

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

# МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Методические указания к практическим занятиям

*Составители А. П. Рвачёва, О. А. Мулюкина*

Волгоград  
ВолгГАСУ  
2016



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2016

УДК 502.173(076.5)  
ББК 20.1я73  
М773

**М773** **Мониторинг** среды обитания [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. А. П. Рвачёва, О. А. Мулюкина. — Электронные текстовые и графические данные (0,4 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2016. — Электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: РС 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/online/> — Загл. с титул. экрана.

Методические указания содержат краткий теоретический курс, освещающий основные вопросы ведения мониторинга среды обитания и некоторые объектные виды мониторинга. Теоретический курс сопровождается практикумом, предусматривающим выполнение практической работы «Обработка и нормирование результатов мониторинга почв». Также приведен пример выполнения конкретного варианта практической работы.

Студенту предлагается теоретический материал, задания и варианты их выполнения по следующим темам: общее понятие о мониторинге среды обитания; территориальные уровни мониторинга среды обитания; национальный (государственный) мониторинга в РФ; приоритетные загрязняющие вещества и особенности их наблюдения; порядок предоставления и хранения информации о состоянии окружающей среды; проект системы мониторинга среды обитания; методы ведения мониторинга среды обитания; автоматизация мониторинга среды обитания; некоторые объектные виды мониторинга среды обитания; нормирование качества окружающей среды; оценка экологического состояния территории; экологическое прогнозирование; практическая работа «Обработка и нормирование результатов мониторинга почв».

УДК 502.173(076.5)  
ББК 20.1я73

## Оглавление

Введение.....	4
1. Общее понятие о мониторинге среды обитания.....	5
2. Территориальные уровни мониторинга среды обитания.....	8
3. Национальный (государственный) мониторинга в РФ.....	9
4. Приоритетные загрязняющие вещества и особенности их наблюдения.....	10
5. Порядок предоставления и хранения информации о состоянии окружающей среды.....	11
6. Проект системы мониторинга среды обитания.....	12
7. Методы ведения мониторинга среды обитания.....	13
8. Автоматизация мониторинга среды обитания.....	16
9. Некоторые объектные виды мониторинга среды обитания.....	18
10. Нормирование качества окружающей среды.....	27
11. Оценка экологического состояния территории.....	30
12. Экологическое прогнозирование.....	32
13. Практикум по мониторингу среды обитания.....	34
Библиографический список.....	37

## ВВЕДЕНИЕ

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

Настоящее методическое пособие разработано для студентов специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность».

Оно содержит краткий теоретический курс, освещающий основные вопросы ведения мониторинга среды обитания и некоторые объектные виды мониторинга. Теоретический курс сопровождается практикумом, предусматривающим выполнение практической работы «Обработка и нормирование результатов мониторинга почв». Также приведен пример выполнения конкретного варианта практической работы.

## 1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О МОНИТОРИНГЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

*Мониторинг среды обитания* - это слежение за состоянием окружающей среды или её отдельных компонентов (воды, воздуха, почв, флоры, фауны и т.п.) и предупреждение о возникающих критических ситуациях, например, о резком превышении концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, вредных или опасных для здоровья людей или других живых организмов.

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

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

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

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

В современной трактовке под экологическим мониторингом понимается комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Экологический мониторинг представляет собой область человеческой деятельности междисциплинарного характера. Научные обоснования включают подходы и методы экологии, химии, биологии, географии, почвоведения, геологии и других наук.

**Научными и организационными основами мониторинга** являются:

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

В процессе мониторинг необходимо накапливать, систематизировать и анализировать информацию:

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

Экологически мониторинг проводится с целью своевременного выявления негативных изменений в состоянии окружающей среды.

**Основные задачи мониторинга:**

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

В настоящее время существует множество видов мониторинга:

- в зависимости от объекта наблюдения выделяют мониторинг атмосферного воздуха, гидросферы, почвенный мониторинг, геологический, зоологический, геоботанический, мониторинг Солнца и т.п.;
- в зависимости от способов наблюдений: наземный или дистанционный (авиационный и космический) мониторинг;

- в зависимости от решаемых при мониторинге задач:
  - информационный- занимается накоплением и структуризацией информации о состоянии окружающей среды;
  - проблемный- устанавливает закономерности течения экологически опасных процессов и явлений;
  - прогностический- прогнозирует перспективные изменения в окружающей среде.

Однако, вне зависимости от объекта наблюдения, процесс мониторинга всегда включает в себя три основных этапа:

1. наблюдения за объектом мониторинга;
2. оценка фактического состояния объекта мониторинга;
3. прогноз возможных изменений состояния объекта мониторинга и оценка прогнозного состояния объекта.

Все эти этапы тесно связаны между собой (рис.1).

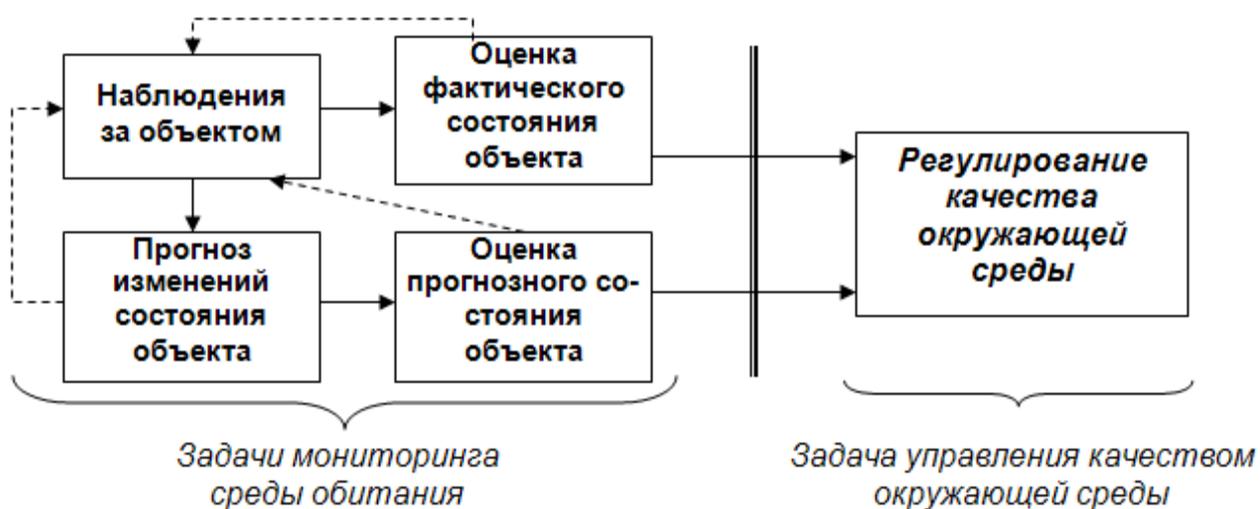


Рис. 1. Основные этапы мониторинга среды обитания

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

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

## 2. ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ УРОВНИ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

В территориальном отношении мониторинг среды обитания может вестись на различных уровнях.

