – до 1,6 мкг/л.

*3,4-бензопирен.* В воздухе неурбанизированных районов (80-е годы XX в.) – 0,1–0,5 нг/м<sup>3</sup>, над территориями национальных парков США – 0,01–1,9 нг/м<sup>3</sup>, в СССР до 0,8 нг/м<sup>3</sup>. Над океанами в среднем – 0,01 нг/м<sup>3</sup>, по мере приближения к портам концентрация 3,4-бензопирена возрастает до 3,5 нг/м<sup>3</sup>. В атмосферных осадках сельской местности США в среднем содержится 2 нг/л бензопирена, что характерно и для других сельскохозяйственных районов мира.

*Пестициды.* Содержание ДДТ и ГХЦГ в воздухе над континентами (80-е годы) составляло 0,5–1 нг/м<sup>3</sup>. В СССР оно было равно 0,05–1 нг/м<sup>3</sup>, над океанами – ниже на 2–3 порядка. В атмосферных осадках над континентами содержалось в среднем ДДТ 0,002–0,2 мкг/л, ГХЦГ – 0,001–0,1 мкг/л.

Фоновое загрязнение поверхностных вод, почв и растительности выглядит следующим образом. Содержание загрязняющих веществ, кон-

тролируемых в первую очередь в поверхностных водах, почвах и растительности фоновых континентальных районов, по мировым данным 80-х годов (по Ф. Я. Ровинскому с сотрудниками), приведено в табл. 11. Там же дано содержание этих веществ в атмосфере, не всегда строго совпадающее с соответствующими значениями, приведенными в предыдущем разделе (из-за использования материалов различных публикаций). Однако данные столбцы в табл. 11 полезны для сравнения содержания отдельных веществ во всех природных средах. Фоновое загрязнение почв другими металлами характеризуется следующими величинами (мг/кг): ванадий – 50, кобальт – 10, марганец – 850, медь – 20, молибден – 2, никель – 40, олово – 10, хром – 200, цинк – 50.

Таблица 11

**Содержание загрязняющих веществ  
в природных средах фоновых континентальных районов  
( по мировым данным 80-х годов XX в.)**

Вещество	Воздух, нг/м <sup>3</sup>	Атмосферные осадки	Поверхностные воды	Почва	Растительный материал
		мкг/л			
Свинец	0,2–40	0,03–40	0,3–4	1–70	0,2–50
Кадмий	0,02–1,5	0,01–1,5	0,01–0,9	0,01–2	0,1–1
Мышьяк	0,1–10	0,02–10	0,05–10	0,1–9,6	0,1–1
Ртуть	0,03–50	0,01–0,5	0,01–0,5	0,001–0,5	0,001–0,5
3,4-бензопирен	0,01–0,8	0,001–0,03	0,001–0,005	0,0001–0,002	0,002–0,07
ДДТ	0,01–2	0,01–0,2	0,001–0,1	0,003–0,1	0,015–0,2
ГХЦГ	0,005–3	0,01–0,04	0,001–0,05	0,001–0,1	0,01–0,15

Итак, глобальное фоновое загрязнение окружающей среды необходимо изучать постоянно и совершенствовать информационную систему мониторинга, которая позволяет оценить современное фоновое состояние биосферы, выявить тенденции его изменения, вызванные антропогенной деятельностью. Полученная фактическая и прогностическая информация является основой стратегии регулирования взаимодействия общества и природной среды.

## **Контрольные вопросы**

1. Перечислите обязательные и желательные критерии, по которым выбирают заповедные зоны.
2. Назовите задачи глобального мониторинга окружающей среды.
3. Приведите конечные цели ГСМОС.
4. Перечислите объекты мониторинга по высшему приоритету.
5. По каким критериям проводится определение приоритетов мониторинга окружающей среды?
6. От чего зависит приоритетность определения загрязняющих веществ?
7. Приведите классификацию приоритетных загрязняющих веществ по классам.
8. Чем выражается степень опасности различных загрязнений или ущерба?
9. Какова цель фонового мониторинга?
10. Что в природе подвергается антропогенному воздействию?
11. Перечислите мероприятия, включенные в программу наблюдения за загрязнениями на сухопутных фоновых станциях.
12. Перечислите факторы, влияющие на формирование фонового загрязнения.
13. От чего зависит фоновое загрязнение окружающей среды?
14. Перечислите методы фонового мониторинга и раскройте их суть.
15. О чём говорит глобальное фоновое загрязнение окружающей среды?

## **4. МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

### **4.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ.**

#### **ПРАВИЛА ОРГАНИЗАЦИИ НАБЛЮДЕНИЙ**

Основные задачи мониторинга атмосферного воздуха заключаются в систематическом получении информации о состоянии атмосферы (о качестве атмосферного воздуха и возникновении экстренной ситуации) и обеспечении ею заинтересованных организаций.

Основным принципом организации наблюдений является комплексность.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха подразделяется на две системы: 1) наблюдения; 2) контроля.

Первая обеспечивает наблюдение за качеством атмосферы в городах, населенных пунктах и на территориях, находящихся вне зоны влияния конкретных источников загрязнения, вторая – контроль источников загрязнения и регулирования выбросов вредных веществ в атмосферу.

Мониторинг осуществляется станциями и постами наблюдения. Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы изложены в ГОСТ 17.2.3.01–86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов».

Наблюдения и контроль за состоянием атмосферного воздуха проводятся в районах интенсивного воздействия и в районах, удаленных от источников загрязнения (фоновых районах).

Сеть фоновых станций, расположенная на территории РФ, включена в ЕГСЭМ. Эта информация позволяет оценить состояние и тенденции глобальных изменений загрязнения атмосферного воздуха. Здесь наблюдения проводятся по физическим, химическим и биологическим показателям.

Устанавливаются посты наблюдений трех категорий: стационарные, маршрутные и передвижные (подфакельные), с учетом репрезентативности.

*Стационарный пост* предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора воздуха для последующего анализа. Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных специфических загрязняющих веществ. Они оборудуются специальными павильонами, которые устанавливаются в заранее выбранных местах.

*Маршрутный пост* предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно установить стационарный пост или необходимо более детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например в новых жилых районах. Он устанавливается в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день объезжает 4–5 точек. Порядок объезда автомашиной выбранных маршрутных постов должен быть одним и тем же, чтобы обеспечить определение концентрации примесей в постоянные сроки.

*Передвижной пост (подфакельный)* предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния дан-

ного источника промышленных выбросов. Наблюдения проводятся с помощью оборудованной автомашины. Посты располагаются на строго фиксированных расстояниях от источника. Они перемещаются в соответствии с направлением факела обследуемого источника выброса.

Размещение стационарных постов согласовывается с местными органами Государственного комитета по гидрометеорологии и Министерства здравоохранения и социального развития РФ. Открытие, закрытие или перенос постов в течение года производится в соответствии с порядком, установленным Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам (1987).

## 4.2. ПРОГРАММА И СРОКИ НАБЛЮДЕНИЙ

Обследование состояния загрязнения воздуха проводится по Программе. Регулярные наблюдения на стационарных постах осуществляются по одной из четырех программ наблюдений: *полной (П), неполной (НП), сокращенной (СС), суточной (С)*.

*Полная (П) программа* наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения 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.

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

*Программа суточного отбора* проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. Здесь наблюдения проводятся путем непрерывного суточного отбора проб и не позволяют получить разовых значений концентрации.

Все программы наблюдений позволяют получать концентрации среднемесячные, среднегодовые и средние за более длительный период.

Одновременно с отбором проб воздуха определяются следующие метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температура воздуха, состояние погоды и подстилающей поверхности. Наблюдения на маршрутных постах, как и на стационарных, проводятся по полной, неполной или сокращенной программе. В период неблагоприятных метеорологических условий, сопровождающихся значительным возрастанием содержания примесей до высокого уровня загрязнения (ВЗ), проводятся наблюдения через каждые 3 часа. При этом отбирают пробы на территории с наибольшей плотностью населения на стационарных или маршрутных постах или под факелом основных источников загрязнения по усмотрению управления по гидрометеорологии.

### 4.3. ПЕРЕЧЕНЬ ВЕЩЕСТВ, ПОДЛЕЖАЩИХ КОНТРОЛЮ

В атмосферный воздух поступает большое количество вредных веществ, таких как пыль (взвешенные вещества), диоксид и оксид азота, оксид углерода, которые принято называть основными, а также различные специфические вещества, выбрасываемые отдельными производствами, предприятиями и цехами. Перечень веществ для измерения 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 (согласно Приказу Минприроды России от 31 декабря 2010 г. № 579 «О Порядке установления источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, подлежащих государственному учету и нормированию, и о Перечне вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих государственному учету и нормированию»). Принцип выбора вредных веществ и составления списка приоритетных веществ основан на использовании параметров потребления воздуха (ПВ):

$$\text{реального} \quad ПВи = \frac{Mi}{qi} \quad \text{и требуемого} \quad ПВи = \frac{Mi}{ПДКи} ,$$

где  $Mi$  – суммарное количество выбросов  $i$ -той примеси от источника, расположенного на территории города;  $qi$  – концентрация, установленная по данным расчетов или наблюдений.

#### **4.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУХА**

Используемые на стационарных постах средства измерения размещаются в комплексных лабораториях «Пост-1» и «Пост-2», на маршрутных и подфакельных постах – в автолаборатории «Атмосфера-11». Для отбора проб воздуха используются электроаспираторы или воздухоборники. Оборудование «Пост-1» включает: автоматические газоанализаторы ГМК-3 и ГКП-1, системы для проведения отбора проб и метеорологических наблюдений, мачту для установки датчика ветра, систему электропитания и освещения. Лаборатория «Пост-2» отличается от «Пост-1» наличием дополнительного автоматического воздухоотборника «Компонент» и электроаспиратора ЭА-2С. Лаборатория «Атмосфера-11» предназначена для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха и измерения метеорологических элементов при проведении маршрутных и подфакельных наблюдений.

#### **4.5. МЕТОДЫ, СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ**

Для контроля уровня загрязнения воздуха используются различные методы: фотокалориметрии, атомно-абсорбционной спектрофотометрии, рентгенофлуоресцентный, квазилинейчатых спектров люминесценции, потенциометрии, газовой хроматографии. Большой объем собранных данных, необходимость их широкого использования в природоохранной деятельности требуют проведения автоматизированной обработки информации по принципу распределенной машинной. Цель обработки и обобщения материалов наблюдения состоит в получении достоверной и объективной информации об уровне загрязнения атмосферы и его причинах, а также разработке рекомендаций по его снижению и доведении информации до органов, принимающих решения, и широкой общественности. Обобщение выполняется на основании данных измерений разовых или среднесуточных концентраций вредных примесей и сведений о выбросах вредных веществ в атмосферу конкретного предприятия, города и др.

Результаты обобщения информации по территории служат для выявления: 1) городов с наиболее высоким уровнем загрязнения атмосферы; 2) источников выбросов вредных веществ, вносящих наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферы городов; 3) вредных веществ, содержание которых в атмосфере определяет загрязнение воздуха в городах. Это дос-

тигается совместным анализом выбросов вредных веществ, характеристик загрязнений атмосферного воздуха и метеорологических данных, определяющих перенос и рассеивание вредных веществ в атмосфере. Обобщение материалов о загрязнении воздуха городов проводится за период от одного месяца до одного года и более. Обобщение может осуществляться по одному городу и по нескольким городам. Информационные документы оформляются в соответствии с действующими нормативными материалами, печатаются на стандартных листах белой бумаги через полтора интервала. Схемы выполняются на белой бумаге или кальке размером 150 × 150 мм.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные задачи мониторинга атмосферы.
2. Назовите виды постов наблюдения за атмосферой и кратко расскажите о назначении каждого.
3. Приведите виды программ наблюдений за атмосферой, кратко охарактеризуйте.
4. В каком документе представлен перечень вредных веществ в атмосфере, подлежащих обязательному государственному учету и нормированию?
5. На чем основан выбор вредных веществ для составления списка приоритетных вредных веществ?
6. Приведите оборудование для отбора проб воздуха.
7. Перечислите методы, используемые для наблюдения за уровнем загрязнения воздуха, и раскройте их суть.

## **5. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

### **5.1. СЕТЬ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

В результате интенсивного развития энергетики, промышленности, сельского хозяйства, транспорта водные объекты продолжают загрязняться. Наблюдения за химическим составом природных вод в нашей стране стали выполняться в системе гидрометеослужбы СССР с 1936 г., а начиная с 1964 г. сеть приступила к наблюдениям за состоянием качества поверхностных вод. С созданием общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязнением окружающей среды (ОГСНК) наблюдения за качеством поверхностных вод вступили в новый этап – этап сис-

тематического контроля за загрязнением вод по физическим, химическим и гидрологическим показателям.

*Основные задачи*, выполняемые в рамках ОГСНК, – наблюдение за качеством поверхностных вод:

1) систематическое получение как отдельных, так и обобщенных во времени и пространстве данных о качестве воды;

2) обеспечение заинтересованных организаций систематической информацией о качестве воды водоемов и водотоков и экстренной информацией о резких изменениях загрязненности воды.

*Основной принцип организации наблюдений* – их комплексность, которая предусматривает согласованную программу работ по гидрохимии, гидрологии и гидробиологии, обеспечивающую наблюдения за качеством воды по физическим, химическим, гидробиологическим показателям и проведение сопутствующих микробиологических работ. Необходимое условие наблюдений – синхронность всех систем наблюдений, систематичность проведения и согласованность сроков проведения наблюдений.

## **5.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Наиболее важным этапом организации работ по наблюдению за загрязнением поверхностных вод является выбор местоположения *пункта наблюдений*. Под таким пунктом понимают место на водоеме, в котором производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Пункты наблюдений организуются, в первую очередь, на водоемах, которые имеют большое народно-хозяйственное значение, а также подверженных загрязнению сточными водами предприятий энергетики и промышленности, хозяйственно-бытовыми стоками, а также стоками с сельхозугодий и животноводческих комплексов. Перед организацией пунктов проводят предварительные обследования, которые имеют следующие цели:

- определение состояния водного объекта, сбор и анализ сведений о водопользователях, выявление источников загрязнения, количества, состава и режима сбросов сточных вод в водоем или водоток;
- определение расположения пунктов наблюдений, створов наблюдений, вертикалей и горизонтов в них;
- установление характеристик для данного водоема или водотока загрязняющих веществ и биотопов;
- составление программы работ.

На основе материалов исследования водных объектов составляют карту-схему водоема, водотока или их частей с нанесением источников загрязнения и мест сброса сточных вод. Затем отмечают местоположение пунктов и створов наблюдения. Далее выполняют обследование водоема или водотока, во время которого исследуются источники загрязнения (место, характер, режим сброса сточных вод, их количество и состав), а также отбираются пробы воды для определения в них гидрохимических и гидробиологических показателей с целью выявления характерных для данного пункта загрязняющих веществ. В табл. 12 представлены основные программы исследования водных объектов.

Существуют и другие программы, например:

1) программа наблюдений за гидробиологическими показателями, по которой изучают сведения:

– о *фитопланктоне* – совокупности растительных организмов, населяющих толщу воды;

– *зоопланктоне* – совокупности животных, населяющих водную толщу, пассивно переносимых течениями;

– *зообентосе* – совокупности животных, обитающих на дне морских и пресных водоемов;

– *перифитоне* – совокупности организмов, поселяющихся на подводных частях речных судов, бакенов, свай и других искусственных сооружений;

2) программы наблюдений за качеством морских вод (без гидробиологических показателей), сокращенные и полная.

Состав и объем гидрохимических работ в пунктах наблюдений должны отвечать задачам наблюдений и удовлетворять требованиям заинтересованных народно-хозяйственных организаций. Перечень определяемых показателей качества воды водоемов и водотоков устанавливают с учетом целевого использования сточных вод, состава сбрасываемых сточных вод, требований потребителей информации. Все это обуславливает различие программ определения показателей состава и свойств воды для разных пунктов наблюдений. Выбор программы зависит от категории пункта наблюдения. Программы наблюдений по гидрологическим и гидрохимическим показателям и периодичность проведения наблюдений по этим показателям устанавливают в соответствии с категорией пункта наблюдения. Существует 4 категории пунктов наблюдения.