**1. Базовый (фоновый) мониторинг**- представляет собой наблюдение за общебиосферными природными явлениями и процессами без наложения на них региональных техногенных явлений. Его целью является получение данных о фоновом (естественном) состоянии окружающей среды в прошлом, до того, как началось её интенсивное преобразование человеком. Поэтому базовый мониторинг ведется на наземных и океанических базовых (фоновых) станциях, расположенных на значительном удалении от основных промышленных районов Земли. Наземные базовые (фоновые) станции размещаются на территории биосферных заповедников- строго охраняемых крупных участков, практически не испытывающих локальных воздействий человеческой деятельности. Океанические станции размещены на материковых побережьях и островах Тихого океана. Данный вид мониторинга ведется под эгидой ООН, в ходе наблюдений фиксируется наличие тяжелых металлов, оксидов углерода, углеводородов, бензапирена фенола и радионуклидов в воде, воздухе, почвах и тканях растений.

**2. Глобальный мониторинг**, так же как базовый (фоновый), охватывает всю биосферу Земли, но включает в себя наблюдения как за природными, так и за техногенными процессами и явлениями, а также прогнозирование возможных неблагоприятных изменений. В каждой стране глобальный мониторинг ведется по всей национальной программе, в России вопросами глобального мониторинга занимается ЕГСЭМ (Единая государственная система экологического мониторинга). ЕГСЭМ призвана обеспечивать органы государственного управления и природопользования современной и достоверной информацией о состоянии природной среды в различных регионах России. Приблизительный объем работ, осуществляемых в рамках ЕГСЭМ:

- наблюдения за качеством воздуха в 334 городах России;
- контроль качества воды в 200 водных объектах (всего берется около 40 000 проб в год);
- наблюдения за качеством морской воды на 623 станциях;
- наблюдения за состоянием почв (в течение года берется от 30 000 до 50 000 проб в 300-500 хозяйствах);
- наблюдения за загрязнением снежного покрова (на 645 метеостанциях);
- наблюдения за состоянием растительного покрова (на 40 постах наблюдения).

Общее руководство деятельностью ЕГСЭМ осуществляет Государственный комитет РФ по охране окружающей среды.

**3. Региональный мониторинг** - это наблюдения за явлениями и процессами в пределах отдельного региона, в котором эти процессы отличаются по своему характеру или течению от общебиосферного фона. Проведением та-

кого мониторинга занимаются региональные информационные центры экологического мониторинга (РИЦЭМы). На территории России функционирует 21 РИЦЭМ, специальные региональные наблюдения ведутся в 12 областях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

**4. Локальный (импактный) мониторинг**- это наблюдения за состоянием окружающей среды, проводящиеся на небольших территориях, подверженных интенсивному техногенному преобразованию. Объектами такого мониторинга являются промышленные центры, нефтегазоносные месторождения, отдельные крупные промышленные объекты (ТЭЦ, АЭС, магистральные нефтепроводы, водохранилища и т.п.), его проведением занимается местный РИЦЭМ.

### **3. НАЦИОНАЛЬНЫЙ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ) МОНИТОРИНГ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Согласно «Положению об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды» (постановление Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177) под государственным мониторингом окружающей среды понимается комплексная система наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Экологический мониторинг на территории РФ включает в себя мониторинг атмосферного воздуха, водных объектов, земель, лесов, объектов животного мира, уникальной экологической системы озера Байкал, состояния недр, континентального шельфа РФ, исключительной экономической зоны РФ, внутренних морских вод и территориального моря РФ. Организацию и осуществление экологического мониторинга обеспечивают в пределах своей компетенции специально уполномоченные федеральные органы исполнительной власти- Министерство природных ресурсов РФ, Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральная служба земельного кадастра России, Министерство сельского хозяйства РФ, Государственный комитет РФ по рыболовству и другие органы исполнительной власти.

Министерство природных ресурсов РФ и другие федеральные органы исполнительной власти:

1) Формируют государственную систему наблюдения за состоянием окружающей среды;

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

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

Министерство природных ресурсов РФ:

– координирует деятельность федеральных органов исполнительной власти по организации и осуществлению экологического мониторинга;

– согласовывает методические и нормативно-технические документы федеральных органов исполнительной власти по вопросам организации и осуществления экологического мониторинга;

– обеспечивает с участием заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ совместимость информационных систем и баз данных о состоянии окружающей среды, а также создает условия для формирования и защиты государственных ресурсов в этой сфере.

Экологический мониторинг осуществляется в целях:

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

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

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

Информация, полученная при осуществлении экологического мониторинга, используется при разработке прогнозов социально-экономического развития РФ, субъектов РФ, муниципальных образований и принятии соответствующих решений; разработке федеральных программ в области экологического развития РФ, целевых программ в области охраны окружающей среды субъектов РФ, инвестиционных программ, а также мероприятий по охране окружающей среды; осуществлении контроля в области охраны окружающей среды (экологического контроля) и проведении экологической экспертизы; прогнозировании чрезвычайных ситуаций и проведении мероприятий по их предупреждению; подготовке данных для ежегодного государственного доклада о состоянии и охране окружающей среды.

#### **4. ПРИОРИТЕТНЫЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА И ОСОБЕННОСТИ ИХ НАБЛЮДЕНИЯ**

*Приоритетные загрязняющие вещества*- это вещества, наличие и содержание которых в окружающей среде в первую очередь подлежит наблюдению и контролю при проведении мониторинга на данной территории. При отнесении конкретного загрязняющего вещества к приоритетным учитываются следующие критерии:

1) отрицательное воздействие данного вещества на здоровье человека и его потомства или на состояние экосистемы в целом;

2) способность данного вещества накапливаться в тканях растений, животных или человека;

3) подвижность данного вещества в окружающей среде; способность мигрировать из одной природной среды в другую (например, из почвенных горизонтов - в грунтовые воды);

4) величина объема и частота поступления данного вещества в окружающую среду.

В зависимости от этих критериев выделяют 8 классов приоритетности загрязняющих веществ.

*1 класс:* диоксид серы, взвешенные частицы, радионуклиды. В ходе мониторинга контролируется их содержание в воздухе и пище.

*2 класс:* озон, хлорорганические соединения (ДДТ и пр.), кадмий и его соединения. Контролируется их содержание в воздухе, воде, биоте, организме человека.

*3 класс:* нитраты, нитриты, оксиды азота. Контролируется их содержание в воздухе, питьевой воде, пищевых продуктах.

*4 класс:* ртуть и её соединения. Контролируется их содержание в питьевой воде, пищевых продуктах, воздухе.

*5 класс:* оксид углерода, нефтепродукты. Контролируется их содержание в воздухе и морской воде.

*6 класс:* флуориды (соединения, содержащие фтор). Контролируется их содержание в питьевой воде.

*7 класс:* асбест, мышьяк. Контролируется их содержание в воздухе и питьевой воде.

*8 класс:* микробиологические загрязнители, микротоксины, реактивные углеводороды. Контролируется их содержание во воздухе и пищевых продуктах.

## **5. ПОРЯДОК ПРЕДОСТВЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Основным результатом процесса мониторинга является разнородная и разнообразная информация об источниках и зонах загрязнения, о концентрации загрязняющих веществ в различных природных средах, о современном и перспективном состоянии окружающей среды и ее отдельных компонентов. Все эти сведения в зависимости от уровня доступа к ним подразделяются на две категории:

- общедоступная информация;
- информация режимного пользования.

**Общедоступная информация** открыта для широкого круга потребителей; как правило, это информация достаточно общего характера, не содер-

жащая узкоспециальных терминов и количественных характеристик. Например, общедоступными являются данные о метеорологических параметрах и общем уровне загрязнения атмосферного воздуха, регулярно публикующиеся в прогнозах погоды.

**Информация режимного пользования** содержит точные цифровые показатели, характеризующие состояние окружающей среды или ее отдельных компонентов (координаты источников загрязняющих выбросов, конфигурация и площадь загрязненных зон, превышение норм качества окружающей среды и т.п.). Она предназначена для органов государственной власти и управления, ведающих вопросами использования природных ресурсов, охраны природы и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Такая информация предоставляется только сотрудникам государственных органов в соответствии с уровнем их допуска (информация с грифом «ДСП» предназначена для служебного пользования, а информация с грифом «С» является секретной).

Информация накопленная в ходе мониторинга, подразделяется на бесплатную и коммерческую. К **коммерческой**, то есть предоставляемой за плату, относится режимная информация с грифом «ДСП». **Общедоступная и секретная** информация предоставляются бесплатно (для получения секретной информации необходимо иметь соответствующий уровень допуска).

Весь массив многообразных данных, накапливаемый в ходе мониторинга, размещается, систематизируется и хранится на трех иерархических уровнях. На уровне локального и регионального мониторинга собранная информация хранится в РИЦЭМах, отсюда она передается в **Российский фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды (РФИ МПР РФ)**. Постоянный доступ к базам данных фонда имеют городские, районные, краевые и областные комитеты по экологии и охране окружающей среды. Запрошенная ими информация может быть передана им как в виде статистических данных, так и в виде графиков, диаграмм или экологических карт.

## 6. ПРОЕКТ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

При проектировании конкретной системы мониторинга важно правильно расставить приоритеты в отношении того, какие участки данной местности будут охвачены сетью наблюдений, какие природные компоненты и источники загрязнения будут мониториться и какие показатели будут фиксироваться в ходе наблюдений.

В *территориальном отношении* приоритетными для мониторинга являются крупные промышленные центры, зоны водопользования, нерестилища рыб.

В *отношении факторов нарушения окружающей среды* приоритет отдается тем факторам, которые вызывают наиболее стойкие и долговременные отрицательные изменения в окружающей среде.

В *отношении природных компонентов* в первую очередь мониторингу подлежат атмосферный воздух (так как его качество оказывает влияние на

абсолютно все категории местного населения) и вода пресноводных водоемов (поскольку она зачастую используется для питья).

В отношении источников загрязнения приоритет отдается автотранспорту, ТЭЦ (тепловая электростанция) и предприятиям цветной металлургии.

В отношении загрязняющих веществ (при мониторинге атмосферного воздуха) приоритетными являются диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, бензапирен и пыль; при мониторинге поверхностных вод- нефтепродукты, фенол, биогенные продукты.

Таким образом, для того, чтобы с высоким качеством разработать проект системы мониторинга, необходимо владеть следующими исходными данными.

1. Данные об имеющихся на данной территории источниках поступления загрязняющих веществ в окружающую среду: местоположение и объемы выбросов (сбросов) промышленных предприятий, свалок, складов твердых бытовых отходов, сельскохозяйственных удобрений; сведения об имевшихся техногенных авариях и катастрофах.

2. Данные о выносе загрязняющих веществ за границы данной территории, а также данные о миграции загрязнителей по речной и озерной сети, почвенным горизонтам и грунтовым водам.

Исходя из этого, общая схема системы мониторинга будет выглядеть следующим образом (рис.2).

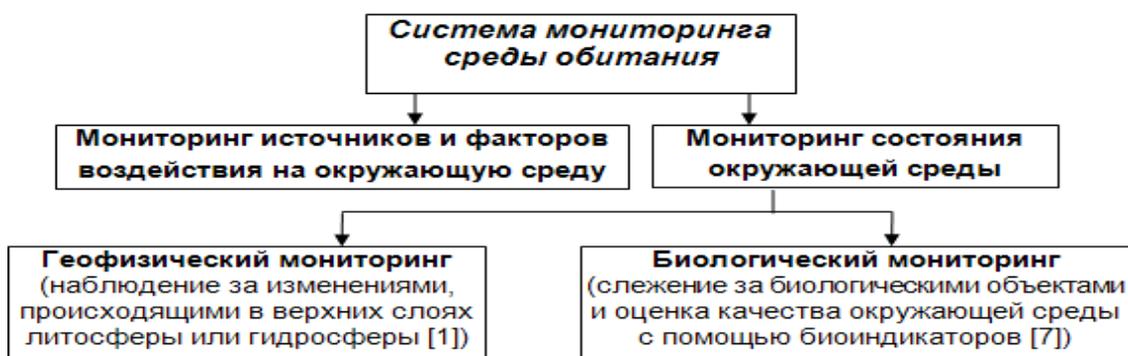


Рис. 2. Общая схема системы мониторинга среды обитания [3]

## 7. МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ МОНИТОИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ.

### 7.1. Контактные методы

Суть данной группы методов заключается в непосредственном изучении пробы исследуемой среды (воды, воздуха или почвы).

*Хроматографический метод*- это метод анализа газовой или жидкой смеси (например, пробы загрязненного воздуха или воды), основанный на распределении разных компонентов смеси при пропускании ее через твердый сорбент. Анализ проводится на специальном приборе- хроматографе. На выходе из него получается хроматографическая кривая, высота и площадь пиков на которой отображают концентрацию различных загрязняющих веществ.