## Программы и показатели исследования водных объектов

Программа	Показатели
Обязательная	<i>Гидробиологические</i>
	Расход воды при опорных измерениях расхода на водотоках, м <sup>3</sup> /с. Уровень воды на водоёмах, м <sup>3</sup>
	<i>Гидрохимические</i>
	Визуальные наблюдения
	Температура, °С
	Цветность, град; прозрачность, см; запах, баллы
	Концентрация растворенных в воде газов: кислорода (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л), диоксида углерода
	Концентрация взвешенных веществ (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Водородный показатель, рН
	Окислительно-восстановительный потенциал Eh, mВ
	Концентрация главных ионов: хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных, кальция, магния, натрия, калия, сумма ионов (мг/дм, мг/л)
	Химическое потребление кислорода (ХПК) (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Биохимическое потребление кислорода (БПК) за 5 суток (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Концентрация биогенных элементов: аммонийных, нитридных, нитратных ионов, фосфатов, железа общего, кремния (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Концентрация широко распространенных загрязняющих веществ: нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ, летучих фенолов, пестицидов и соединений металлов (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
Сокращенная 1	<i>Гидрологические</i>
	Расход воды на водотоках, м <sup>3</sup> /с. Уровень воды на водоемах, м <sup>3</sup>
	<i>Гидрохимические</i>
	Визуальные наблюдения
	Температура, °С
	Концентрация растворенного в воде кислорода (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
Удельная электропроводность (См/см)	
Сокращенная 2	<i>Гидрологические</i>
	Расход воды при опорных измерениях расхода на водотоках, м <sup>3</sup> /с
	Уровень воды на водоёмах, м
	<i>Гидрохимические</i>
	Визуальные наблюдения
	Температура, °С
Водородный показатель, рН	

Программа	Показатели
Сокращенная 2	Удельная электропроводность (См/см)
	Концентрация взвешенных веществ (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Химическое потребление кислорода (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Биохимическое потребление кислорода за 5 суток (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Концентрация двух-трех загрязняющих веществ, основных для воды в данном пункте (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
Сокращенная 3	<i>Гидрологические</i>
	Расход воды, м <sup>3</sup> /с; скорость течения при опорных измерениях расхода на водотоках, м/с; уровень воды на водоемах, м
	<i>Гидрохимические</i>
	Визуальные наблюдения
	Температура, °С
	Водородный показатель, рН
	Концентрация взвешенных веществ (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Химическое потребление кислорода (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Биохимическое потребление кислорода за 5 суток (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)
	Концентрация всех загрязняющих воду веществ в данном пункте (мг/дм <sup>3</sup> , мг/л)

В пунктах 1-й категории наблюдения проводятся ежедневно в первом створе после сброса сточных вод. Кроме того, в этом же створе производится ежедневный отбор проб в объеме не менее 5 л, которые хранятся в течение 5 суток на случай необходимости проведения гидрохимического анализа при чрезвычайных обстоятельствах (заморных явлениях, гибели рыбы, аварийных сбросах загрязняющих веществ). Отбор проб также производится ежедекадно (по сокращенной программе 2), ежемесячно (по сокращенной программе 3) и в основные фазы водного режима (по обязательной программе).

В пунктах 2-й категории наблюдения по гидрологическим и гидрохимическим показателям проводятся ежедневно (визуальные наблюдения), ежедекадно (по сокращенной программе 1), ежемесячно (по сокращенной программе 3) и в основные фазы водного режима (по обязательной программе).

В пунктах 3-й категории наблюдения проводятся ежемесячно (по сокращенной программе 3) и в основные фазы водного режима (по обязательной программе).

*В пунктах 4-й категории* наблюдения по гидрологическим и гидрохимическим показателям осуществляются в основные фазы водного режима (по обязательной программе).

### **5.3. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КАЧЕСТВОМ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

В водной среде, как правило, сосредоточиваются сложные комплексы различных химических соединений, иначе воздействующих на организмы, чем отдельные составляющие. К этому надо добавить, что в результате превращения загрязняющих веществ, а также взаимодействия многих химических ингредиентов в водной среде происходит образование трудно поддающихся анализу химических соединений. Многие из них отличаются молекулярной устойчивостью, обладают высокой токсичностью и выраженным мутагенным эффектом, и контроль за загрязнением водных объектов только по физическим и химическим показателям даже при наличии экологически обоснованных норм содержания загрязняющих веществ в природных средах часто оказывается недостаточным. Поэтому в рамках ОГСНК с 1974 г. стали осуществляться систематические наблюдения за качеством поверхностных вод по гидробиологическим показателям.

Гидробиологические показатели, будучи важнейшим элементом наблюдений загрязнения поверхностных вод, позволяют:

- определить экологическое состояние водных объектов;
- оценить качество поверхностных вод как среды обитания организмов, населяющих водоемы и водотоки;
- определить совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ;
- определить специфический химический состав воды и его происхождение;
- проверить наличие или отсутствие вторичного загрязнения вод.

Наблюдение качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям является высокоприоритетным для обеспечения возможности прямой оценки состояния водных экологических систем, испытывающих вредное влияние антропогенных факторов. Оно выполняется с целью получения объективных данных, накопление которых необходимо для выяснения долгосрочных изменений в водных экосистемах.

Назначение гидробиологической службы состоит:

- в обеспечении народно-хозяйственных организаций систематической информацией о качестве вод и состоянии биоценозов;
- оценке эффективности мероприятий по регулированию загрязнения водной среды;
- планировании и осуществлении мероприятий по охране и рациональному использованию поверхностных вод;
- разработке и определении унифицированной системы гидробиологических показателей для оценки загрязнения водных экосистем.

Качество воды определяется совокупностью гидробиологических проб: зообентоса, перифитона, зоопланктона и фитопланктона.

*Зообентос* наиболее четко характеризует качество вод и состояние экологических систем в водотоках. В морях зообентос представлен главным образом фораминиферами, губками, кишечнополостными, многощетинковыми червями, мшанками, плеченогими, моллюсками, ракообразными и др. Основная масса зообентоса находится в мелководных районах. В пресных водоемах зообентоса значительно меньше, чем в морских, и состав его однообразнее. В него входят простейшие, губки, ресничные и малощетинковые черви, пиявки, мшанки, моллюски и т. д. Иногда он состоит из хирономид и олигохет разных видов, представляющих большую кормовую ценность для рыб.

Основу *перифитона* составляют прикрепленные животные и растения: усоногие ракообразные; двустворчатые моллюски; гидроиды; мшанки; губки; асцидии; трубчатые; многощетинковые черви; водоросли.

В пресноводном *зоопланктоне* наиболее многочисленны веслоногие и ветвистоусые рачки и коловратки; в морском – доминируют ракообразные, многочисленные простейшие (радиолярии, инфузории тинтиниды и др.), кишечнополостные (медузы, гребневики), крылоногие моллюски, оболочники, яйца и личинки рыб, личинки различных беспозвоночных, в том числе многих донных. Зоопланктон служит достаточно надежным индикатором качества вод в малопроточных водоемах, озерах, водохранилищах и прудах. Он обычно используется для получения характеристики качества вод в пунктах наблюдения за относительно короткие периоды времени.

*Морской фитопланктон* состоит в основном из диатомовых водорослей, перидиней и кокколитофорид. *Пресноводный фитопланктон* состоит из диатомовых, сине-зеленых и некоторых групп зеленых водорослей.

Наблюдения за гидробиологическим состоянием водотоков и водоемов осуществляются на стационарной гидрометеорологической сети по программе, обусловленной категорией пункта наблюдения. В пунктах 1–3-й категории наблюдения рекомендуется проводить ежемесячно (по сокращенной программе) и ежеквартально (по полной программе). В пунктах 4-й категории наблюдения рекомендуется проводить ежеквартально по полной программе.

Важным моментом наблюдений является *отбор проб фито- и зоопланктона, зообентоса, перифитона*.

В целях количественного учета фитопланктона отбор проб на водных объектах производится батометром последовательно с горизонтов 0; 2,5; 3; 10; 20 м и т. д. Затем пробы, отобранные с каждого горизонта, сливают в чистое ведро, тщательно перемешивают и отбирают пробу объемом 0,5 л. Добавляя в данную пробу 25 мл формалина, ее консервируют. В мелководьях и на малых реках отбор проб производится простым зачерпыванием 0,5 л воды с горизонта 0,2 м. В целях качественного учета отбор проб производится планктонной сетью. В глубоких местах производится тотальный лов планктона от дна до поверхности, а на мелководьях отбор проб осуществляется сетью при буксировании лодкой или при процеживании через сеть не менее 30 л воды. По окончании лова сетью осадок переливают в отдельный сосуд и консервируют. Отбор проб зообентоса для качественного анализа производится с поверхности и из толщи грунта, а также на доступной глубине с водной растительностью в прибрежной зоне водного объекта на участке протяженностью около 50 м в одну и другую сторону от створа. Сбор животных с водных растений производится сачком или скребком, а отобранная проба немедленно консервируется 4%-м раствором нейтрализованного формалина (1 часть 40%-го раствора формалина на 3 части воды). Сбор зообентоса с грунта осуществляется посредством скребка. На доступной глубине скребком срезается слой грунта, который переносится в ведро. Такая операция продлевается до тех пор, пока не наберется полведра. Затем грунт переносят в сачок-промывалку, мешок которого сшит из газа № 23, для разделения животных и грунта. При промывке часть грунта проходит сквозь ячейки сетки, а остаток в сачке «смывается» в центральную часть мешка. Затем мешок выворачивается над банкой, и оставшиеся животные с грунтом смываются в нее. Грунт с животными должен составлять не больше половины банки, так как оставшаяся часть заполняется 4%-м раствором формалина.

Отбор проб перифитона с поверхности сваи, плотин, мостов, облицовок каналов и других сооружений осуществляется с помощью ножа, пинцета, ложки. Отбор проб следует проводить осторожно, чтобы в них не попали инородные тела (частицы бетона, дерева, ила и т. д.). Пробы помещают в банки и заливают на 2/3 водой, а затем фиксируют 10 мл 40%-го раствора формалина.

#### **5.4. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВОД МОРЕЙ И ОКЕАНОВ**

Теоретический аспект проблемы охраны морских и океанических вод от загрязнения заключается в составлении научно обоснованных рекомендаций по регламентации (или полному запрещению) сброса отходов, согласно которым процессы естественной утилизации должны постоянно превалировать над процессами загрязнения и приводить к устранению нарушений в морской среде и сдвигов в экологических системах. Для этого необходимо решить широкий круг вопросов, среди которых можно выделить наиболее важные:

- систематические наблюдения и оценка состояния морских вод и влияния загрязнения на естественные физико-химические и гидробиологические условия;
- изучение путей распространения и естественной утилизации загрязняющих веществ для последующего определения возможного режима их сброса в море;
- прогноз динамики загрязнения морских вод на ближайшую и дальнюю перспективу по данным значениям сброса отходов, гидрометеорологическим и гидрохимическим условиям;
- разработка рекомендаций по оптимальному режиму сбросов в конкретных участках морей и океанов.

В отличие от пунктов наблюдения за качеством поверхностных вод, пункты наблюдения за качеством морских вод подразделяют на 3 категории.

*Пункты 1-й категории* предназначены для наблюдения за качеством морских вод в прибрежных районах, имеющих важное народно-хозяйственное значение. Пункты, как правило, располагаются в следующих районах:

- водопользования населения;
- в портах и припортовых акваториях;
- в местах нереста и сезонных скоплений ценных рыб и других морских организмов;

- в местах сброса городских сточных вод и сточных вод промышленных и сельскохозяйственных комплексов;
- в местах разведки, добычи, разработки, транспортировки полезных ископаемых;
- на устьевом взморье крупных рек.

Для наблюдения за качеством морских вод в прибрежных районах и в районах открытого моря, а также для исследования сезонной и годовой изменчивости уровня загрязненности морских вод предназначены *пункты 2-й категории*. Они располагаются, как правило, в районах, где поступление загрязняющих веществ происходит за счет миграционных процессов.

*Пункты 3-й категории* предназначены для наблюдений за качеством морских вод в районах открытого моря, для исследования годовой изменчивости загрязненности морских вод и для расчета баланса химических веществ. Пункты должны быть расположены в районах, где концентрации загрязняющих веществ обычно наиболее низкие.

Состав и объем работ в пунктах наблюдений должны отвечать определенным задачам и удовлетворять запросы заинтересованных народно-хозяйственных организаций в информации о качестве вод:

- в прибрежных зонах промышленных районов;
- рыбохозяйственных зонах;
- районах крупных, особенно портовых, городов, морских нефтепромыслов;
- зонах, удаленных от районов интенсивной хозяйственной деятельности человека.

Все это обуславливает различие программ для разных пунктов наблюдений. При наблюдении за качеством морских вод определяются следующие показатели (табл. 13).

Таблица 13

**Программа наблюдений за качеством морских вод  
(без гидробиологических показателей)**

Определяемый показатель	Единица измерения
Нефтяные углеводороды	мг/дм <sup>3</sup> , мг/л
Растворенный кислород	мг/дм <sup>3</sup> , мг/л, %
Водородный показатель	рН
Визуальные наблюдения за состоянием поверхности морского водного объекта	

Определяемый показатель	Единица измерения
Хлорированные углеводороды, в том числе пестициды	мкг/дм <sup>3</sup> , мкг/л
Тяжелые металлы: ртуть, свинец, кадмий, медь	мкг/дм <sup>3</sup> , мкг/л
Фенолы	мкг/дм <sup>3</sup> , мкг/л
Синтетические поверхностно-активные вещества	мкг/дм <sup>3</sup> , мкг/л
Дополнительные ингредиенты:	
– нитридный азот	мкг/дм <sup>3</sup> , мкг/л
– кремний	мкг/дм <sup>3</sup> , мкг/л
– соленость воды	%
– температура воды и воздуха	°С
– скорость и направление ветра	м/с
– прозрачность воды	единицы цветности
– волнение	визуально, баллы

*Примечание.* При визуальных наблюдениях отмечают явления, необычные для данного района моря (наличие плавающих примесей, пленок, масляных пятен и других включений и примесей; развитие, скопление и отмирание водорослей; гибель рыбы и других животных; массовый выброс моллюсков на берег; появление повышенной мутности, необычной окраски, пены и т. д.

Программы наблюдений за качеством морских вод постоянно совершенствуются, как и методы исследования.

### Контрольные вопросы

1. Раскройте основной принцип организации наблюдений за состоянием водных объектов.
2. Как осуществляется организация пунктов наблюдения за загрязнением поверхностных вод? От чего зависит выбор программы?
3. Расскажите о четырех категориях пунктов наблюдения.
4. Зачем нужны гидробиологические показатели?
5. Объясните назначение гидробиологической службы.
6. Как организовано наблюдение за состоянием вод морей и океанов?
7. Расскажите о наблюдении за качеством морских вод.
8. Перечислите основные мероприятия программы наблюдений за качеством морских вод.

## **6. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

### **6.1. РЕГУЛИРУЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ БИОТЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ**

Впервые в докладе Всемирной комиссии ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1987 г. предложена как основная перспектива развития нашей цивилизации, концепция «устойчивого развития природы и общества». Согласно этой концепции главная угроза существованию человечества заключается в разрушении естественной биоты Земли. Биота Земли рассматривается как единственный механизм поддержания пригодных для жизни условий окружающей среды в локальных и глобальных масштабах. Главным свойством жизни в этой системе взглядов считается способность видов к поддержанию тех факторов окружающей среды, которые пригодны для существования биоты на любом экосистемном уровне, а не способность к непрерывной адаптации в изменяющихся условиях этой среды.

Биотическая регуляция окружающей среды является важным механизмом управления окружающей средой основанным на видах, отобранных в процессе эволюции, содержащих необходимую для управления средой, генетическую информацию. Возможность выживания человечества состоит в восстановлении естественной биоты на территориях, достаточных для сохранения ее способности к регуляции окружающей среды в глобальных масштабах.

Следует сказать, что современный этап научно-технического прогресса характеризуется революционными изменениями в биологии. Биология, составляющая научную основу биологических процессов и систем, за последние несколько десятилетий сделала огромный скачок (Хиггинс и др., 1988) на пути познания жизненных явлений, и прежде всего в области микробиологии, энзимологии, молекулярной биологии и молекулярной генетики. Она вышла на лидирующие позиции в современном естествознании, на молекулярный и субклеточный уровень. Обострившиеся на пороге XXI века экологические проблемы уже не могут быть решены теми традиционными методами, которые использовались ранее. Поэтому возникла необходимость в разработке и внедрении принципиально новых методов и технологий, в которых осуществляется целевое применение

биологических систем и процессов в различных сферах деятельности человека в том числе и организации мониторинга изменения среды обитания. В связи с этим биоиндикация и биодиагностика в последнее время приобретают все большее значение.