*Полярографический метод* заключается в том, что в исследуемое вещество помещают электроды и пропускают по ним ток. По характеру поляризации рабочего электрода судят о наличии и концентрации в данной пробе примесей различных металлов; в основном этот метод используется для выявления примесей меди, свинца, кадмия и цинка.

*Кондуктометрический метод* состоит в исследовании электропроводности и диэлектрической проницаемости пробы исследуемого компонента окружающей среды. Метод используется для выявления загрязняющих веществ в жидкой среде (питьевая вода и т.д.).

*Кулонометрический метод* основан на измерении количества электрической энергии, затраченной на осуществлении в данной пробе электрохимических процессов. Метод позволяет выявлять присутствие в пробе как неорганических, так и органических загрязнителей (нефтепродукты и т.д.).

*Потенциометрический метод* базируется на изменении потенциала электрода в зависимости от физико-химических процессов, протекающих в пробе компонента окружающей среды. Часто используется для определения водородного показателя рН и концентрации соединений азота.

*Колориметрический метод* основан на изучении того, как изменился и ослабился световой поток, пропущенный сквозь пробу исследуемого вещества. Метод используется для анализа загрязнения атмосферного воздуха.

*Рефрактометрический метод* базируется на изучении того, как изменяется избирательное преломление светового потока, падающего на поверхность пробы исследуемого вещества. Метод позволяет выявить примеси нефтепродуктов в исследуемой пробе.

*Люминесцентный метод* заключается в облучении пробы исследуемого компонента окружающей среды излучением с определенной длиной волны (например, рентгеновскими лучами). После этого различные вещества, присутствующие в пробе, начинают испускать ответное излучение в разных зонах спектра.

*Термографический метод* заключается в изучении того, как изменяется проба исследуемого компонента окружающей среды при нагревании. Также может изучаться изменение электрического сопротивления данной пробы при её нагревании.

*Фотометрический метод* состоит в сравнении оптических плотностей исследуемой жидкости (например, вода из водохранилища) и контрольной жидкости (чистая вода). Применяется для контроля качества питьевой воды.

*Ионометрический метод* основан на помещении в пробу исследуемого компонента окружающей среды ионоселективных электродов, обратимых к отрицательным и положительным ионам. Метод применяется для выявления широкого перечня загрязнителей: от нитратов и нитритов до тяжелых металлов.

*Метод титрования* заключается в изучении взаимодействия раствора исследуемого вещества с раствором-индикатором. Метод широко применяется при исследовании качества воды для определения концентраций неорганических и органических загрязнителей, щелочности и жесткости.

## 7.2. Неконтактные (дистанционные) методы

Неконтактные или дистанционные методы мониторинга среды обитания основаны на использовании зондирующих полей для изучения объекта мониторинга. В качестве таких полей могут использоваться радиоволны различных диапазонов, электромагнитное излучение, акустическое или гравитационное поле. Основное преимущество зондирующих полей перед контактными методами исследования заключается в том, что эти поля позволяют изучать мониторируемый объект независимо от расстояния, на которое он удален. Применение зондирующих полей сделало возможным ведение мониторинга за такими труднодоступными для непосредственного контакта объектами, как озоновый слой, ионосфера, Солнце и т.д.

Неконтактный контроль исследуемого объекта может выполняться 2 способами: *пассивным* и *активным*. При **пассивном контроле** осуществляется приём зондирующего поля, исходящего от самого объекта (например, при мониторинге Солнца испускаемое им излучение фиксируется на специальные фотопленки). В случае активного контроля зондирующее поле создается неким посторонним источником и направляется на мониторируемый объект. Далее производится прием поля, отраженного или переизлученного объектом.

При неконтактном контроле наблюдения за исследуемым объектом ведутся с помощью радиолокационных и оптико-электронных приборов (радиолокаторов, радиометров, аэрофотоаппаратов и т.д.), установленных на борту самолета, вертолета, космического спутника или серии спутников. В наши дни неконтактные методы мониторинга окружающей среды применяются весьма широко, благодаря постоянному совершенствованию оборудования и программного обеспечения.

### *Неконтактные методы мониторинга атмосферы*

В настоящее время для этих целей широко применяется лидарное (лазерное) зондирование атмосферы. С его помощью наблюдают такие параметры, как температура, атмосферное давление, относительная влажность, направление и скорость ветра, концентрация в атмосфере загрязняющих веществ в виде газов и аэрозолей. Для наблюдения используются радиолокаторы с радиусом действия до 500 км.

При метеорологическом мониторинге для ежесуточного прогноза погоды используются спутниковые системы, поскольку для формирования такого прогноза необходимо охватить территорию в 1 500 км<sup>2</sup> (из-за высокой скорости перемещения приземных воздушных масс).

При мониторинге локальных воздушных масс (территориальный охват не более 1–2 км) используются акустические и радиоакустические методы контроля, позволяющие наблюдать за колебаниями температуры воздуха, изменениями скорости ветра, определять верхнюю границу тумана. По такому принципу ведут наблюдения за погодой на маяках, в аэропортах и пр.

### *Неконтактные методы мониторинга поверхностных вод*

В этом случае основным параметром наблюдения является *радиояркость воды* – способность воды излучать радиоволны в широком диапазоне. На-

блюдение за изменениями радиояркости того или иного водного объекта позволяет оценить следующие параметры:

- волнение (при наблюдении в миллиметровом диапазоне);
- температура (используются радиоволны сантиметрового диапазона);
- соленость воды (используются радиоволны дециметрового диапазона);
- загрязненность водной поверхности нефтью (используются радиоволны с длиной волны 360–460 нм при мониторинге загрязнения легкими фракциями нефти и радиоволны с длиной волны около 500 нм при мониторинге загрязнения тяжелыми фракциями).

#### *Неконтактные методы мониторинга снежного покрова*

Они позволяют наблюдать такие параметры, как граница и глубина снежного покрова, температура и влагосодержание снега. Для этих целей применяются радиоволны видимого диапазона (длина волны 0,4–0,72 мкм) и ближнего инфракрасного диапазона (длина волны 0,72–1,3 мкм). Для более четкой фиксации границы снежного поля используют радиоволны микроволнового диапазона (длина волны 0,8–30 мкм), так как именно в нём наилучшим образом отображается контраст между снегом и почвой.

#### *Неконтактные методы мониторинга почвенно-растительного покрова*

В этом случае наблюдают за следующими оптическими характеристиками:

- коэффициент спектральной яркости (отношение яркости измерения к яркости эталонного рассеивания);
- спектральные отражательные характеристики;
- альбедо (величина, характеризующая отражение потока падающего света к потоку отраженного света).

Используются радиоволны красного и инфракрасного диапазонов (длина волны 0,6–11 мкм). Такой мониторинг позволяет четко выделить различия между влажной и сухой почвой, разреженной или густой зеленой растительностью.

## **8. АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Особенности использования технических и программных средств при ведении мониторинга зависят от размеров территории, охваченной сетью наблюдательных пунктов.

**На уровне локального (импактного) мониторинга** используются следующие средства автоматизации.

1. *Датчики и анализаторы*, устанавливаемые на стационарных постах, в передвижных лабораториях и на станциях контроля. Они в автоматическом режиме берут пробу исследуемой среды и определяют наличие и концентрацию в ней основных загрязняющих веществ: азота (методом химической люминесценции), диоксида серы и сероводорода (методом ультрафиолетовой флуоресценции), оксида и диоксида углерода (методом ультрафиолетового поглощения), углеводородов (плазменно-ионизационным методом), пыли (методом поглощения -излучения).

2. *Устройства загрузки данных* – это универсальные программируемые логические контроллеры или специализированные микропроцессорные контроллеры. Они управляют работой датчиков и анализаторов, фиксируют накопленную ими информацию и производят первичную обработку данных.

3. *Устройства передачи данных* обеспечивают передачу наблюдаемых данных со стационарных и передвижных постов в местный вычислительный центр сбора и обработки информации. При этом передатчиком являются устройства загрузки данных, а приемником – сервер (компьютер типа IBM PC), находящийся в вычислительном центре. Передача данных может производиться как по радиосвязи, так и по каналам сотовой связи. Характер передачи данных регулярный (1 раз в 10–30 минут, 1 раз в час и т. п.), скорость передачи информации низкая (порядка сотен бит в секунду).

**На уровне регионального мониторинга** автоматизация проявляется через наличие при каждом РИЦЭМе своего вычислительного центра для сбора и обработки информации. В состав центра входят сервер, коммуникационная система для опроса датчиков на постах, и несколько автоматизированных рабочих мест для обработки собранных данных и представления их в виде таблиц, графиков, карт и пр. В задачи вычислительного центра входят:

- управление работой датчиков и анализаторов, входящих в наблюдательную сеть;
- сбор информации от стационарных и передвижных постов и станций наблюдения;
- ведение банков данных оперативного и долговременного хранения экологической информации, защита банков от несанкционированного доступа;
- подготовка и выдача информации о загрязнениях в виде сводных таблиц, отчетов и карт.

Информация, собранная и обработанная в вычислительных центрах, 1–2 раза в сутки в автоматическом режиме передается в главный вычислительный центр. К скорости и надежности передачи данных предъявляются высокие требования, поэтому устройства передачи данных, используемые на этом уровне, более разнообразны, чем на нижнем уровне автоматизации. В качестве таковых могут выступать радиосвязь, сотовая телефонная связь, телеграф, телетайп, радиорелейные линии и пр.

**На уровне глобального мониторинга** информация, переданная из вычислительных центров при РИЦЭМах, накапливается и хранится в банках и базах данных о состоянии и загрязнении отдельных компонентов окружающей среды данного государства (или крупного региона). Большинство этих баз являются реляционными (на основе dBASE). Пользователями этих банков и баз являются специалисты по экологии, природопользованию, ликвидации чрезвычайных ситуаций, инспектора по охране окружающей среды. Передача данных в этом случае происходит от главного вычислительного центра к автоматизированному рабочему месту конкретного специалиста, установленное в конкретной организации. Как правило, пользователям предоставляются различные уровни доступа; чем выше уровень доступа, тем обширнее и де-

тальнее будут предоставленные ему экологические данные. В банках и базах экологических данных обязательно предусмотрена защита от несанкционированного доступа на всех уровнях.

## 9. НЕКОТОРЫЕ ОБЪЕКТНЫЕ ВИДЫ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

### 9.1. Мониторинг загрязнения атмосферы

Мониторинг загрязнения атмосферы ведется на стационарных и передвижных наблюдательных постах.

*Стационарный пост наблюдения* представляет собой павильон размерами 2 4 7 м, в котором установлен комплект газоанализаторов (для определения концентрации загрязняющих веществ в воздухе) и управляющий контроллер для передачи наблюдаемых данных в местный вычислительный центр. На крыше павильона устанавливается мачта с метеодатчиками (для наблюдения за погодой).

Наблюдения на стационарном посту ведутся круглосуточно, при этом могут использоваться 2 программы наблюдения: полная и неполная. Полная программа включает в себя ежедневные замеры параметров воздуха в 1.00, 7.00, 13.00 и 19.00 ч по местному времени, при использовании неполной программы наблюдения проводятся ежедневно в 7.00, 13.00 и 19.00 ч. Измеряются температура воздуха, относительная влажность, скорость и направление ветра, концентрация диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота и оксида азота, сумма оксидов азота, метан, сумма углеводородов без метана и общая сумма углеводородов.

Территория, на которой располагается стационарный пост, должна хорошо проветриваться, поэтому пост необходимо размещать вне аэродинамической тени зданий и вне зоны зеленых насаждений. Также не допускается размещение стационарных постов вблизи источников низких выбросов в атмосферу (небольших котельных, заводов с низкими трубами, АЗС и автостоянок и т. п.). Количество стационарных постов в населенном пункте зависит от числа жителей (табл. 1).

Также при выборе количества и местоположения стационарных постов в конкретном населенном пункте необходимо принимать во внимание местный рельеф, особенности климата (роза ветров, количество штилевых дней в году и пр.) и особенности размещения жилой, промышленной и зеленой зон.

Таблица 1. Зависимость количества стационарных постов контроля качества воздуха от количества жителей в населенном пункте

Количество жителей	менее 50 000	от 50	от 100	от 200	от 500	от 1 000	более 2 000 000
		до 100 000	до 200 000	до 500 000	до 1 000 000	до 2 000 000	
Кол-во постов		2	3	3–5	5–10	10–15	15–20

*Передвижной пост наблюдения* представляет собой микроавтобус, внутри которого установлены приборы для отбора проб, оборудование для анализа химического состава воздуха и компьютер для первичной обработки данных и передачи их в вычислительный центр.

В зависимости от маршрута своего перемещения, передвижные посты подразделяются на маршрутные и подфакельные.

*Маршрутный пост наблюдения* предназначен для регулярного отбора проб воздуха в точках местности, лежащих на определенном маршруте. Например, маршрутные посты используются для контроля качества воздуха на крупных городских улицах.

*Подфакельный пост наблюдения* используется для отбора проб воздуха внутри дымового или газового фонаря конкретного промышленного предприятия. Пробы берутся на расстояниях в 200 м, 500 м, 1 км, 2 км, 6 км, 8 км, 10 км и 15 км от источника выброса, при этом подфакельный пост двигается от источника по направлению господствующего ветра.