## **6.2. БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЧАСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Поскольку оценка качества почвы, воды и воздуха приобретает в настоящее время большое значение, необходимо определять как реально существующую, так и возможную в будущем степень нарушения окружающей среды. Для этой цели используют два принципиально разных подхода: физико-химический и биологический. Биологический подход развивается в рамках направления, которое получило название биоиндикации и биомониторинга.

При организации биологического мониторинга выделяют подсистему наблюдений за реакцией основных составляющих биосферы. Целью биологического мониторинга является анализ природных объектов по биотическим показателям для экологического их контроля. В рамках поставленной цели основной задачей биологического мониторинга является определение биотической составляющей биосферы, ее отклика, реакции на антропогенное воздействие, определение функции состояния и отклонения этой функции от нормального состояния на различных уровнях: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном, уровне общества. Биологический мониторинг предназначен для решения следующих задач: 1) информационное обеспечение деятельности по сохранению биоты, т. е. определение состояния биотической составляющей биосферы (на различных уровнях организации биосистем) и ее реакции на антропогенное воздействие; 2) оценка состояния окружающей среды по биотическим параметрам. Особую роль играет выявление начальных стадий неблагоприятных изменений среды, к которым многие компоненты биоты намного чувствительнее, чем человек. Биологический мониторинг включает мониторинг живых организмов – популяций (по их числу, биомассе, плотности и другим функциональным и структурным признакам), подверженных антропогенному воздействию. Его объектами могут быть отдельные виды флоры и фауны, а также экосистемы. Например, хвойные породы чувствительны к радиоактивному загрязнению, лишайники – к тяжелым металлам, многие

представители почвенной фауны – к техногенному загрязнению. В этой подсистеме выделяются следующие наблюдения: 1) за важнейшими популяциями как с точки зрения существования экосистемы, характеризующей своим состоянием благополучие той или иной экосистемы, так и с точки зрения большой хозяйственной ценности (например, ценные виды растений или породы рыб); 2) за наиболее чувствительными к данному виду воздействия популяциями; 3) за состоянием здоровья человека, воздействием окружающей среды на человека; 4) за популяциями-индикаторами.

Таким образом, подсистемой биомониторинга является мониторинг популяций конкретных биологических видов: 1) средообразующих популяций, очевидно, для существования всей экосистемы (например, популяции доминирующих видов деревьев в лесных экосистемах); 2) популяций, имеющих большую хозяйственную ценность (например, ценные виды рыб); 3) популяций-индикаторов, состояние которых характеризует степень благополучия той или иной экосистемы и которые наиболее чувствительны к антропогенному воздействию (например, планктонные рачки *Ephura baikalensis* в озере Байкал в зоне воздействия целлюлозно-бумажного комбината).

### **6.3. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ И БИОТЕСТИРОВАНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Оценка устойчивости природных экосистем к различным видам загрязняющих веществ проводится методами биотестирования и биоиндикации (Беккер, 1989; Дикарев, 1999; Акимова, 2001; Дьяченко, 2003 и др.). По мнению С. С. Тимофеевой (2002), биотестирование – это экспериментальная оценка влияния загрязнителей на живой организм из фоновых чистых районов. Г. И. Дьяченко (2003) определяет биотестирование как оценку качества среды обитания при активном вмешательстве в природные процессы путем постановки эксперимента в природных или лабораторных условиях. Суть биотестирования сводится к определению последствий взаимодействия подопытных организмов (тест-объектов) с испытываемой средой. О степени вредного воздействия среды судят, сопоставляя изменения характеристики тест-объектов при различной продолжительности опыта в изучаемых средах. Например, для водной среды. Наиболее перспективным в биологическом мониторинге водной среды является использование гидробионтов для целей оценки ее качества. При этом в про-

цессе биотестирования дается экспериментальная оценка влияния воды, содержащей загрязнения, на стандартную культуру гидробионтов или организм из чистого района. В настоящее время состояние биоиндикации характеризуется следующими важнейшими особенностями:

- признание важности использования биоиндикаторов на всех уровнях организации живого;
- предпочтение интегрированных показателей состояния биологических систем;
- рост шкал исследования из-за понимания, что локальная угроза может стать региональной и биосферной;
- переход от точки зрения, что оптимальным является состояние природы до вмешательства человека, к распознаванию многих «приемлемых» состояний под влиянием человека;
- понимание необходимости распознавать ранние симптомы нарушения, пока расходы на восстановление не стали слишком велики.

Метод оценки абиотических и биотических факторов местообитания при помощи биологических систем часто называют биоиндикацией. Биоиндикация – это обнаружение и определение антропогенных нагрузок по реакциям на них живых организмов и их сообществ. В соответствии с этим организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых так тесно коррелируют с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки, называются биоиндикаторами. Они позволяют определять скорость происходящих изменений, пути и места скопления в экосистемах различных токсикантов, делать выводы о степени опасности для человека и биоты конкретных веществ или их сочетаний. Биоиндикация может осуществляться на различных уровнях организации живого организма (клетка, орган, организм, популяция, биоценоз). Обычно с повышением уровня организации биологических систем возрастает и их сложность, так как одновременно все более усложняются их взаимосвязи с факторами местообитания. Значительное место среди тест-объектов, которые нашли широкое применение с целью биологической индикации, по праву принадлежит растениям. Не имея возможности перемещаться в пространстве и тем самым уклоняться от влияния окружающей среды, они беспрерывно попадают под влияние неблагоприятных факторов, в связи с чем и могут быть использованы в качестве интегральных тест-систем, которые отображают суммарное воздействие экологических токсикантов (Паушева, 1988; Горюва и др., 1996, 2003 и др.). На основании

полученных результатов можно рассчитать УПП (условный показатель повреждаемости) биопараметра, который вызван неблагоприятными техногенными факторами.

Таким образом, биоиндикация – это оценка качества среды по состоянию тех или иных представителей биоты, осуществляемая путем наблюдения за ними. Объектами таких наблюдений (биоиндикаторами) могут служить биосистемы любого уровня организации. Оценка качества среды производится по биоиндикаторным признакам – тем характеристикам наблюдаемых биосистем, которые наиболее полно и точно отражают степень их благополучия.

По мнению А. И. Федоровой, А. Н. Никольской (2001), выделяются три уровня биоиндикации:

- 1) биохимические и физиологические реакции (изменение различных процессов и накопление определенных токсикантов в органах);
- 2) анатомические, морфологические, биоритмические и поведенческие реакции;
- 3) флористические, фаунистические изменения.

При биоиндикации и биотестировании с целью количественного изучения и нормирования реакций биосистем на факторы окружающей среды используются следующие основные понятия:

- 1) пространство лимитирующих экологических факторов;
- 2) функция отклика биосистемы на экологические факторы;
- 3) функция благополучия биосистемы от экологических факторов;
- 4) изобола. Изобола характеризует совокупность всех сочетаний значений факторов, оказывающих на биосистему равносильное воздействие, т. е. обуславливающих определенное постоянное значение функций благополучия. Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Например, при засолении почвы в городе листья липы по краям желтеют еще до наступления осени. Выявить такие участки можно, просто осматривая деревья. В таких случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

### **6.3.1. Формы биоиндикации**

Биоиндикация может быть специфической и неспецифической. В первом случае изменения живой системы можно связать только с одним фактором среды. Например, высокая концентрация в воздухе озона вызы-

вает появление на листьях табака (сорта Bel W3) серебристых некрозных пятен. Во втором случае различные факторы среды вызывают одну и ту же реакцию. Например, снижение численности почвенных беспозвоночных может происходить и при различных видах загрязнения почвы, и при вытаптывании, и в период засухи, и по другим причинам.

При другом подходе различают *прямую* и *косвенную* биоиндикацию. О прямой биоиндикации говорят, когда фактор среды действует на биологический объект непосредственно. В описанном выше случае серебристые пятна на листьях табака возникают от прямого действия озона. При косвенной биоиндикации фактор действует через изменение других (абиотических или биотических) факторов среды. Например, применение одного из гербицидов (2,2 дихлорпропионовой кислоты) на лугу ведет к уменьшению злаков в растительном покрове (с 55 до 12 %) и соответственно увеличению разнотравья, что может рассматриваться как прямая биоиндикация.

### 6.3.2. Биоиндикаторы

*Биоиндикаторы* – это биологические объекты (от клеток и биологических макромолекул до экосистем и биосферы), используемые для оценки состояния среды. Когда хотят подчеркнуть, что биоиндикаторы могут принадлежать к разным уровням организации живого, употребляют термин «биоиндикаторные системы».

*Критерии выбора биоиндикатора:*

- быстрый ответ;
- надежность (ошибка < 20 %);
- простота;
- мониторинговые возможности (постоянно присутствующий в природе объект).

*Типы биоиндикаторов:*

1. *Чувствительный.* Быстро реагирует значительным отклонением показателей от нормы. Например, отклонения в поведении животных, в физиологических реакциях клеток могут быть обнаружены практически сразу после начала действия нарушающего фактора.

2. *Аккумулятивный.* Накапливает воздействия без проявляющихся нарушений. Например, лес на начальных этапах его загрязнения или вытаптывания будет прежним по своим основным характеристикам (видовому составу, разнообразию, обилию и пр.). Лишь по прошествии како-

го-то времени начнут исчезать редкие виды, произойдет смена преобладающих форм, изменится общая численность организмов и т. д. Таким образом, лесное сообщество как биоиндикатор не сразу обнаружит нарушение среды.

Биоиндикаторы принято описывать с помощью двух характеристик: *специфичность* и *чувствительность*. При низкой специфичности биоиндикатор реагирует на разные факторы, при высокой – только на один (см. примеры по специфической и неспецифической биоиндикации). При низкой чувствительности биоиндикатор отвечает только на сильные отклонения фактора от нормы, при высокой – на незначительные.

*Тест-организмы* – это биоиндикаторы (растения и животные), используемые для оценки качества воздуха, воды или почвы в лабораторных опытах. Примеры тест-организмов:

- одноклеточные зеленые водоросли (хлорелла, требоуксия из лишайников и пр.);
- простейшие (инфузория-туфелька);
- членистоногие (рачки дафния и артемия);
- мхи (мниум);
- цветковые (злак плевел, кресс-салат).

Одно из основных требований к тест-организмам – это возможность получения культур из генетически однородных организмов. В таком случае отличия между опытом и контролем с большей вероятностью могут быть отнесены на счет нарушающего фактора, а не индивидуальных различий между особями.

#### **6.4. БИОИНДИКАЦИЯ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО**

Биоиндикация может осуществляться на всех уровнях организации живого: биологических макромолекул, клеток, тканей и органов, организмов, популяций (пространственная группировка особей одного вида), сообществ, экосистем и биосферы в целом. Признание этого факта – достижение современной теории биоиндикации. На низших уровнях биоиндикации возможны прямые и специфические формы биоиндикации, на высших – лишь косвенные и неспецифические. Однако именно последние дают комплексную оценку влияния антропогенных воздействий на природу в целом.

### 6.4.1. Клеточный и субклеточный уровни

Биоиндикация на этих уровнях основана на узких пределах протекания биотических и физиологических реакций. Ее достоинства заключаются в высокой чувствительности к нарушениям, позволяющим выявить даже незначительные концентрации поллютантов, и выявить их быстро. Результаты действия поллютантов следующие:

- нарушение биомембран (особенно их проницаемости);
- изменение концентрации и активности макромолекул (ферменты, белки, аминокислоты, жиры, углеводы, АТФ);
- аккумуляция вредных веществ;
- нарушение физиологических процессов в клетке;
- изменение размеров клеток.

Чтобы разработать тот или иной способ биоиндикации на этом уровне, необходимо выяснить механизмы действия поллютантов.

*Влияние поллютантов на биомембраны (на примере клеток растений):*

1. *Сернистый газ.*  $\text{SO}_2$  проникает в лист через устьица, попадает в межклеточное пространство, растворяется в воде с образованием  $\text{SO}_3/\text{HSO}_3$  ионов, разрушающих клеточную мембрану. В итоге снижается буферная емкость цитоплазмы клетки, изменяются ее кислотность и редокс-потенциал.

2. *Озон и другие окислители*, например пероксиацетилнитрата. Нарушают проницаемость мембран. Этот эффект усугубляется в присутствии ионов тяжелых металлов.

Во всех случаях особенно сильно страдают мембраны хлоропластов – тилакоидные. Их разрушение – основная причина снижения фотосинтеза при воздействии поллютантов. Процесс фотосинтеза, как очень чувствительный, служит для биоиндикации загрязнения среды. При этом оценивают: 1) интенсивность фотосинтеза, 2) флуоресценцию хлорофилла. В качестве тест-организма часто используют мох мниум.

*Изменение концентрации и активности макромолекул. Ферменты.* Действие поллютантов на ферменты нарушает процесс нормального присоединения фермента к субстрату (С-Ф). Это может происходить тремя различными способами:

- 1) к ферменту вместо субстрата присоединяется поллютант-ингибитор с образованием комплекса Ф-И (отравление СО);
- 2) поллютант ингибирует фермент, расщепляя его связь с субстратом: С-Ф;

3) присоединяясь к субстрату вместе с ферментом, поллютант ингибирует его: С-Ф-И.

В итоге нарушаются различные процессы, например:

– ассимиляция углекислого газа в процессе фотосинтеза.  $SO_2$  связывается с активным центром ключевого фермента фотосинтеза (рибулозо-дифосфат карбоксилазы) вместо  $CO_2$  и тормозит фиксацию  $CO_2$  в цикле Кальвина. Газообмен  $CO_2$  в принципе пригоден для биоиндикации;

– взаимодействие  $SO_2$  с HS-группами белков, что ведет к разрушению ферментов (показано для малатдегидрогеназы).

*Синтез защитных веществ в клетке.* В клетках растений под действием различных нарушений накапливаются определенные защитные вещества. Биоиндикация связана с определением концентрации этих веществ в растениях:

– пролин – аминокислота, считающаяся индикатором стресса. Ее концентрация возрастала в листьях тисса вблизи дорог с интенсивным движением транспорта, в листьях каштана при засолении почвы;

– аланин – аминокислота, накапливалась в клетках водоросли требуксии, сосны и кукурузы при загрязнении;

– пероксидаза и супероксиддисмутаза – при воздействии стрессоров образуются токсичные перекиси, которые пероксидаза обезвреживает. Например,  $SO_2$  вызывает увеличение активности пероксидазы и появление изоферментов супероксиддисмутазы, что можно выявить с помощью гель-электрофореза.

*Пигменты.* При загрязнении в клетках растений происходят следующие изменения пигментов:

– уменьшается содержание хлорофилла;

– понижается отношение хлорофилл а / хлорофилл в, отмечается, в частности, у ели при хроническом задымлении  $SO_2$ ;

– замедляется флуоресценция хлорофилла.

При биоиндикации все эти изменения фиксируют с помощью приборов: хроматографа, спектрофотометра и флуориметра.

*Аденозинтрифосфорная кислота.* Содержание АТФ – универсального источника энергии в клетке – важный показатель ее жизнеспособности.

С ростом концентрации  $SO_2$  в воздухе энергетический запас клеток растений (сосна, водоросль требуксия) снижается.

*Белки.* При загрязнении в клетках уменьшается концентрация растворимых белков.

*Углеводы.* В целях биоиндикации может быть использовано наблюдение о росте содержания глюкозы и фруктозы в листьях гороха при действии газодымных выбросов.

*Липиды.* Газовые выбросы ведут к уменьшению содержания миристиновой, пальмитиновой и лауриновой кислот и к увеличению линолевой и линоленовой кислот в составе липидов.

*Аккумуляция вредных веществ.* Хорошим показателем загрязнения среды может служить повышенная концентрация поллютантов в клетках живых организмов. Так, обнаружена корреляция между содержанием свинца в листьях тисса и интенсивностью движения в городах.

Накопление ртути в перьях птиц позволило с помощью чучел проследить динамику загрязнений ртутью. Обнаружено, что с начала 40-х годов XX века содержание ртути в перьях фазана, куропаток, сапсана и других увеличилось в 10–20 раз по сравнению с 1840–1940 гг.

*Изменение размеров клеток.* Показано, что при газодымном загрязнении:

- увеличиваются клетки смоляных ходов у хвойных деревьев;
- уменьшаются клетки эпидермиса листьев.

*Нарушение физиологических процессов в клетке. Плазмолиз.* В клетках растений под действием кислот и SO<sub>2</sub> цитоплазма отслаивается от клеточной стенки.

#### **6.4.2. Организменный уровень**

Еще в древности некоторые виды растений использовали для поиска руд и других полезных ископаемых. Повреждения растений дымом были отмечены в середине XIX века вокруг содовых фабрик Англии и Бельгии.

Преимущества биоиндикации на этом уровне – это небольшие затраты труда и относительная дешевизна, поскольку не требуются специальные лаборатории и высокая квалификация персонала.

Морфологические изменения растений, используемые в биоиндикации:

1. *Изменение окраски листьев* (неспецифическая, реже специфическая реакция на различные поллютанты):

– *Хлороз* – бледная окраска листьев между жилками. Отмечали при избытке в почве тяжелых металлов и при газодымовом загрязнении воздуха.

– *Пожелтение* участков листьев. Характерно для лиственных деревьев при засолении почвы хлоридами.

– *Покраснение*, связанное с накоплением антоциана. Возникает под действием сернистого газа.

– *Побурение* или *побронзовение*. Часто означает начальную стадию некротических повреждений.

– *Листья как бы пропитаны водой* (как при морозных повреждениях). Возникает под действием ряда окислителей, например пероксиацетилнитрата.

– *Серебристая* окраска листьев. Возникает под действием озона на листьях табака.

2. *Некрозы* – отмирание участков ткани листа, их форма иногда специфична.

– *Точечные и пятнистые*. Серебристые пятна на листьях табака сорта Bel W3 возникают под действием озона.

– *Межжилковые* – некроз тканей между боковыми жилками 1-го порядка. Часто отмечают при воздействии сернистого газа.

– *Краевые*. На листьях липы под влиянием соли (хлорида натрия), которой зимой посыпают городские улицы для таяния льда.

– *«Рыбий скелет»* – сочетание межжилковых и краевых некрозов.

– *Верхушечные* некрозы. У однодольных покрытосеменных и хвойных растений. Например, хвоинки пихты и сосны после действия сернистого газа становятся на вершине бурыми, верхушки листьев гладиолусов после окулирования фтористым водородом становятся белыми.

3. *Преждевременное увядание*. Под действием этилена в теплицах не раскрываются цветки у гвоздики, увядают лепестки орхидей. Сернистый газ вызывает обратимое увядание листьев малины.

4. *Дефолиация* – опадание листвы. Обычно наблюдается после некрозов и хлорозов. Например, осыпание хвои у ели и сосны при газодымовом загрязнении воздуха, листьев лип и конских каштанов – от соли для таяния льда, крыжовника и смородины – под действием сернистого газа.

5. *Изменения размеров органов* обычно неспецифичны. Например, хвоя сосны вблизи заводов удобрений удлиняется от нитратов и укорачивается от сернистого газа. У ягодных кустарников дым вызывает уменьшение размеров листьев.

6. *Изменения формы, количества и положения органов*. Аномальную форму листьев отмечали после радиоактивного облучения. В результате локальных некрозов возникает вздувание или искривление листьев, сращение или расщепление отдельных органов, увеличение или уменьшение частей цветка.

7. *Изменение жизненной формы* растения. Кустовидная или подушечная форма роста свойственна деревьям, особенно липе, при сильном устойчивом загрязнении воздуха (HCl, SO<sub>2</sub>).

8. *Изменение жизнестойкости*. В присутствии многих поллютантов бонитет деревьев понижается от 1–2 класса до 4–5. Обычно это сопровождается изреживанием кроны и уменьшением прироста. Изменения прироста неспецифичны, но широко применяются, так как чувствительнее, чем некрозы. Измеряют радиальный прирост стволов, прирост в длину побегов и листьев, корней, диаметр таллома лишайника.

9. *Изменение плодовитости*. Обнаружено у многих растений. Например, при действии поллютантов уменьшается образование плодовых тел у грибов, снижается продуктивность у черники и ели. Некоторые виды лишайников не образуют плодовых тел в сильно загрязненном воздухе, но способны размножаться вегетативно.

## 6.5. БИОИНДИКАЦИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Как и в случае физико-химических методов экоаналитического контроля, при биоиндикации существуют определенные особенности в зависимости от исследуемой среды. Рассмотрим эти среды.

### *Биоиндикация в наземно-воздушной среде с помощью растений*

Использование растений для оценки качества среды называется фитоиндикацией. Поскольку наибольший эффект дает использование растительных сообществ, то это направление получило специальное название – индикационная геоботаника [14]. Индикация ведется на уровне видов. Индикатором называют определяемое свойство или фактор среды, а индикатором – вид растений, с помощью которого определяют свойство среды. С помощью растений проводится индикация свойств почв:

- *оглеенность* – черника, таволга вязолистная, вербейник обыкновенный;
- *запас питательных элементов в почве (трофность)*:
  - олиготрофы (сфагновые мхи и лишайники; из цветковых – виды с микоризой: черника, брусника, вереск, клюква, багульник; растения песчаных почв: кошачья лапка, ястребинка волосистая);
  - мезотрофы (зеленые мхи, земляника, грушанка, вероника дубравная, иван-да-марья, душица);
  - эвтрофы (мох мниум, папоротник страусово перо, малина, таволга вязолистная, крапива двудомная, иван-чай, медуница);

- *содержание азота:*
    - нитрофилы (недотрога, крапива двудомная, хмель, малина, иван-чай, звездчатка дубравная, лопух, пустырник);
    - нитрофобы (дрок красильный);
  - *кислотность (рН) почвы:*
    - крайние ацидофилы (рН 3–4,5): сфагнум, гилокомиум, дикранум, плауны, водяника, марьянник луговой, ожика волосистая, пушица влажлищная, щучка, белоус, вереск;
    - умеренные ацидофилы (рН 4,5–6): черника, брусника, багульник, сушеница, кошачья лапка, толокнянка;
    - нейтральные (рН 6–7,3): растения дубрав – сныть, клубника зеленая, таволга шестилепестная;
    - базофилы (рН > 7,8): бузина, вяз, бересклет, крушина, крапива двудомная, хмель, недотрога, гравилаты.
- Для количественной оценки индикаторов разработаны шкалы значимости и достоверности (табл. 14).

Таблица 14

**Шкала достоверности индикаторов  
(за 100 % принято число участков с индикатором)**

Процент площадок, на которых индикат и индикатор сопрягаются	Степень достоверности	Оценка индикатора
100	Наивысшая	Абсолютный
> 90	Высокая	Верный
75–90	Достаточная	Удовлетворительный
60–75	Низкая	Сомнительный
< 60	Ничтожная	Индикация невозможна

Важно и то, насколько часто встречается индикатор в пределах площади, на которой присутствует индикат.

*Биоиндикация в водной среде*

Основные задачи, которые решаются при оценке качества воды, могут быть объединены в три группы:

- угроза инфекционных заболеваний;
- токсичность;
- эвтрофикация.

Рассмотрим эти группы.

1. Угроза инфекционных заболеваний. Решение первой задачи достигается при мониторинге загрязнения водоемов сточными водами. Именно канализационные стоки могут содержать патогенные микроорганизмы – основной источник инфекций, передаваемых через воду. Поскольку патогенных микроорганизмов много, каждый выявлять трудоемко и нецелесообразно, разработан тест на кишечную палочку (*Escherichia coli*). Эта бактерия обитает в огромных количествах в толстой кишке человека и отсутствует во внешней среде. *E.coli* не патогенна и даже необходима человеку, но ее присутствие во внешней среде – индикатор неочищенных канализационных стоков, в которых могут быть и патогенные микробы.

Для анализа берут пробы воды объемом 100 мл и подсчитывают содержание в них *E.coli* (табл. 15).

Таблица 15

**Категорирование загрязнения воды  
по содержанию кишечной палочки**

Содержание <i>E.coli</i> в 100 мл воды	Категория загрязнения воды
0	Безопасна для питья
100–200	Безопасна для плавания
>200	Опасна для плавания

2. Токсичность. Подавляющее большинство тестов токсичности воды в биоиндикации использует какой-либо один вид организмов: рачки дафния и артемия, инфузория-туфелька, красные и бурые водоросли, валлиснерия, ряска. У тест-организмов оценивают выживание, дыхательную активность и другие показатели. Например, с помощью ряски можно обнаружить присутствие ионов тяжелых металлов двумя способами:

- по нарушению движения хлоропластов, которые не концентрируются в клетке со стороны источника света, а перемещаются хаотически;
- отмиранию клеток листа, что можно обнаружить, используя специальный краситель, легко проникающий в мертвые клетки, но неспособный окрасить живые. Количество мертвых клеток пропорционально концентрации ионов тяжелых металлов в воде.

3. Эвтрофикация. По содержанию в воде биогенов различают следующие трофические типы водоемов: олиготрофный (бедный биогенами), эвтрофный (богатый биогенами) и промежуточный мезотрофный. В оли-

готрофных водоемах недостаток биогенов не допускает развития фитопланктона (одноклеточных водорослей в толще воды), но хорошо развивается бентосная растительность. Такие экосистемы включают много видов, они разнообразны и устойчивы. В эвтрофных водоемах обилие биогенов сопровождается массовым развитием фитопланктона, помутнением воды, обеднением бентосной растительности из-за недостатка света, дефицитом кислорода на глубине, что ограничивает биоразнообразие. Экосистема утрачивает многие виды, упрощается, становится неустойчивой.

Разработаны и количественные способы оценки водоемов:

– массовое развитие олигохет – индикатор спуска бытовых отходов.

Предложено уровень загрязнения оценивать по плотности этих червей: слабое загрязнение – 100–999 экз./м<sup>2</sup>, среднее – 1000–5000; сильное > 5000 экз./м<sup>2</sup>;

– индекс сапробности Сладечека  $S = sh/h$ .

Организмы полисапробы имеют значимость 4, а-мезосапробы – 3, в-мезосапробы – 2 и олигосапробы – 1. Относительное количество особей (h) учитывается в баллах: массовые скопления – 5, частая встречаемость – 3, случайные находки – 1. В загрязненных водоемах индекс принимает значения от 4,51 до 8,5; в чистых – от 0 до 0,5.

### *Биоиндикация в почве*

Биоиндикация применяется в случаях:

– установления таксона почвы и ее происхождения;  
– выяснения отдельных свойств почвы и почвенных процессов;  
– оценки антропогенного вмешательства (рекреация, загрязнение, эвтрофикация почв). Рассмотрим эти случаи.

1. Установление таксона почвы и ее происхождения.

А. Выяснение природы красноцветных почв южного берега Крыма по данным почвенной фауны. По данным почвенной зоологии оказалось, что 96 % всех видов беспозвоночных красноцветных почв Крыма имеют средиземноморское распространение или более широкое, и только 4 % обитают в других областях. В других типах почв южного берега Крыма средиземноморские виды уступают широко распространенным. Беспозвоночные указывают на то, что условия обитания (и прежде всего гидротермический режим) в красноцветных почвах Крыма такие же, как и в других красных почвах Средиземноморья. Следовательно, с точки зрения почвенной зоологии, красноцветные почвы на выходах известняков в Крыму – это terra rossa, образующиеся в настоящее время, а не реликтовые почвы.

Б. Выяснение природы почв безлесных горных вершин северо-западного Кавказа. Это степные участки на высоте, где мог бы расти лес. Почвы под ними специалисты относили то к черноземам, то к горно-луговым, то к перегнойно-карбонатным и т. д.

Исследования почвенной фауны показали, что она складывается в основном из тех же видов, которые преобладают в почвах целинных разнотравно-ковыльно-типчаковых степей на равнине. Таким образом, по зоологической оценке почвы на вершинах являются своеобразными черноземами.

В. Черноземы иногда могут формироваться под светлыми дубовыми лесами (юг Молдавии, Центрально-Черноземный заповедник). Было показано, что население беспозвоночных здесь сходно с населением степей, а не лесов. В таких случаях животные более четко отражают почвенные условия, чем естественный растительный покров.

## 2. Выяснение отдельных свойств почвы.

### • Механический состав

Мокрицы – показатели тяжелых почв (в песчаных почвах их норки обрушиваются). По останкам пустынных мокриц установлено, что современные такыры недавно были солончаками.

Вертикальное распределение микроартропод коррелирует с общей порозностью почвы.

### • Виды гумуса

Грубый гумус (мор) диагностируют многоножки-геофилиды, мягкий гумус (мулль) – личинки комаров-долгоножек. В настоящее время для отдельных групп, например коллембол, выявлены виды, характерные для разных видов лесного гумуса.

### • Степень гумификации органических остатков

Зоологическая характеристика компостов по Н. М. Черновой позволяет отличать разные стадии созревания компостов по преобладанию разных групп беспозвоночных (в зрелых компостах много дождевых червей, среди коллембол преобладают белые почвенные формы).

Разные стадии разложения древесины осуществляются при участии разных групп организмов, которые могут служить индикаторами. Первую стадию маркируют жуки-усачи и короеды, вторую – ферментативная активность грибов, третью – муравьи и четвертую – дождевые черви.

### • Кислотность (рН)

Кислотность – один из ведущих факторов, определяющих видовой состав и численность сообществ почвенных беспозвоночных. Численность дождевых червей, например, обычно прямо пропорциональна рН от 3 до 8.

- Содержание кальция

Калькофилы – это наземные раковинные моллюски, многоножки-диплоподы, сухопутные рачки-мокрицы, раковина или панцирь которых состоят в основном из углекислого кальция. Обилие этих групп в почве говорит о большом содержании кальция.

- Гидротермический режим

В Восточной Сибири встречаемость в почве личинок майского хруща говорит о том, что вечная мерзлота залегает не ближе 2,2–3 м от поверхности почвы и что зимой не происходит смыкания промерзшего слоя с вечной мерзлотой. В Европейской части присутствие личинок майского хруща – показатель глубокого залегания грунтовых вод.

### 3. Диагностика элементарных почвенных процессов.

Существует 14 элементарных почвенных процессов (ЭПП), в том числе оглеение, олуговение, образование лесной подстилки, остепнение, засоление и др. Для диагностики этих процессов могут быть использованы экогруппы почвенных беспозвоночных, объединения видов со сходным пространственным распределением. Особенно наглядно выделяются экогруппы по катене – ландшафтному профилю, проходящему от местной депрессии к местному водоразделу. Так, для степной катены Барабинской низменности Мордкович выделил восемь экогрупп имаго жуужелиц: пойменно-болотная, болотная, солончаковая, лесная, лугово-лесная, солонцовая, луговая и степная.

То, что виды предпочитают одну и ту же часть катены, говорит об их адаптированности к какому-то одному интегральному фактору, который является ведущим в данном типе почв. Таким фактором можно считать ЭПП, который влияет на жуужелиц через изменение экологической обстановки. В таком случае пойменно-болотная экогруппа жуужелиц четко диагностирует место и интенсивность глеевого процесса в верхней части почвы, болотная – торфообразование, солончаковая – солончаковый процесс (галобионты), лугово-лесная – осолодение, солонцовая – осолонцевание (мелкие плоские жуужелицы, обитающие в трещинах), луговая – луговое гумусонакопление, степная – степной почвообразовательный процесс, лесная – процесс образования лесной подстилки.

### *Обобщение принятых в биоиндикации подходов к анализу результатов*

Из приведенных выше разделов ясно, что такие сложные биологические объекты, как популяции, сообщества, экосистемы в воде или на суше, можно описывать с использованием двух разных подходов:

– *микроскопический* подход предполагает накопление по возможности полной информации о наибольшем числе биологических показателей. Эти показатели пытаются связать с характеристиками среды системой уравнений. Подход используют для моделирования;

– *макроскопический* подход основан на выборе немногих, но наиболее информативных показателей. Они могут быть двух категорий: дескрипторы и маркеры. *Дескрипторы* – это интегральные характеристики, получаемые из совокупности показателей «микроскопического» описания (например, индекс биологической интегрированности). *Маркеры* – наиболее существенные, ключевые характеристики, выбранные из числа прочих, такие как видовое разнообразие или продуктивность экосистем.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие задачи решает биологический мониторинг?
2. В чем суть методов биоиндикации и биотестирования среды обитания?
3. Что такое биоиндикаторы?
4. Перечислите типы биоиндикаторов.
5. Что такое клеточный и субклеточный уровни?
6. Перечислите основные задачи, которые решаются при оценке качества воды, раскройте их суть.
7. Что такое гумус? Перечислите его виды.
8. Для чего и как осуществляется диагностика элементарных почвенных процессов?