Основным техническим средством при мониторинге атмосферного воздуха является **газовый хроматограф**, укомплектованный различными типами детекторов, предназначенных для различных типов химических соединений (продуктов горения, углеводородов, соединений хлора и соединений фосфора).

## 9.2. Мониторинг поверхностных вод

Мониторинг загрязнения поверхностных вод проводится в следующей последовательности.

### **1 этап: выбор местоположения пункта наблюдения.**

*Пунктом наблюдения* называют конкретное место на водоёме или водотоке, в котором производятся работы по взятию пробы воды и её химическому анализу. Наиболее предпочтительны следующие места размещения пунктов наблюдения:

- в районе крупных населенных пунктов;
- в районах периодических аварийных и залповых сбросов загрязняющих веществ;
- в районах нереста и зимовки ценных промысловых видов рыб;
- на предплотинных участках рек;
- у пересечения рекой государственной границы России;
- на крупных и средних водоемах, интенсивно используемых в народном хозяйстве.

На реках и озерах, практически неподверженных загрязнению (например, на территории заповедника) также размещаются пункты наблюдения, на которых контролируется фоновая (естественная) концентрация различных загрязняющих веществ в воде. В целом пункты наблюдения делятся на четыре категории. При отнесении пункта к той или иной категории необходимо учесть интенсивность промышленного использования данного водного объекта, его размер и водность, физико-географические особенности местности.

## **2 этап: выбор программы наблюдения за качеством воды на данном пункте.**

В зависимости от того, к какой категории относится данный пост, наблюдения на нем могут вестись либо по обязательной программе (ОП), либо по одной из трех сокращенных программ (ПС1, ПС2, ПС3).

*Обязательная программа (ОП)* включает в себя следующие наблюдения:

- *гидрологические показатели*: расход воды и скорость ее течения (если наблюдения ведутся на реке), уровень воды (если наблюдения ведутся на озере или водохранилище); температура, цветность, прозрачность и запах воды;

- *гидрохимические показатели*: водородный показатель рН, окислительно-восстановительный потенциал Eh, концентрация ионов кальция, магния, натрия, калия, железа, кремния, хлористых, сульфатных, гидрокарбонатных, нитритных и нитратных ионов, концентрация наиболее распространенных техногенных загрязнителей (нефтепродукты, СПАВ, пестициды, тяжелые металлы), биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК5);

- *гидробиологические показатели*: общее количество особей фитопланктона и зоопланктона, наблюденных в пробе воды, количество особей по отдельным видам, общая биомасса, биомасса по отдельным видам, микробиологические показатели.

*Сокращенные программы (ПС1, ПС2 и ПС3)* подразумевают наблюдение за меньшим перечнем параметров.

Отбор проб на пунктах наблюдения проводят 7 раз в год в основные фазы водного режима: в половодье (в начале, на пике и на спаде), в летнюю межень (при паводке и при минимальном расходе воды), осенью перед ледоставом и зимой во время зимней межени.

## **3 этап: установление количества створов в данном пункте наблюдения.**

*Створ* – это условное поперечное сечение водоёма или водотока, в котором производится комплекс работ по взятию пробы воды. Один отдельный пункт наблюдения может содержать как 1 створ, так и несколько:

- на водоёмах с интенсивным водообменом устанавливают минимум 3 створа: один – выше источника загрязнения, и не менее двух – ниже источника;

- на водоёмах с замедленным водообменом устанавливают не менее 4 створов: первый – выше источника загрязнения, второй – в месте сброса сточных вод, третий – на расстоянии 500 м ниже по течению от места сброса сточных вод, и четвертый – за границей зоны загрязнения;

- по одному створу можно устанавливать на тех водных объектах, где отсутствует организованный сброс сточных вод, а также на предплотинных участках рек и в местах пересечения рекой государственной границы России.

## **4 этап: отбор проб воды и грунта дна**

Для отбора проб воды используется батометр Молчанова ГР-18, представляющий собой 2 соединенные между собой колбы, дополненные термо-

метром (для замера температуры воды). Пробы донных отложений берут щупами и дночерпателями, глубину водоема или водотока измеряют лотом. Для оценки кислотности воды используют рН-метр, а для определения концентрации химических веществ в пробе – многоканальные анализаторы. Концентрацию планктона и патогенных бактерий в воде оценивают в лабораторных условиях с помощью микроскопов и видовых определителей.

### 9.3. Мониторинг подземных вод

**Мониторинг подземных вод** – это система наблюдений, на основе которой дается оценка существующего состояния подземных вод и прогноз его изменения под влиянием антропогенных факторов. Пробы подземных вод берут на анализ либо из уже имеющихся водозаборных скважин, которые используются местным населением в хозяйственных и бытовых целях, либо из специально пробуренных наблюдательных скважин. Таким образом, наблюдательная сеть мониторинга подземных вод представляет собой сеть скважин различного возраста и характера использования.

Мониторинг подземных вод ведется по двум направлениям: регулярные наблюдения и специальные прогностические обследования.

*Регулярные наблюдения* проводятся для слежения за состоянием водозаборных скважин и качеством добываемой воды. Они включают в себя измерение уровня воды в скважине, определение расхода воды и определение концентрации загрязняющих веществ в пробе воды. В каждой отдельной скважине берут не менее 1 пробы в год для оценки химических показателей качества воды, и не менее 4 проб в год для оценки микробиологических показателей.

*Специальные прогностические обследования* проводятся для оптимизации работы водозаборов и для переоценки эксплуатационных запасов подземных вод на участке водозабора.

Оборудование, используемое при мониторинге подземных вод, включает в себя уровнемеры (для измерения уровня воды в скважине), термометры, пробоотборники (для взятия пробы воды), расходомеры (для определения дебита скважины). Для накопления и фиксации измеренных параметров используют автоматические регистраторы данных.

### 8.4. Мониторинг почв

Мониторинг почв всегда выполняется только в теплое и сухое время года (лето, начало осени). В зимний же период проводится предполевая подготовка к проведению мониторинга, которая включает в себя:

- общее ознакомление с местностью, на которой будет проводиться мониторинг. Основным источником для такого ознакомления служат почвенные и геохимические карты, масштаб которых соответствует масштабу более детальных топографических карт, по которым будет осуществляться экспедиционная работа;

- сбор сведений об имеющихся на данной местности источниках загрязнения почв (местоположение, объемы отходов, способы их утилизации или захоронения);

- установление сроков проведения мониторинга, выбор ключевых площадок, на которых будут браться пробы почв.