## **7. МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

### **7.1. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ.**

#### **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ЗАДАЧИ И ВИДЫ НАБЛЮДЕНИЙ**

Последствия антропогенного загрязнения почв проявляются в настоящее время не только в городах, районах интенсивного применения ядохимикатов вблизи горно-металлургических и нефтехимических комплексов, но на региональном и даже глобальном уровне. При исследованиях и картографировании почв характер наблюдений и их содержание в городских и сельских условиях имеют свою специфику. При наблюдении за уровнем загрязнения почв необходимо определить не только состав и концентрацию загрязнителей, но и возможное развитие процессов их

перераспределения, выноса в дальнейшем при сохранении существующих условий в случае проведения мероприятий по уменьшению уровня загрязнения. Такие мероприятия существенно изменяют водный, солевой, биологический и другие режимы. В составе атмосферных выбросов, загрязняющих почву, принято выделять макро- и микроэлементы, газы и гидрозоли, сложные органические соединения. Предполевая подготовка к проведению почвенного опробования проводится, как правило, в зимний период и включает:

- подбор картографического материала (почвенных, геохимических, геоботанических карт, масштаб которых соответствует масштабу более детальных топографических карт, по которым будет осуществляться экспедиционная работа);

- сбор сведений об источниках загрязнения почв (расположение, сырьё, объёмы производства и отходов);

- выбор маршрутов, определение сроков проведения работ и последовательности обработки площадей;

- рекогносцировочные работы с отбором объединённых проб по редкой сети;

- выбор ключевых участков.

При проведении работ необходимо иметь в виду:

- влияние химических веществ антропогенного происхождения на почвенный покров, особенно вблизи источников загрязнения, комплексно;

- негативные последствия загрязнения почв проявляются на региональном и даже глобальном уровне.

Содержание и характер наблюдений за уровнем загрязнения почв и их картографированием в сельских и городских условиях имеют свою специфику. Наблюдения должны обеспечивать решение следующего круга задач:

- регистрацию современного уровня химического загрязнения почв, выявление географических закономерностей и динамики временных изменений загрязнения почв;

- предоставление информации об уровне загрязнения почв заинтересованным организациям;

- прогноз тенденций изменения химического состава почв в ближайшем будущем и оценку возможных последствий загрязнения почв;

- разработку природоохранных мероприятий, направленных на улучшение состояния загрязнённых почв.

Исходя из перечисленных выше задач, можно выделить следующие виды наблюдений:

- режимные (систематические) за уровнем содержания химических веществ в почвах в течение определённого промежутка времени;
- комплексные, включающие исследования процессов миграции загрязняющих веществ в системе атмосферный воздух – почва, почва – растение, почва – вода и почва – донные отложения;
- изучение вертикальной миграции загрязняющих веществ в почвах по профилю;
- наблюдения за уровнем загрязнения почв в определённых пунктах, намеченных в соответствии с запросами тех или иных организаций.

При развёрнутых стационарных наблюдениях отбор проб проводится в любое время года. В остальных случаях – в сухой период, т. е. летом или в начале осени. При выборе участков наблюдения город (промышленный комплекс) размещают в центре карты. Из центра проводят окружности радиусом 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 8.0; 10; 20; 30; 50 км. Затем на карту наносят контур многолетней розы ветров, самый большой вектор которой 20–30 км соответствует наибольшей повторяемости ветров. В направлении радиусов строят секторы шириной от 200–300 м до 1–3 км для работы в масштабе 1: 10 000. Правильно проведённые рекогносцировочные работы и анализ материалов, собранных в предполевой период, анализ объединённых проб, взятых из верхних слоев почвы, позволяют значительно сократить время и затраты на проведение основных работ на ключевых участках. Ключевые участки включают фоновые и техногенные. Непосредственно в городской черте отбор проб производится по квадратной сетке, обеспечивающей плотность 5–6 проб на 100 га, методом конверта со стороной 5–10 м с глубины 20 см. По результатам исследований составляются специализированные карты на топографической основе. Карты сопровождаются пояснительной запиской, в которой приводится описание методики отбора проб, даются и характеристики использованных видов анализа, приводятся физико-географические и метеорологические условия региона, даётся характеристика источников загрязнения. Результаты анализов представляются в табличной форме.

## **7.2. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА УРОВНЕМ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЬЮ**

Влияние химических веществ антропогенного происхождения на почвенный покров, особенно вблизи источников загрязнения (вокруг

городов, промышленных и сельскохозяйственных комплексов, автомагистралей и т. д.), постоянно возрастает. Негативные последствия антропогенного загрязнения почв уже проявляются на региональном и даже на глобальном уровне. Поэтому в настоящее время разработка программ наблюдения за химическим загрязнением почв является актуальной задачей. Создание таких программ, прежде всего, требует адекватной оценки современного состояния почв и прогноза изменений этого состояния. Получение такой информации – задача системы наблюдений за уровнем химического загрязнения почв, т. е. системы оценки состояния почв, испытывающих воздействие антропогенных загрязняющих веществ. Перед осуществлением полевой программы наблюдений за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами (Дьяченко, 2003) в природных и сельскохозяйственных ландшафтах необходимо провести планирование работ:

- определить примерное количество точек отбора почв, которые дадут основной физический материал;
- составить схему их территориального размещения;
- наметить полевые маршруты или последовательность обработки площадей;
- установить календарные сроки исполнения задания.

Необходимо собрать следующие сведения об источниках: о загрязнении почв; расположении; используемом сырье; объеме производства; отходах. Наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах и на окружающей территории носят характер экспедиционных работ и поэтому включают в себя все мероприятия по подготовке к ним. Однако удобнее сбор материалов проводить в сухое время года, в период уборки урожая основных сельскохозяйственных культур, т. е. летом и в начале осени. При развернутых стационарных наблюдениях отбор проб производится независимо от времени экспедиционных работ. *Повторные наблюдения* за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами ранее обследованных территорий осуществляются через 5–10 лет. Протяженность зоны загрязнения почв определяется скоростью и частотой ветров данного румба (розой ветров), характером выбросов в атмосферу (плотностью вещества, дисперсностью частиц), высотой труб, рельефом территории, растительностью и т. д. На подготовленный таким образом план местности наносятся контуры многолетней розы ветров по 8–16 румбам. Самый большой вектор, соответствующий наибольшей повторяемости ветров, откладывается в подветренную сторону; его длина составляет 25–30 см.

Таким образом, в контур, образованный розой ветров, схематически включается территория наибольшей загрязненности тяжелыми металлами. В направлении радиусов строятся секторы шириной 200–300 м вблизи источников загрязнения с постепенным расширением до 1–3 км; в местах пересечения осей секторов с окружностями располагаются ключевые участки, на них располагают сеть опорных разрезов, пункты и площадки взятия проб. *Под ключевым участком* понимается участок (1–10 га и более), характеризующий типичные, постоянно повторяющиеся в данном районе сочетания почвенных условий и условий рельефа растительности и других компонентов физико-географической среды. Основную долю ключевых участков следует располагать в направлении двух экстремальных лучей (румбов) розы ветров.

При нечетко выраженной розе ветров участки должны характеризовать территорию равномерно в направлении всех румбов розы ветров. Если есть основание полагать, что миграция тяжелых металлов связана с водными потоками, то направление лучей нужно согласовывать с вектором водной миграции. Общее количество участков должно быть равно 15–20. Чтобы лучше понять взаимосвязь между качеством почв, природными и хозяйственными условиями района, проводится предварительное *рекогносцировочное обследование* местности. Во время рекогносцировки проверяются и закрепляются почерпнутые из литературы или других источников сведения, формируются личные воззрения и закрепляются в памяти многие важные особенности объекта предстоящих обследований. Рекогносцировочные обследования проводятся маршрутным путем более или менее подробно в зависимости от природной сложности территории, степени ее изученности, площади и масштаба обследований. При детальных обследованиях загрязнения почв вокруг единичного источника загрязнения достаточно один-два раза пересечь участок. При больших площадях (обследование сельскохозяйственных полей, местности вокруг городов и т. д.) рекогносцировочное обследование требует значительных усилий и времени. Чтобы охватить маршрутами местность, ее пересекают по главным орографическим элементам.

В результате рекогносцировки выявляются:

- основные ландшафтные особенности территории;
- общие закономерности пространственных изменений почвенного покрова;
- главные формы почвообразования и др.

Параллельно идет ознакомление:

- с местным фондовым материалом;
- сведениями о климате и микроклимате;
- погодными условиями последних лет;
- заболеваниями людей, причина которых – повышенное содержание тяжелых металлов в экосистеме.

Некоторая затрата рабочего времени на рекогносцировочное обследование территории до начала основных работ, как правило, окупается экономией сил и времени при последующем проведении полевых работ.

При оценке степени загрязнения территории тяжелыми металлами ввиду чрезвычайно большой трудоемкости и стоимости не всегда применяется сплошная съемка загрязненных почв. Целесообразнее и экономичнее проследить пути воздушного и водного загрязнения почв, анализируя объединенные образцы из верхних слоев почв с площадок. Более *детальное исследование* нужно проводить на *ключевых участках*, расположенных в секторах–радиусах вдоль преобладающих воздушных потоков. Изучение процессов загрязнения почв на ключевых участках проводится более детально, чем на остальной территории; оно довольно трудоемко и требует много времени. Ключевые участки размещают на обследуемой территории так, чтобы они характеризовали все возможные ландшафтно-геохимические условия, разнообразие генезиса, состава и сочетания почв, типичные биоценозы и, конечно, фоновые и техногенные участки. При наблюдениях за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами большое значение имеет сравнение изменений, происходящих по мере увеличения или уменьшения влияния того или иного фактора, и вызванных этими изменениями закономерных смен степени загрязнения почв различными ингредиентами в пространстве. Наиболее четко эти закономерности можно выявить на почвенно-геоморфологических профилях, секущих всю территорию вдоль преобладающих направлений ветра, что является исключительно ценным методом познания сопряженных связей между загрязняющими веществами в почвах и среде.

*Под почвенно-геоморфологическим профилем* следует понимать заранее выбранную узкую, стремящуюся к линии полосы земной поверхности, на которой установлена корреляция степени загрязнения почв с одним или несколькими экологическими факторами. Почвенно-геоморфологические профили закладываются по векторам розы ветров. Профили не могут

полностью заменить ключевые участки, особенно в тех случаях, когда изменение степени загрязнения почв обусловлено характером микрорельефа, связь которого с загрязнением почв наиболее наглядно проявляется на большой территории. Следовательно, почвенно-геоморфологические профили и ключевые участки должны дополнять друг друга. Известно, что техногенные выбросы, загрязняющие почвенный покров через атмосферу, сосредоточиваются в поверхностных слоях почвы. Тяжелые металлы сорбируются, как правило, в первых 2–5 см от поверхности. Загрязнение нижних горизонтов происходит в результате обработки почвы (вспашки, культивации, боронования), а также вследствие диффузионного и конвективного переноса через трещины, ходы почвенных животных и растений. Поэтому наиболее четкая картина загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами может быть получена при отборе проб почв с глубины 0–10 и 0–20 см на пашне и с глубины 0–2,5; 2,5–5,0; 5–10; 10–20; 20–40 см на целине или старой залежи. Объединенная проба составляется, как правило, *методом конверта*. Все дальнейшие операции с первичной обработкой почв аналогичны операциям, осуществляемым при контроле за загрязнением почв пестицидами. После отбора проба почвы направляется на анализ в лабораторию. К каждой пробе прилагается талон, содержащий основные необходимые сведения о самой почве и условиях ее отбора. В сопроводительном талоне указывается:

- порядковый номер образца;
- число;
- месяц и год отбора;
- либо фактическое название, либо номер или условное обозначение пункта наблюдения, расшифрованное в рабочем журнале.

При наблюдениях за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в сопроводительном талоне указываются:

- расстояние от источника загрязнения или внешней границы города, а также направление от источника загрязнения – азимуты по 16 направлениям (север, северо-северо-восток, северо-восток и т. д.); показатели рельефа местности;
- крутизна склонов;
- их экспозиция (северная, восточная, южная и западная); часть склона (верхняя, средняя или нижняя треть);
- основные точки и линии рельефа территории, на которой закладывается площадка;

- вершины, котловины, водоразделы, поймы;
- глубина залегания грунтовых вод, определяемая по глубине колодцев (открытых и артезианских);
- сельскохозяйственная культура (настоящая и предшествующая) или естественная растительность и их состояние (удовлетворительное, хорошее, неудовлетворительное);
- состояние поверхности почвы:
- наличие или отсутствие микроповышений или микропонижений, борозд, кочек;
- качество обработки почвы.

Пробы почв и сопроводительные талоны к ним сохраняются в лаборатории в течение полутора-двух лет. В целях установления интенсивности поступления тяжелых металлов в почву ежегодно проводится отбор проб снега. Объединенный образец снега с площади 1 га составляется из 20–40 точечных проб. Пробы снега следует брать ранней весной до начала подснежного стока талой воды. В городах естественная почва, как правило, заменена насыпными сильно перекопанными грунтами. Насыпной слой может представлять собой вынутую при строительстве пустую породу и привезенный грунт или дерн, который укладывают на газоны.

Программа наблюдений за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах должна учитывать:

- планировку населенного пункта;
- гипсометрию местности;
- высоту построек;
- густоту расположения построек;
- влияние всего этого на направление потоков воздуха;
- распределение атмосферных осадков и ливневого стока;
- долю участия в загрязнении территории города автотранспорта и местных промышленных предприятий и предприятий энергетики.

Помимо этого, в городах неизбежно бытовое (локальное) загрязнение и наличие неорганизованных старых и современных свалок, сжигание мусора. В этих условиях отбор почв приходится производить: на газонах; в садах; в парках; в скверах; во дворах.

Содержание тяжелых металлов в отобранных пробах, как правило, имеет высокую дисперсию. В связи с этим отбор проб почв в городских условиях следует производить по сечке квадратов такого масштаба, ко-

торый обеспечил бы частоту отбора проб почв не менее 5–6 образцов на 100 га. Такая частота проб почв обеспечивает получение данных для составления карт загрязненности почв на территории городов. Отбор проб осуществляется методом конверта со стороны 5 км с глубины 20 см.

Особый интерес представляет микробиологический мониторинг почв, загрязненных нефтью. Загрязнение нефтью и нефтепромысловыми сточными водами является одним из наиболее опасных промышленных загрязнений. Площадь загрязнения и его интенсивность постоянно возрастают в соответствии с повышением интенсивности нефтедобычи и расширением её географии. Биологический мониторинг является наиболее информационным и интегральным методом оценки степени и эффективности восстановительных процессов. Он базируется на показателях жизнедеятельности биомы: численности микроорганизмов, состоянии растительного покрова, численности и биомассе животных, соотношении различных видов и экологических групп.

Разработаны методы рекультивации земель, очистки от загрязнений нефтью, нефтепродуктами и нефтепромысловыми водами. Мероприятия по восстановлению агроценозов почв лесостепной зоны включают интенсивное рыхление, промывку, внесение удобрений, как минеральных, так и органических, влагозадержание, химическую и биологическую мелиорацию. Мероприятия проводятся в определённой последовательности, требуют определённых затрат средств и времени, во всех случаях завершаются подбором устойчивых культур.

### **7.3. КОНТРОЛЬ ПЕСТИЦИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ**

Являясь объектом хозяйственной деятельности человека, почва как компонент биосферы из года в год подвергается воздействию пестицидов, причем многократно в течение одного сезона. При этом создаются предпосылки для миграции применяемых веществ в смежные с почвой среды (растения, воздух, воду), что представляет собой особую опасность для естественных биоценозов, а следовательно, для среды обитания человека. Остатки этих веществ обнаруживаются в растительных и мясомолочных продуктах питания, в открытых водоемах, в подземных водах, питьевой воде, в рыбе, тканях диких птиц и животных, органах и тканях человека. По данным американских исследователей, каждую неделю в организм человека поступает примерно 1 мг пестицидов, причем более половины –

с продуктами животного происхождения. В организме накапливается большое количество ядохимикатов, что может вызывать различные заболевания. Одним из наиболее важных свойств, обуславливающих миграцию пестицидов, является их сравнительно низкая растворимость. Это свойство связано со строением молекулы пестицидов. Пределы, в которых изменяются значения растворимости пестицидов как органических соединений, очень широки, от тысячных долей миллиграмма на 1 л до десятков граммов на 1 л. При этом хлорорганические пестициды сравнительно плохо растворимы в воде, а фосфорорганические пестициды имеют хорошую растворимость. Важным показателем поведения пестицидов в почвах и в других природных системах являются скорость и характер изменения их концентрации во времени. Уменьшение содержания препаратов в почве и растениях со временем выражается периодом полураспада вещества. Значение этого показателя определяется временем, необходимым для того, чтобы препарат потерял не менее 95 % своей активности при нормальных условиях и обычной интенсивности применения. Основным физическим фактором, определяющим поведение пестицидов в почве, является сорбция почвенными частицами. Характер и интенсивность сорбции пестицидов зависят как от почвенно-климатических условий (типа почвы, влажности, температуры), так и от химической природы пестицида. На прочность взаимодействия пестицидов с почвенными минералами существенное влияние оказывает температура: с ее повышением прочность снижается и наблюдается процесс десорбции. Пестициды, сорбированные почвенными частицами, обладают большей устойчивостью к факторам, способствующим их превращению, и менее токсичны, чем пестициды, находящиеся в почвенном растворе. При подготовке к наблюдениям за загрязнением почв в полевых условиях, как правило:

- изучается имеющийся материал о физико-географических условиях объекта исследования;
- осуществляется детальное ознакомление с информацией о длительности применения пестицидов в хозяйствах изучаемого объекта;
- выявляются так называемые выборочные хозяйства с наиболее интенсивным (по объему) применением в течение последних 5–7 лет;
- анализируются материалы об урожайности сельскохозяйственных культур и т. д.

Исследование загрязнения почв пестицидами проводится на постоянных и временных пунктах наблюдения. Постоянные пункты создаются

в различных хозяйствах района обследований не менее чем на 5-летний период. Численность постоянных пунктов зависит от количества и размеров хозяйств. Кроме выборочных хозяйств, к постоянным пунктам относятся территории молокозаводов, мясокомбинатов, элеваторов, плодоовощных баз, птицеферм, рыбхозов и лесхозов и т. д. В целях оценки фоновое загрязнение почв пестицидами выбираются участки, удаленные от сельскохозяйственного и промышленного производства, находящиеся в «буферной зоне» заповедников. На временных пунктах наблюдения контроль за загрязнением почв пестицидами осуществляется в течение одного вегетационного периода или года. Как правило, в каждом хозяйстве обследуется 8–10 полей под основными культурами. В каждой республике, крае и области ежегодно нужно обследовать несколько хозяйств (не менее 2), равномерно распределенных по территории. Для оценки загрязнения почв инсектицидами, гербицидами, фунгицидами, дефолиантами и другими пестицидами почвы отбираются 2 раза в год:

- 1) весной после сева;
- 2) осенью после уборки урожая.

При установлении многолетней динамики остаточных количеств пестицидов в почвах или же миграции их в системе «почва – растения» наблюдения проводятся не менее 6 раз в год: фоновые – перед посевом, 2–4 раза во время вегетации культур и 1–2 раза в период уборки урожая. Для оценки площадного загрязнения почв пестицидами обычно составляется исходная проба почвы, в которую входят 25–30 проб (выемок), отобранных в поле по диагонали тростевым почвенным буром, который погружается в почву на глубину пахотного слоя (0–20 см). Почва, попавшая в пробу из подпахотного слоя, удаляется. Масса почвы, отобранной тростевым буром, составляет 15–20 г. Отбор проб почвы можно производить и лопатой. Если наблюдение за загрязнением почв пестицидами производится в садах, то каждая проба отбирается на расстоянии 1 м от ствола дерева. Пробы-выемки, из которых составляется исходная проба, должны быть близки между собой по окраске, структуре, механическому составу и т. д. В целях изучения вертикальной миграции пестицидов, как правило, закладываются почвенные разрезы, размеры (глубина) которых зависят от мощности почв. Под почвенным разрезом следует понимать глубокие шурфы, пересекающие всю серию почвенных горизонтов и вскрывающие верхнюю часть подпочвы, т. е. неизменные или слабо измененные материнские породы. В выбранном месте на поверхности земли очерчивают форму шурфа – продолговатый четырехугольник со сторонами примерно

0,8 × 1,5 × 2,0 м. Одна из коротких стенок шурфа к моменту описания должна быть обращена к солнцу. Эта стенка будет «лицевой», рабочей, предназначенной для изучения разреза почвы. Перед взятием проб почвы производится краткое описание места расположения разреза и почвенных горизонтов, т. е. указываются:

- влажность;
- цвет;
- окраска;
- механический состав;
- структура, сложение;
- новообразования;
- включения;
- развитие корневых систем;
- следы деятельности животных;
- мерзлота.

Пробы почв берутся на «лицевой» стороне, начиная с нижних горизонтов. С каждого генетического горизонта почвы берется один образец толщиной 10 см. Исходные пробы почвы для разных категорий местности и почвенных условий берутся с площадей разных размеров (табл. 16).

*Таблица 16*

**Категория местности и почвенных условий при выборе площади поля для наблюдения за уровнем загрязнения почв пестицидами**

Категория местности и почвенных условий	Площадь поля, характеризуемая одной исходной пробой, га
Лесная зона, а также районы с волнистым рельефом, с разными почвообразующими породами и комплексным почвенным покровом	1–3
Лесостепные и степные с расчлененным рельефом	3–6
Степные районы с равнинным или слаборасчлененным рельефом и однообразным почвенным покровом	10–20
Горные районы со значительной микрокомплексностью почвенного покрова	0,5–3 1
Орошаемая зона	2–3

Отобранные любым способом пробы-выемки ссыпаются на крафт-бумагу, затем тщательно перемешиваются и квартовуются 3–4 раза. Почва после квартования тщательно перемешивается и делится на 6–9 частей, из центров которых берется примерно одинаковое количество почвы в полотняный мешочек или крафт-бумагу. Масса полученного исходного образца почв составляет 400–500 г.

Образец снабжается этикеткой и регистрируется в полевом журнале, в котором записываются следующие данные:

- порядковый номер образца;
- место отбора;
- рельеф;
- вид сельскохозяйственного угодья;
- площадь поля;
- дата отбора;
- фамилия того, кто отбирал пробу.

Исходные пробы почв должны анализироваться в естественно-влажном состоянии. Если по каким-либо причинам произвести анализ в течение одного дня не представляется возможным, то пробы высушиваются до воздушно-сухого состояния в защищенных от солнца местах. Из воздушно-сухого образца методом квартования в лаборатории берется средняя проба массой 0,2 кг. Из нее удаляются корни, камни, инородные включения. Отобранная проба почвы растирается в фарфоровой ступке и просеивается через сито с отверстиями диаметром 0,5 мм, после чего из нее берутся навески для химического анализа по 10–50 г.

#### **7.4. СОСТАВЛЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КАРТ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ**

При исследовании загрязнения почв тяжелыми металлами составляются специальные карты загрязненности почв тяжелыми металлами – почвенно-технохимические карты. В таких картах показываются не только типы, подтипы, виды и разновидности почв по принятой систематике, но и степень загрязнения почв различными ингредиентами. Под *картами загрязненности почв* следует понимать уменьшенное изображение на плоскости типичного, обобщенного математически определенного распределения загрязненных в различной степени почв и их сочетаний. Карты загрязненности являются разновидностью почвенных карт, которые относятся к группе тематических. На тематических картах наиболее полно изображается основной картографируемый объект, в данном случае почвы,

загрязненные различными ингредиентами. Другие компоненты ландшафта выделяются (картографируются) менее подробно, более обобщенно либо вообще не отражаются на карте. Составление карт загрязненности почв проводится после просмотра и аналитической обработки собранных в полевых условиях образцов почв и сопоставления всех собранных материалов с имеющимися литературными, отчетными и другими данными об объекте исследований. Процесс составления карт загрязненности почв складывается из следующих стадий:

- 1) подготовки топографической основы;
- 2) разработки шкалы степени загрязнения почв;
- 3) корректировки почвенных контуров на основании полевых работ и других материалов;
- 4) нанесения контуров загрязненных почв и дополнительных обозначений на подготовленную топографическую основу;
- 5) оформления карты и дополнительных обозначений, характеризующих условия загрязнения почв.

Для полевых исследований используется самая полная топографическая основа, содержащая наибольшее число опорных точек, необходимых для привязки точек отбора проб почв и нанесения границ между почвами, загрязненными в различной степени. При составлении карты загрязненности почв на ней сохраняется только часть нагрузки, чтобы дать место для обозначения степени загрязнения почв. При отборе условных обозначений необходимо учесть, что *топографическая основа* должна:

- во-первых, обеспечить привязку к местности;
- во-вторых, отразить природные особенности территории (рельеф, растительный покров, гидрографию и т. д.) в той степени, в какой позволяют это сделать принятые в картографии изобразительные средства;
- в-третьих, насколько возможно отразить влияние хозяйственной деятельности человека.

Поэтому на детальных и крупномасштабных картах загрязненности почв необходимо сохранить обозначение сельскохозяйственных угодий, полей, полевых дорог и т. д. При подготовке топографической основы необходимо учитывать масштаб карты загрязненности почв и предполагаемую специальную нагрузку. Согласно аналитическим данным тяжелые металлы распределены в почвах той или иной территории неравномерно. Это обстоятельство предполагает проведение специальной обработки данных о содержании металлов с целью получения более наглядной оценки степени загрязнения почв. Такая обработка возможна лишь в том случае,

если имеются нормы ПДК того или иного загрязняющего почву элемента. Однако для большинства тяжелых металлов ПДК еще не разработаны. Оценка и картографирование степени загрязнения почв различными ингредиентами могут быть осуществлены при наличии, например, следующей шкалы степени загрязнения почв (в относительных единицах):

- незагрязненные  $< 1$ ;
- слабозагрязненные 1–3;
- среднезагрязненные 3–5;
- сильнозагрязненные  $> 5$ .

После проведения соответствующих расчетов степени загрязнения почв приступают к нанесению контуров на подготовленную топографическую основу с учетом предлагаемой шкалы степени загрязнения почв. Сначала на выверенную карту-основу переносят значения степени загрязнения почв тем или иным тяжелым металлом. Карты загрязненности почв тяжелыми металлами должны, во-первых, отражать уровень загрязнения почв различными металлами и, во-вторых, позволять прогнозировать их поведение. Поэтому на карте отражаются свойства почвенного покрова, которые могут оказывать существенное влияние на трансформацию выпавших техногенных выбросов: механический состав, гумусность и т. д., а также вид сельскохозяйственных угодий. Каждому значению шкалы степени загрязнения почв на карте должны соответствовать определенный цвет или штриховка. Шкала цветов, начиная от наименьшей (фоновой), следующая: *голубой – зеленый – желтый – оранжевый – красный*. Для каждого элемента составляется отдельная карта. При малом количестве контролируемых элементов (2–3 элемента) можно составлять совмещенные карты. Карты загрязненности почв сопровождаются пояснительной запиской, в которой приводятся все физико-географические условия региона, а также кратко излагаются метеорологические условия и дается характеристика источников загрязнения. Результаты анализа представляются в табличной форме и совместно с картами загрязненности почв отправляются в соответствующие организации для использования по назначению. Информация о загрязнении почв пестицидами и тяжелыми металлами направляется в следующем виде:

- полугодовой справки о состоянии загрязнения почв, включающей в себя материалы обследования почв за первое полугодие текущего года;
- годовой справки, включающей данные обследования за весь год и материалы, не вошедшие в полугодовую справку;

– отчета (справки и обзора) о состоянии загрязнения почв пестицидами, включающего следующую информацию: введение, содержащее сведения по регионам; название и количество обследованных хозяйств и принципы их выбора; долю обследованной территории в районе; общее количество проб и количество проанализированных материалов; виды работ (временные и режимные наблюдения, аналитические работы, внутренний и внешний контроль и т. д.).

В специальных таблицах приводятся сведения о применении пестицидов в обследуемых хозяйствах за отчетный и предшествующий годы. Дается краткая характеристика почв, климата, рельефа растительности, общая метеорологическая характеристика.

Данные об уровнях загрязнения почвы пестицидами представляются в таблицах для каждого пестицида в отдельности, и они должны характеризовать:

- среднее содержание остаточных количеств пестицидов;
- количество проб и сезон отбора;
- случаи обнаружения пестицидов в количествах, представляющих определенные доли ПДК, в целом по району обследования по культурам;
- хозяйства, в почве которых содержание пестицидов превышает предельно допустимое.

Сведения об аналитических работах также представляются в виде таблиц, где приводятся данные внутреннего контроля правильности и воспроизводимости результатов анализа. Наряду с этим представляются:

- результаты внутреннего контроля определения содержания металлов в почве;
- картосхема расположения пунктов отбора проб почв;
- карты загрязненности почв;
- почвенно-геоморфологические профили;
- графики, иллюстрирующие распределение тяжелых металлов в почвенных горизонтах.

Отчет включает данные о средних и максимальных уровнях содержания металла в почвах отдельных зон на различном расстоянии от источника загрязнения (0–1; 1,1–5,0; 5,1–20,0; 21–50 км). В отдельных таблицах представляются данные о средних и максимальных уровнях содержания металлов в почвах в радиусе 20 км с разбивкой по годам и о случаях превышения допустимого содержания свинца в почве. В конце отчета

приводятся основные результаты и выводы, а также сведения об использовании представляемой информации другими организациями.

### **Контрольные вопросы**

1. Как осуществляются наблюдения за состоянием почв?
2. Перечислите основные принципы, задачи и виды наблюдений за состоянием почв.
3. Как осуществляются наблюдения за уровнем химического загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтью?
4. Объясните цели рекогносцировочного обследования местности.
5. Что понимается под почвенно-геоморфологическим профилем?
6. Какая информация указывается в сопроводительном талоне к каждой пробе почвы?
7. Что должна учитывать программа наблюдений за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах?
8. Почему особый интерес вызывают почвы, загрязненные нефтью и нефтепродуктами?
9. Как осуществляется контроль пестицидного загрязнения сельхозугодий? Какова периодичность этого контроля и почему она такова?
10. Объясните назначение и порядок составления карт загрязненности почв.

## **8. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

### **8.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Контроль за загрязнением окружающей природной среды (ОПС) является составной частью процесса управления окружающей природной средой.

Все методы контроля разделяются на две группы – контактные и дистанционные. В свою очередь, и те и другие методы делятся на визуальные (наблюдательные) и инструментальные. К дистанционным методам относятся все инструментальные измерения с высот более 2 м от поверхности Земли. Дистанционные методы применяются при проведении экологического контроля больших территорий (область, республика). Для визуального и инструментального контроля экологической обстановки

на территориях средних размеров (город, район) обычно используются передвижные специализированные автолаборатории. Среди таких лабораторий – лаборатории по контролю воздушной среды, качества воды, агрохимические лаборатории и т. д.

## **8.2. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДОЙ**

К методам управления ОПС в настоящее время относятся следующие:

- законодательные (путем установления норм, которые содержатся в нормативно-правовых актах);
- информационные (мониторинг, картографирование, ведение кадастров, геоинформационные системы);
- административные (оценка воздействия на окружающую среду, экологическая экспертиза, экологический аудит, лицензирование и сертификация);
- экономические.

Базой этих методов обычно является мониторинг – комплексное систематическое наблюдение за состоянием окружающей среды. Однократные наблюдения, как правило, используются редко, когда возникает необходимость «одномоментной» индикации состояния объекта наблюдения.

## **8.3. СПОСОБЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СРЕДАМИ ОБИТАНИЯ**

Применяются следующие способы наблюдения за средами обитания:

- органолептические (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус);
- наблюдение за поведением и состоянием животных и растений;
- использование переносных и стационарных наземных приборов контактного и дистанционного действия с непосредственным отсчетом требуемых параметров;
- использование переносных и стационарных наземных приборов контактного и дистанционного действия с передачей промежуточных измерений (физически или по линиям связи) для последующей камеральной обработки;
- собирание пробы с последующей камеральной обработкой;
- использование дистанционных приборов, установленных на различных носителях, с непосредственным отсчетом параметров;

- использование дистанционных приборов, установленных на различных носителях, с передачей промежуточной информации (физически или по линиям связи) для камеральной обработки;
- применение методов математического моделирования в совокупности с прямыми или промежуточными измерениями ряда параметров для определения искомого параметра.