В процессе мониторинга почв могут браться точечные и смешанные пробы почвы. **Точечная проба** берется буром, ее масса составляет 100–150 г; **смешанная проба** берется следующим образом: 5–15 точечных проб сыплются в одну емкость, тщательно перемешиваются, и из полученной смеси берется образец массой около 500 г.

В зависимости от района работ, процесс ведения мониторинга почв имеет свои особенности:

- *на территории населенных пунктов* пробы берут по сетке квадратов, так, чтобы на каждые 100 га пришлось 5–6 проб. Пробы берут с глубины в 20 см.

*на свалках* пробы берут по сетке квадратов с шагом от 1 км до 5 км, с глубины в 0 и 25 см.

- *на территориях, прилегающих к крупным промышленным предприятиям* пробы берут по 4–8 направлениям розы ветров на разном расстоянии от объекта (от 100 м до 15–20 км).

- *вдоль линейных объектов* пробы почв берут по маршрутам, идущим параллельно объекту, на расстоянии в 50, 100, 200 и 500 м. Пробы берут с глубины 20 см.

- *в сельской местности*: сначала в пределах данного объекта (сада, поля и пр.) ограничивают пробную площадку площадью 100–200 м<sup>2</sup>, из расчета 1 площадка на 10–15 га. Внутри каждой площадки берут пробы по сетке квадратов с шагом от 10 м до 50 м. Глубина отбора проб: 2, 5, 10, 20, 40 см.

При мониторинге почв используют следующие приборы: бур (для взятия проб), ареометр (для изучения гранулометрического состава почвы), рН-метр (для определения кислотности почвы) и различные экспресс-лаборатории с наборами реактивов, которые позволяют определить концентрацию загрязняющих веществ в почве прямо на месте отбора проб. Биологическую активность почвы (БАП) определяют в условиях стационарных лабораторий, изучая видовой состав микроорганизмов, обнаруженных в пробе, с помощью микроскопов.

## 9.5. Радиационный мониторинг

Радиационный мониторинг включает в себя как наблюдения за естественным (природным) радиационным фоном, так и наблюдения за техногенным радиоактивным загрязнением основных природных компонентов (воды, воздуха, подземных вод, почв, пищевых продуктов). Основным средством ведения радиационного мониторинга является автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО). Она включает в себя следующие основные компоненты:

- система стационарных постов радиационного контроля, соединенных линиями связи с пунктом сбора и обработки информации;
- воздушный комплекс радиационной разведки (самолеты и вертолеты, оборудованные соответствующими приборами);
- наземный комплекс радиационной разведки (передвижные посты радиационного контроля, оборудованные на микроавтобусах и легковых автомобилях);
- надводный (подводный) комплекс радиационной разведки (суда и батискафы, оборудованные приборами для регистрации радиационного излучения).

АСКРО может функционировать в различных режимах: режим повседневной деятельности, режим повышенной готовности, аварийный режим. В дополнение к АСКРО также широко используются ручные (переносные) средства радиационного контроля – дозиметры и спектрометры. Они предназначены для контроля в полевых условиях концентрации радионуклидов в воде, воздухе, почве или пищевых продуктах. Хотя они позволяют определять гораздо меньшее количество параметров радиационной обстановки, чем приборы АСКРО, их несомненное достоинство в легкости использования и оперативности получения результатов. Дозиметры позволяют фиксировать только мощность экспозиционной дозы (в миллирентгенах в час), а также характер радиоактивного излучения (-, - или -излучение); спектрометры используются для определения концентрации радионуклидов в воде, воздухе или почве.

Основным методом ведения радиационного мониторинга являются наземные наблюдения: автомобильная или пешеходная гамма-спектрометрическая съемка; при этом используются спектрометры. Информация об обнаружении радиоактивных аномалий, в пределах которых мощность экспозиционной дозы гамма-излучения превышает 60 мкР/ч, немедленно доводится до сведения природоохранных органов и санэпидемстанций.

#### *Радоновый мониторинг*

Данный вид мониторинга является специфическим подвидом радиационного мониторинга. Радоновый мониторинг заключается в наблюдении и оценке изменения концентрации радона в атмосферном или почвенном воздухе. **Радон** – это радиоактивный газ, продукты распада которого попадают в организм вместе с вдыхаемым воздухом, за счет этого он представляет значительную опасность для здоровья человека. Радон может накапливаться в жилых и производственных помещениях при пользовании газом, водопроводом; он может просачиваться из горных пород сквозь трещины в полу, фундаменте или стенах.

Главной особенностью радонового мониторинга является то, что он проводится только внутри помещений (жилых, социально-культурных, производственных и пр.). Процесс измерения концентрации радона в воздухе называется **радоновой съемкой**. Как правило, для ее проведения выбирают самое маленькое по объему помещение, расположенное на самом нижнем

этаже (или в подвале) обследуемого здания. Сам процесс съемки заключается в отборе проб воздуха через определенные промежутки времени. При этом измеряется либо накопленная во времени доза -излучения радона и продуктов его распада, либо «мгновенная» концентрация радона в больших объемах анализируемого воздуха. Из оборудования применяются либо специальные детекторы содержания радона, либо различные эманометры.

Единицей измерения радиоактивности воздуха служит беккерель на литр (Бк/л) или беккерель на кубический метр (Бк/м<sup>3</sup>), что соответствует одному распаду радионуклида в секунду в одном литре (или кубическом метре) анализируемого воздуха. Величина предельно допустимой концентрации (ПДК) радона для персонала, связанного с радиоактивным производством (категория А), составляет 1,11 Бк/л, а для населения (категория В) – 0,037 Бк/л [10].

#### 9.6. Лесной мониторинг

**Лесной мониторинг** – это оперативное слежение за изменениями состояния лесного фонда под влиянием природного или техногенного воздействия, а также обработка и анализ наблюдаемых данных с целью охраны и защиты лесов [5]. Объектом лесного мониторинга является весь лесной фонд России.

Лесной мониторинг включает в себя следующие подвиды:

а) *мониторинг состояния лесных ресурсов и земель лесного фонда* – представляет собой оценку состояния лесов, которая заключается в определении площадей, занятых лесами разных эксплуатационных категорий, разных пород, разного возраста и пр.;

б) *лесопатологический мониторинг* – наблюдения за распространением лесных вредителей и болезней леса;

в) *лесопожарный мониторинг* – наблюдения за пожарной безопасностью в лесах. Поскольку в последние годы в России резко возрос ущерб, причиняемый лесными пожарами, далее будет подробно рассмотрен именно этот подвид мониторинга.

##### *Лесопожарный мониторинг*

В задачи лесопожарного мониторинга входят:

- прогноз возникновения и обнаружение пожаров;
- оценка пожарной опасности;
- учёт площадей, пройденных лесными пожарами, влияние пожаров на лесной фонд и динамику древостоев [2].