#### **8.4. ВИЗУАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Загрязнение окружающей природной среды проявляется следующим образом:

- устойчивый несвойственный данной местности запах;
- влияние воздуха на органы чувств: резь в глазах, слезотечение, затруднение дыхания, покраснение кожи, рвота;
- выпадение подкрашенных дождей и других атмосферных осадков, появление в них запаха и несвойственного привкуса;
- реакция на загрязнение биоиндикаторов (*биоиндикаторы* – организмы, присутствие, количество или интенсивность развития которых служат показателем количественных процессов или состояния ОПС). Экстренная информация о загрязнении ОПС сообщается в случаях, когда:
  - в течение двух суток сохраняется загрязнение с уровнем 20–29 (ПДК);
  - в течение 8 ч и более сохраняется загрязнение с уровнем 30–39 (ПДК);
  - при разовом загрязнении 50 (ПДК).

#### **8.5. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИНДИКАЦИИ И АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ**

- Методы определения химического загрязнения:
  - фотометрические* – по измерению разности оптических плотностей измеренного и контрольного растворов. Ими определяются почти все газовые примеси (кроме угарного газа). Используются стационарные и переносные приборы;
  - спектроскопические* – основаны на контроле спектров излучения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра. Используются стационарные и переносные приборы;

*флуоресцентные* – основаны на измерении спектра интенсивности или продолжительности затухающего люминесцентного излучения, стационарного или вынужденного. Облучателем является источник ультрафиолетового излучения. Используются стационарные приборы;

*оптоакустические* – основаны на измерении скорости распространения звука в различных средах. Используются стационарные приборы;

*интерферометрические* – основаны на измерении изменений длин волн спектральных линий, их структуры, коэффициента прозрачности среды. Используются главным образом стационарные приборы;

*электрохимические* – основаны на измерении концентраций подвижных ионов в растворах. Используются стационарные и лабораторные приборы;

*лидарные* – основаны на активной лазерной локации в видимой или ИК-области спектра путем измерения изменения интенсивности спектра отражения газовой смеси (воздушной среды), содержащей загрязняющие компоненты. Источником излучения является газовый или твердотельный лазер. Используются стационарные и передвижные установки;

*хроматографические* – основанные на селективном разделении компонентов смесей между двумя фазами: подвижной и неподвижной. Преимущество методов – позволяют определять вещества с малыми концентрациями и вещества, не имеющие специальных реакций. Недостаток: применение новых сорбентов, способных поглотить 100 % загрязняющего вредного вещества. Этими методами определяют: углеводороды, органические кислоты, пестициды и др. Используются стационарные приборы;

*атомно-абсорбционные* – использующие способность атомов элементов селективно поглощать резонансное излучение. Этими методами определяют, например, содержание тяжелых металлов в воздухе. Используются стационарные приборы;

*масс-спектрометрические* – основаны на определении спектра масс-частиц, содержащихся в веществе. Используются стационарные приборы.

- Методы определения радиационного загрязнения:

*ионизационные* – основанные на измерении ионизации газа в камере под воздействием внешнего радиационного источника, в том числе *газо-разрядные* – основанные на измерении явления ударной ионизации в электрическом поле, способном усиливать величину ионизационного тока;

*химические* – основанные на количественном измерении результата радиационно-химических превращений, протекающих в веществе под действием ионизирующих излучений;

*фотографические* – регистрирующие воздействие ионизирующего излучения, возникающего в веществе, на чувствительный слой фотоматериалов;

*сцинтилляционные* – основанные на регистрации видимого излучения под действием высокоэнергетического излучения.

Указанные методы используются в стационарных и переносных измерительных приборах, а также приборах «сигнализационного» и дозиметрического типа.

- Методы определения теплового загрязнения:

*инфракрасные термометры* – их действие основано на измерении величины интенсивности потока излучения в спектральной области 8–14 мкм (так называемой «дальней тепловой»). Используются переносные приборы;

*пирометрические* – основаны на регистрации инфракрасного и оптического излучения нагретыми телами (выше 1000 °С). Используются для контроля высоких температур с помощью переносных приборов;

*ртутные и спиртовые (жидкостные) термометры* – их действие основано на изменении объема вещества под действием температуры. Используются для измерения температуры воздуха, воды и почвы, а также влажности воздуха с помощью переносных приборов;

*биметаллические* – основаны на разном температурном линейном расширении паров металлов. Используются переносные приборы.

Для измерения *шумового загрязнения* применяют *шумометрические (спектральные и интегральные)* методы, основанные на измерении звукового давления интегрально во всем звуковом диапазоне (16–20 000 Гц) или в отдельных участках этого диапазона.

Отдельно измеряются звуковые давления в области инфранизких звуковых частот (0,1–16 Гц) и ультравысоких звуковых частот (более 20 кГц), находящихся за пределами слышимости человека. Используются переносные приборы.

- Методы определения вибрационного загрязнения:

*пьезоэлектрические* – методы, использующие пьезоэффект, т. е. явление преобразования механических колебаний в электрический сигнал. Используются переносные приборы;

*вибраакустические* – основанные на преобразовании механических низкочастотных колебаний в электромагнитный сигнал. Используются переносные приборы.

- Методы определения светового загрязнения:

*фотометрические* – основанные главным образом на регистрации изменения проводимости различных полупроводниковых приборов под воздействием света.

Для определения электромагнитного загрязнения используется *радиометрический* метод, основанный на измерении плотности потока электромагнитной энергии в разных частотных диапазонах – от промышленных частот (50–60 Гц) до сверхвысоких частот (сотни гигагерц). Используются переносные приборы.

Биологическое загрязнение определяется *биоиндикационным* методом, основанным на визуальном и количественном наблюдении за состоянием и развитием «живых» приборов – «биоиндикаторов» (бактерий, водорослей и др.), зависящих от степени загрязнения ОПС.

При выборе метода индикации и анализа требуется обращать внимание на чувствительность и производительность, а также на технику и технологию отбора и подготовки проб к измерениям. Измерения (определения) должны быть не единичными, а многократными (не менее трех раз) с повторяющимися результатами, что будет свидетельствовать о надежности проведенных измерений (часто используют трехкратные измерения). Следует иметь в виду, что любые измерения требуют сопоставления с аттестованными эталонами или стандартами, а измерительные приборы должны подвергаться периодической государственной поверке.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите методы управления ОПС и объясните, что является базой этих методов.
2. Перечислите способы наблюдения за средами обитания.
3. Как визуально проявляется загрязнение ОПС?
4. Перечислите основные методы индикации и анализа загрязняющих вредных веществ и раскройте их суть.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии по дисциплине «Мониторинг среды обитания» были раскрыты принципы, методы и устройства, применяемые при контроле состояния среды обитания, а также методы прогнозирования экологической обстановки и чрезвычайных ситуаций. Согласно требованиям ФГОС ВПО 3-го поколения подготовка специалистов направления 280700 «Техносферная безопасность» к профессиональной и научно-исследовательской деятельности в области мониторинга среды обитания не может считаться достаточной и качественной **без знания:**

- принципов организации и работы системы мониторинга среды обитания;
- теоретических основ, лежащих в основе методов и средств контроля среды обитания, характеристик средств контроля;
- методов прогнозирования состояния среды обитания;
- методических основ проведения мониторинга;
- методов обработки результатов анализа;
- принципов проверки достоверности результатов анализа; средств передачи мониторинговой информации; принципов прогнозирования развития экологической ситуации и управления качеством среды обитания;

### **без умения:**

- выбирать методы и приборы для контроля состояния среды обитания;
- рассчитывать необходимое количество и расположение измерительной аппаратуры;
- выбирать методику отбора проб и их подготовки к анализу;
- использовать различные методы обработки результатов;
- количественно оценивать ситуацию при условиях многофакторного антропогенного воздействия на среду обитания;
- использовать готовые пакеты программ, предназначенные для обработки результатов, и геоинформационные системы (ГИС) с целью прогнозирования ситуации и выбора управленческих решений.

В помощь студентам для достижения этого уровня и составлено данное учебное пособие. Но, конечно же, оно не может в полной мере дать весь информационный материал для реального представления существующей мировой системы мониторинга антропогенной среды, которая находится в постоянном изменении. Поэтому необходимо постоянно отслеживать и изучать научно-исследовательские направления и практические достижения в этой области.

## ГЛОССАРИЙ

**Абиотические факторы в экосистемах** – совокупность условий неорганического мира, факторы неживой природы.

**Агроценоз** – созданное с целью получения сельскохозяйственной продукции биотическое сообщество, обладающее малой экологической устойчивостью, но высокой продуктивностью одного или нескольких видов растений или животных.

**Адаптация** – эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей; совокупность реакций экосистемы, поддерживающих ее функциональную устойчивость при изменении условий среды.

**Антропогенные факторы** – влияние деятельности человека на окружающую среду: изменение состава и режима атмосферы, рек, океанов, а также почв при загрязнении продуктами технологии и радиоактивными веществами, нарушение состава и структуры экосистемы.

**Ареал** – область распространения определенной систематической группы живых организмов (вида, рода и т. д.).

**Ассоциация растительная** – 1) естественно сложившаяся в пределах какого-то ареала со сходными условиями существования растительность, однородная по видовому составу, соотношению жизненных форм, типу круговорота веществ, продуктивности и тенденциям развития; 2) основная единица классификации растительного покрова; совокупность однородных фитоценозов.

**Биогеоценоз** – экологическая система, охватывающая участок пространства с практически равномерно распределенными в нем условиями жизни и населяющими его организмами.

**Биоиндикатор** – группа особей (или сообществ) растений или животных (например, лишайники, синезеленые водоросли, ракообразные и др.) одного вида, по наличию и состоянию которых, а также по поведению судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей.

**Биоиндикация** (биодиагностика) – оценка экологических условий (чаще загрязнений среды человеком) по организмам-индикаторам или целым сообществам.

**Биологическая продуктивность** – результат жизнедеятельности экосистемы, органическое вещество (биомасса), которое продуцируют входящие в ее состав организмы за единицу времени.

**Биологическое равновесие** – состояние экосистемы, когда сохраняется ее население и продуктивность.

**Биомасса** – выражаемое в единицах массы или энергии количество живого функционирующего вещества тех или иных организмов (популяций, видов, группы видов, отдельных живых экологических компонентов сообществ в целом), приходящееся на единицу площади или объема. Общий запас биомассы Земли достигает  $18,4 \cdot 10^9$  мт, из которых  $3,9 \cdot 10^9$  мт – в морях и океанах.

**Биосфера** – нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы Земли, населенные живыми организмами; самая крупная экосистема Земли. Включает как область распространения живого вещества, так и само это вещество.

**Биосферная экология** – раздел экологии, изучающий глобальные изменения, которые происходят на нашей планете в результате воздействия хозяйственной деятельности человека.

**Биота** – совокупность организмов, населяющих какой-либо регион.

**Биотические факторы** – опосредованное воздействие живых организмов на среду, например, через химические выделения, отмирание организмов (образование углей, карбонатов).

**Биотоп** – относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом.

**Биоценоз** – сообщество взаимосвязанных организмов, живущих на каком-либо участке суши или водоема.

**БПК** – биохимическое потребление кислорода – это количество кислорода, требуемое для окисления находящихся в воде органических веществ в аэробных условиях в результате происходящих в воде биологических процессов.

**Выщелачивание** – процесс перехода в раствор водорастворимых веществ горной породы или почвы и вынос из экосистемы или перевод их в глубокие горизонты.

**Гербициды** – вещества, применяемые для уничтожения растений, особенно сорняков, путем опрыскивания, опыления и внесения в почву.

**Глобальное загрязнение** – загрязнение среды физическими, химическими и другими агентами, обнаруживаемыми вдали от их источников и практически в любой точке планеты.

**Госкомприроды** – Государственный комитет по охране природы. Такие комитеты имеются во всех республиках и областях. Их задача – контроль за состоянием природной среды.

**Гумус** (перегной) – органический компонент почвы, образующийся в почве в результате разложения растительных и животных остатков.

**Денитрификаторы** – микроорганизмы, разлагающие оксиды азота на кислород и азот.

**Децибел** – единица измерения шумового загрязнения, интенсивности звука. Условное обозначение дБ. Интервал комфорта не выше 40 дБ, болевой порог – 120 дБ.

**Дождь кислотный** – дождевые осадки с числом рН ниже 5,6 из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов (SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> и др.).

**Жесткость воды** – содержание в ней растворенных солей щелочно-земельных металлов – кальция, магния. Измеряется суммой миллиграмм–эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды (мг-экв/л).

**Заповедники** – особые охраняемые территории, где полностью исключается использование ягод, сена, охотничьей дичи, рыбы и т. д. в целях получения продукции.

**Загрязнение** – привнесение в среду новых, нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов.

**Зона охраняемая** – территории вокруг охраняемой природной территории, на которой частично ограничивается хозяйственная деятельность.

**Индекс** – числовой показатель состояния окружающей среды. Может быть выражен в баллах или абсолютных показателях.

**Индикатор** – физическое явление, химическое вещество или организм, наличие, количество или перемена состояния которого указывают на характер или изменение свойств окружающей среды.

**Кадастр** – свод сведений, количественно и качественно характеризующих определенный вид природных ресурсов или явлений (например, земельный кадастр, водный, лесной и т. п.).

**Канцероген** – вещество или физический агент, способный вызвать развитие раковых заболеваний или способствующий их возникновению. Большинство К. антропогенного происхождения.

**Картографирование экологическое** – отображение на карте результатов оценки состояния компонентов природной среды и хозяйственного освоения территории.

**Кислотность почвы (рН)** – концентрация ионов водорода в почвенном растворе (активная, или актуальная кислотность) и в почвенном поглощающем комплексе (потенциальная кислотность); один из важнейших агрохимических показателей.

**Класс сапробности** – класс (степень) загрязнения воды органическими веществами.

**Ключевой участок** – площадка, на которой проводятся наблюдения по программе экологического мониторинга.

**Красная книга** – официальное издание, содержащее описания животных и растений, находящихся под угрозой исчезновения.

**Кризисные экологические ситуации** – пространственно значительные и глубокие локальные и региональные нарушения экологического равновесия, переводящие экосистемы в критическое состояние с возможной их последующей гибелью.

**Ландшафт антропогенный** – ландшафт, преобразованный хозяйственной деятельностью человека.

**Летальная доза** – минимальное количество вредного агента, попадание или воздействие которого на организм приводит к его гибели.

**Лихеноиндикация** – использование лишайников в качестве биологических индикаторов степени загрязнения воздуха.

**Минерализация** – концентрация солей в водах (выражается в мг/л, г/л, г/м<sup>3</sup>, %).

**Мониторинг** – система регулярных наблюдений, проводимых по определенной программе.

**Мутаген** – любой агент (фактор), вызывающий мутацию.

**Мутация** – резкое наследственное изменение организмов, меняющее их морфологические и физиолого-поведенческие признаки. Связано с изменением числа и структуры хромосом, с изменением структуры отдельного гена или их группы.

**Нагрузка антропогенная** – степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом или на ее отдельные экологические компоненты и элементы (ландшафты, природные ресурсы, виды живого и т. д.).

**Нарушенные земли** – земли, утратившие свою хозяйственную ценность в результате деятельности человека.

**Объект особоохраняемый** – памятник архитектуры или природы, находящийся под охраной закона или обычаев; любой объект или явление

природы, юридически находящиеся под охраной в большей мере, чем другие, сходные с ним.

**Озоновые дыры** – большие области в атмосфере Земли, где концентрации озона очень малы.

**Озоновый экран, озоносфера** – находящаяся на высоте 10–40 км атмосферная зона с максимальным количеством озона. Защищает все живое на Земле от губительного действия ультрафиолетовых лучей.

**Олигосапроб** – организм, населяющий чистые, незагрязненные воды (биоиндикатор высокой чистоты вод).

**Отложения донные** – донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно водного объекта в результате внутриводоемных физико-химических и биохимических процессов. По характеру загрязнения О. д. можно судить о загрязнении водоемов, водотоков.

**Охрана природы** – система мероприятий для сохранения видов и среды их обитания, экосистем, недр.

**Оценка экологическая** – определение состояния среды жизни или степени воздействия на нее каких-то факторов.

**Памятники природы** – особые охраняемые территории местного значения (отдельные участки леса, поляны, отдельные деревья, пещеры).

**Парцелла** – 1) структурная часть фитоценоза (или биогеоценоза), объединяющая всю его толщу и выделяемая по плотности населения отдельных видов растений и особенностям микросреды обитания; 2) совокупность одиночных особей или семей, живущих в непосредственной близости друг от друга и поэтому часто контактирующих между собой.

**ПДК** – предельно допустимые концентрации, количество вредного вещества, которое безопасно для здоровья человека.

**Пестициды** – химические препараты, используемые для защиты растений.

**Планктон** – микроорганизмы в водной экосистеме, которые обитают в толще воды.

**Пойма** – часть речной долины, заливаемая в период паводка.

**Показатели качества воды** – совокупность биологических и физико-химических характеристик воды: сапробности, солености и жесткости, водородного показателя рН, концентрации вредных веществ.

**Полисапробы** – живые организмы, обитающие в сильно загрязненных органическими веществами водах. Служат биологическими индикаторами высокой степени загрязненности водных объектов сточными водами.

**Популяция** – совокупность особей одного вида в пределах однородной экосистемы.

**Радиация** – поток частиц или электромагнитной энергии (альфа-, бета-, гамма-лучи, поток нейтронов).

**Радиоактивное загрязнение** – загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами.

**Сапробность** – степень насыщения воды разлагающимися органическими веществами.

**Сапротрофы** – организмы, питающиеся трупами растений или животных.

**Стация** – местообитание популяции.

**Сукцессия** – последовательная смена во времени одних биоценозов другими на определенном участке земной поверхности. При отсутствии нарушений сукцессия завершается возникновением сообщества, находящегося в равновесии со средой, – климакса.

**Токсиканты** – химические вещества, ядовитые для живых организмов. К числу токсикантов относятся многие поступающие в природную среду загрязнители, пестициды.

**Токсичность** – ядовитость, способность некоторых химических элементов, соединений и биогенных веществ оказывать вредное действие на организмы.

**Трансграничное загрязнение** – загрязнение среды за счет переноса загрязнителей через границы страны или региона.

**Уровень радиоактивности** – суммарная (естественная и искусственная) интенсивность самораспада радиоактивных элементов в среде.

**Фактор** – условие, влияющее на состояние природной среды.

**Фация** – участок поверхности земли с однородными литологией, рельефом, почвами и биотическими компонентами, составляющими один биогеоценоз.

**Фитопланктон** – растения, обитающие в водной толще.

**Фитоценоз** – растительное сообщество, совокупность совместно произрастающих растений на однородном участке территории.

**Химическое потребление кислорода** – это величина, характеризующая общее содержание в воде восстановителей (органических и неорганических), реагирующих с сильными окислителями.

**Химическое оружие** – высокотоксичные боевые отравляющие вещества.

**Шумовое загрязнение** – форма физического загрязнения среды, характеризующаяся превышением уровня естественного шумового фона. Основным источником – технические устройства, установки, транспорт, бытовая техника и т. п.

**Эвтрофикация водоемов** – повышение содержания питательных веществ в воде.

**Эдафический** – почвенный.

**Экологическая валентность** – диапазон адаптированности вида к тем или иным условиям среды. Выражается в разделении организмов на эврибионтов, стенобионтов и мезобионтов, т. е. виды широкой, узкой и средней адаптированности.

**Экологическая система (экосистема)** – природная система, в которой живые организмы и среда их обитания объединены в единое функциональное целое через обмен веществ и энергии, тесную причинно-следственную взаимосвязь и зависимость слагающих ее экологических компонентов.

**Экологический мониторинг** – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей природной среды под влиянием антропогенных воздействий. В зависимости от масштаба наблюдений мониторинг принято делить на глобальный, региональный и локальный.

**Экомонитор** – вид животного или растения, используемый в качестве индикатора при определении состояния окружающей среды и проведении мониторинга.

**Экотон** – переходная полоса между сообществами (например, опушка леса).

**Экотоп** – местообитание сообщества. Термин очень близкий биотопу, но с подчеркиванием внешних по отношению к сообществу факторов среды.

**Эпифиты** – организмы, обитающие на поверхности других организмов, но не использующие их для питания.

**Эрозия почв** – процесс разрушения верхних, наиболее плодородных слоев почвы и подстилающих пород талыми и дождевыми водами или ветром.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азотистое питание и продуктивность растений. Труды Биологического научно-исследовательского института. № 39. – М. : Изд-во МГУ, 1988. – С. 245–311.

2. Алалыкина, Н. М. Фенология и региональный экологический мониторинг : учеб.-метод. пособие к занятиям (элективный курс для студентов и школьников) / Н. М. Алалыкина, Т. Я. Ашихмина, Л. В. Кондакова. – Сыктывкар, 2004. – 197 с.

3. Александров, В. Н. Отравляющие вещества / В. Н. Александров, В. И. Емельянов. – М. : Воениздат, 1990. – 374 с.

4. Алексеев, С. В. Экология / С. В. Алексеев. – СПб. : СМИО-ПРЕСС, 2001. – 556 с.

5. Аналитический обзор загрязнения атмосферы соединениями серы и азота и оценка их выпадений в фоновых районах восточноевропейских стран – членов СЭВ. – М. : Гидрометеиздат, 1988. – 412 с.

6. Аналитический обзор загрязнения природной среды тяжелыми металлами в фоновых районах стран – членов СЭВ (1982–1988 гг.). – М. : Гидрометеиздат, 1989. – 632 с.

7. Аналитический обзор фонового загрязнения природной среды в регионе восточноевропейских стран – членов СЭВ (1980–1986 гг.). – М. : Гидрометеиздат, 1988. – 576 с.

8. Аналитический обзор фонового загрязнения природной среды хлорорганическими соединениями и полициклическими ароматическими углеводородами на территории некоторых восточноевропейских стран (1982–1989 гг.). – М. : Гидрометеиздат, 1991. – 746 с.

9. Арановская, Г. И. Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды / Г. И. Арановская, Ю. Н. Козинцев, Ю. С. Ляликов. – М. : Судостроение, 1979. – 648 с.

10. Афанасьев, Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин. – М. : Изд-во МНЭПУ, 1998. – 338 с.

11. Ашихмина, Т. Я. Комплексный экологический мониторинг региона / Т. Я. Ашихмина, В. М. Сюткин. – Киров : Изд-во ВГПУ, 1997. – 285 с.

12. Барковский, В. Ф. Основные физико-химические методы анализа / В. Ф. Барковский, Т. Е. Городенцева, Н. П. Топорова. – М. : Высш. шк., 1983. – 247 с.

13. Беккер, А. А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / А. А. Беккер, Т. Б. Агаев. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 286 с.
14. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. – М. : Мир, 1988. – 348 с.
15. Боголюбов, А. С. Методы лишеноиндикации загрязнения окружающей среды : метод. пособие по полевой экологии для педагогов доп. образования и учителей / А. С. Боголюбов – М. : Экосистема, 1998. – 148 с.
16. Бюллетень фонового загрязнения окружающей природной среды в регионе восточноевропейских стран – членов СЭВ. – М. : Гидрометеиздат, 1987. – Вып. 5; 1988. – Вып. 6Д; 1989. – Вып. 7/2; 1990. – Вып. 8/3; 1992. – Вып. 9/4.
17. Вагги, К. В. Руководство по практическим занятиям по генетике / К. В. Вагги, М. М. Тихомирова. – М. : Просвещение, 1978. – 190 с.
18. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / под ред. Б. Н. Норина и В. Т. Ярмишко. – Л. : Ботанический институт АН СССР, 1990. – 72 с.
19. Воронков, Н. А. Основы общей экологии : учеб. пособие для студентов вузов и учителей / Н. А. Воронков. – М. : Агар, 1997. – 287 с.
20. Вредные химические вещества : справочник / под ред. В. А. Филова. – М. : Химия, 1989. – 592 с.
21. Временные методические указания по проведению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 51 с.
22. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды : ГН1.1.546–96. – URL: [http://snipov.net/database/c\\_4294956131\\_doc\\_4293855291.html](http://snipov.net/database/c_4294956131_doc_4293855291.html).
23. Голлербах, М. М. Почвенные водоросли : учебник / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – Л. : Наука, 1969. – 196 с.
24. Горшков, В. В. Методика изучения эпифитного лишайникового покрова стволов сосен / В. В. Горшков // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / под ред. Б. Н. Норина и В. Т. Ярмишко. – М. : Ботанический институт АН СССР, 1990. – С. 147–149.
25. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1995 году». – М. : Гос. ком. РФ по охране окружающей среды, 1996. – С. 241–250.

26. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1997 году» // Зеленый мир. – 1998. – № 6. – С. 460–472.

27. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 2002 году». – М. : Гос. ком. РФ по охране окружающей среды, 2003. – С. 312–336.

28. Гришина, Л. А. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга / Л. А. Гришина, Г. Н. Копчик, Л. В. Моргун. – М. : МГУ, 1991. – 82 с.

29. Демина, Л. А. Земля. Руководство-справочник для учителя: приложение к основной книге интегрированного экспериментального учебного пособия «Земля» / Л. А. Демина, Г. Л. Гухман. – М. : МИРОС, 1994.

30. Денисова, Л. В. Редкие и исчезающие растения СССР / Л. В. Денисова, Л. С. Белоусова. – М. : Лесная промышленность, 1974. – 96 с.

31. Дончева, А. В. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды / А. В. Дончева, Л. К. Казаков, В. Н. Калуцков. – М. : Экология, 1992. – 93 с.

32. Жданов, Н. В. Генетический мониторинг белого клевера / Н. В. Жданов // Муниципальные проблемы природопользования : материалы 3-й науч. конф. – Кирово-Чепецк, 1994. – С. 25.

33. Жданов, Н. В. Качество пыльцы как показатель загрязнения среды. Экология родного края / Н. В. Жданов ; под ред. Т. Я. Ашихминой. – Киров ; Вятка, 1996. – 193 с.

34. Животные – биоиндикаторы индустриальных загрязнений / Я. Богач [и др.] // Общая биология. – 1988. – № 5. – С. 128–130.

35. Зайков, Т. Е. Кислотные дожди и окружающая среда / Т. Е. Зайков, С. А. Маслов, В. Л. Рубайло. – М. : Химия, 1991. – 142 с.

36. Злотников, Э. Г. Химико-экологический анализ различных природных сред : экспериментальный материал для факультативных и кружковых занятий в средних школах / Э. Г. Злотников, Э. Р. Эстрин. – Киров : Изд-во ВГПУ, 1996. – 112 с.

37. Изучение вклада ядерных инцидентов в радиоактивное загрязнение Уральского региона / А. Ааркрог [и др.] // Экология. – 1998. – № 1. – С. 36–43.

38. Использование эпифитных лишайников для индикации атмосферного загрязнения : метод. рек. – Апатиты : Институт проблем промышленной экологии Севера АН СССР, 1991. – 46 с.

39. Кабиров, Р. Р. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р. Р. Кабиров, А. Р. Сагитова, Н. В. Суханова // Экология. – 1997. – № 6. – 396 с.
40. Картография с основами топографии / под ред. Г. Ю. Грюнберга. – М. : Просвещение, 1991. – 54 с.
41. Кислотные дожди / Ю. А. Израэль [и др.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 18 с.
42. Козлов, М. В. Влияние антропогенных факторов на популяции наземных насекомых / М. В. Козлов // Итоги науки и техники. Серия «Энтомология». Т. 13. – М. : ВИНТИ, 1990.
43. Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды : тр. Междунар. симп. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 534 с.
44. Красная книга РСФСР. Животные. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 454 с.
45. Красная книга РСФСР. Растения. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 592 с.
46. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. – М. : Лесная промышленность, 1984. – Т. 1 и 2.
47. Кучер, Т. В. Медицинская география : учеб. для 10–11 кл. профильных школ / Т. В. Кучер, И. Ф. Колпащикова. – М. : Просвещение, 1996. – 156 с.
48. Лебедева, Н. Т. Профилактическая физкультура для здоровых детей / Н. Т. Лебедева. – Минск, 1993. – 208 с.
49. Лисицын, Ю. П. Слово о здоровье / Ю. П. Лисицын. – М. : Мысль, 1993. – 96 с.
50. Лосс, К. Холодная смерть: Химическое оружие и средства массового уничтожения / К. Лосс. – М. : Прогресс, 1985. – 245 с.
51. Методическое руководство по биотестированию воды : РД 18–02–90. – М. : Госкомприроды СССР, 1991. – 400 с.
52. Моисеев, Н. Н. Экология и образование / Н. Н. Моисеев. – М. : ЮНИСАМ, 1996. – 24 с.
53. Мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ / под ред. Ю. А. Израэля. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 303 с.

54. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. – Л. : Гидрометеоздат, 1986. – Вып. 3; 1987. – Вып. 4; 1989. – Вып. 5; 1990. – Вып. 6; 1991. – Вып. 7.

55. Мотузова, Г. В. Оценка и контроль качества почвенной информации при экологическом мониторинге. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв : учеб. пособие / Г. В. Мотузова ; под ред. Д. С. Орлова, В. Д. Васильевской. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.

56. Мотузова, Г. В. Содержание, задачи и методы почвенно-экологического мониторинга. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв : учеб. пособие / Г. В. Мотузова ; под ред. Д. С. Орлова, В. Д. Васильевской. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 275 с.

57. Муравьев, А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А. Г. Муравьев. – СПб. : Крисмас+, 1998. – 567 с.

58. Небел, Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир : в 2 т. / Б. Небел. – М. : Мир, 1993.

59. Никаноров, А. М. Экология / А. М. Никаноров, Т. А. Хорунжая. – М. : ПРИОР, 2000. – 304 с.

60. Новиков, Ю. В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю. В. Новиков, К. О. Ласточкина, З. Н. Болдина ; под ред. А. П. Шицковой. – М. : Медицина, 1990. – 376 с.

61. Нормативные данные по предельно-допустимым уровням загрязнения вредными веществами объектов окружающей среды : справочный материал. – СПб. : Крисмас –1, 1997. – 792 с.

62. Обзор фонового состояния окружающей среды СССР за 1990–1991 гг. – М. : Гидрометеоздат, 1992. – 67 с.

63. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков : ГОСТ 17.15.05–85. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-1-5-05-85>.

64. По страницам Красной книги Кировской области : учеб. пособие по экологии / Т. Я. Ашихмина [и др.]. – Киров : Изд-во ВятГГУ, 2004. – 66 с.

65. Полевой практикум по экологии / М. А. Кузнецов [и др.]. – М. : Наука, 1994. – С. 54.

66. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения : ГОСТ 17.4.1.02–83 ОП. – URL: [http://magicad.su/magicad\\_docs/4/4723/](http://magicad.su/magicad_docs/4/4723/)

67. Почвы. Общие требования к отбору проб. : ГОСТ 17.4.3.01–83. ОП. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-3-01-83>.

68. Практикум по экологии / С. В. Алексеев [и др.]. – М. : АО МДС, 1996. – 374 с.
69. Редкие растения СССР / Л. С. Белоусова [и др.]. – М. : Лесная промышленность, 1979. – 282 с.
70. Тарарина, А. Ф. Экологический практикум для студентов и школьников (Биоиндикация загрязненной среды) / А. Ф. Тарарина. – М. : Аргус, 1997.
71. Федоров, А. Л. Диалог о диоксинах // Химия и жизнь. – 1990. – № 11; Печальные события // Химия и жизнь. – 1991. – № 7; Второй диоксиновый фронт // Химия и жизнь. – 1992. – № 2; Универсальная беда // Химия и жизнь. – 1992. – № 6; Диоксины в пищевой воде // Химия и жизнь. – 1993. – № 1.
72. Федоров, А. Л. Необъявленная химическая война в России: политика против экологии / А. Л. Федоров. – М. : Центр экологической политики, 1995. – 288 с.
73. Федоров, А. Л. Химическое оружие в России: История. Экология. Политика / А. Л. Федоров. – М. : Центр экологической политики, 1994. – 120 с.
74. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями / Ф. Я. Ровинский [и др.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 442 с.
75. Химическое загрязнение почв и их охрана : словарь-справочник / Д. С. Орлов [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1991. – 305 с.
76. Хорват, Л. Кислотный дождь / Л. Хорват. – М. : Стройиздат, 1990. – 83 с.
77. Шапиро, Я. А. Загадки растения-сфинкса: лишайники, экологический мониторинг / Я. А. Шапиро. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 80 с.
78. Экологический мониторинг : метод. пособие для учителей средних учебных учреждений / В. В. Снакин [и др.]. – М. : РЭФИА, 1996.
79. Экологический мониторинг : учеб.-метод. пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М. : Академический Проект, 2006. – 416 с.
80. Экология : учеб. для технических вузов / под ред. Л. И. Цветковой. – М. : Изд-во АСВ; СПб. : Химиздат, 1999. – 488 с.
81. Экология родного края / под ред. Т. Я. Ашихминой. – Киров : Вятка, 1996. – 592 с.