На федеральном уровне лесопожарным мониторингом занимается федеральная служба лесного хозяйства России. На региональном уровне эти работы осуществляют структурные подразделения федеральной службы, на локальном уровне за лесопожарный мониторинг отвечают лесхозы и другие организации, предприятия и учреждения, осуществляющие ведение лесного хозяйства.

Процесс лесопожарного мониторинга включает в себя наблюдения во время самого пожара и наблюдения за предпожарной и послепожарной обстановкой.

*Наблюдение за предпожарной обстановкой* в лесу ведется на протяжении всего пожароопасного сезона. При этом контролируются температура воздуха, температура точки росы в полдень, количество осадков, сила и направление ветра, грозовая опасность.

*Во время пожара* наблюдают за следующими параметрами:

- координаты зоны пожара (географическая широта и долгота);
- административно-хозяйственная принадлежность территории (квартал, лесничество, лесхоз);
- площадь горения (в гектарах);
- площадь, пройденная пожаром за сутки (в гектарах);
- длина всей кромки пожара и его фронта (головной части) в метрах или километрах;
- вид пожара (верховой, низовой, торфяной); интенсивность пожара (по высоте пламени в метрах);
- породный состав и возраст горящего леса;
- направление и скорость распространения пожара.

*После пожара* необходимо провести наблюдения за следующими характеристиками:

- площадь ликвидированного пожара;
- площадь, выгоревшая полностью или частично;
- площадь гари от верхового, низового и торфяного пожара;
- объем уничтоженного и поврежденного леса.

Лесопожарный мониторинг может вестись как наземными методами, так и дистанционными.

**Наземные наблюдения** осуществляются с **пожарных наблюдательных пунктов (ПНП)**. ПНП представляет собой вышку, высотой превосходящую окружающие ее деревья, с которой наблюдателем осуществляется визуальный осмотр леса. В качестве наблюдателей выступают работники лесхоза и лесной охраны, пожарные сторожа. Расстояние между соседними ПНП составляет 10–12 км, кроме того, необходимо обеспечить видимость между соседними ПНП, чтобы было проще определить координаты возникшего пожара.

**Дистанционные методы** лесопожарного мониторинга подразумевают использование спутниковых систем. Спутниковая система представляет собой серию космических спутников, на которых установлены радиометры для фиксации теплового излучения. Полоса обзора у такой системы – 2 000–3 000 км, периодичность осмотра территории – 4–6 раз в сутки. Использование спутниковых систем позволяет выявить очаг горения площадью от 100 м<sup>2</sup> (при невысокой облачности).

#### 9.7. Биологический мониторинг и биоиндикация

**Биологический мониторинг** ведется с целью наблюдения за биотической составляющей биосферы и ее реакцией на техногенное воздействие, а также для оценки качества окружающей среды по биотическим параметрам. Объектом биологического мониторинга являются живые организмы на разных уровнях организации (от клеток до экосистем). В зависимости от объекта наблюдения выделяют следующие подвиды биологического мониторинга:

- *мониторинг средообразующих популяций*, необходимых для существования всей экосистемы (например, популяция доминирующих видов деревьев в лесных экосистемах);

- *мониторинг популяций, имеющих высокую хозяйственную ценность* (например, ценные виды рыб);

- *мониторинг индикационных популяций*, состояние которых характеризует степень нарушенности данной экосистемы. В данном случае эти популяции играют роль биоиндикаторов. *Биоиндикатор* – это группа особей одного вида, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в окружающей среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей [4]. В качестве биоиндикаторов нужно выбирать такие виды, которые имеют повышенную чувствительность к определенным видам загрязнения. Например, форель чувствительна к загрязнению воды, а тюльпан – к загрязнению воздуха фторидом водорода.

Наиболее часто в качестве биоиндикаторов выступают:

#### *1. Высшие растения.*

Они широко используются для биоиндикации загрязнения атмосферы. К категории очень чувствительных растений относятся хвойные (кедр, ель, сосна) и берёза бородавчатая, к чувствительным - липа и малина. Средней чувствительностью к загрязнению воздуха обладают сирень и можжевельник, а очень устойчивыми являются бересклет, бирючина, клён ясенелистный, большинство крестоцветных, зонтичных, сложноцветных, вересковых растений.

#### *3. Лишайники.*

Эти растения являются очень надёжными индикаторами загрязнения воздуха. Особенно активно, гораздо более эффективно, чем сосудистые растения, лишайники накапливают тяжелые металлы. Наиболее чувствительны к внешним воздействиям эпифитные лишайники (растущие на стволах деревьев).

*4. Почвенная биота* (беспозвоночные, сине-зеленые водоросли, грибы, бактерии и др.).

Она используется как биоиндикатор при оценке характера и интенсивности загрязнения почв. Если почва загрязнена малотоксичными органическими веществами, то в ней интенсивно развиваются и функционально активизируются микроорганизмы-редуценты. А в почвах, загрязнённых токсичными неорганическими веществами (в особенности тяжелыми металлами и хлорорганическими соединениями), биологическая активность резко снижена.

#### *5. Состояние здоровья человека.*

Этот показатель тоже может являться объектом биоиндикации. В этом случае об изменениях в качестве окружающей среды судят по таким медико-статистическим параметрам, как заболеваемость населения лейкозами, анемией, онкологическими болезнями и пр.

## 10. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Нормирование качества окружающей среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности [5]. Нормирование является важной составной частью мониторинга, поскольку оно позволяет оценить степень загрязнения окружающей среды или степень нарушенности природных комплексов в количественных показателях и сопоставить эти показатели с нормативами. Эти нормативы устанавливаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны природы и санитарно-эпидемиологического надзора. Периодически они пересматриваются, с учетом развития науки и техники, изменений в международных стандартах. Все нормативы зафиксированы в ГОСТах, ОСТах, санитарных нормах и правилах (СанПиН). Для каждого природного компонента (воды, воздуха, почв и т. д.) разработаны свои нормативы.

### 1. Нормирование качества атмосферного воздуха

Основным нормативным показателем, регламентирующим качество атмосферного воздуха, является *ПДК (предельно допустимая концентрация)*. ПДК – это количество загрязняющего вещества в атмосфере, практически не влияющее на здоровье человека и его потомства при воздействии в течение жизни. Для более точной дифференциации уровня загрязнения воздуха применяют различные категории ПДК:

- *ПДК максимальная разовая* – это такое количество загрязняющего вещества, которое не вызывает отрицательных изменений в организме человека при однократном воздействии;

- *ПДК среднесуточная* – количество загрязняющего вещества, не причиняющее ущерба здоровью человека в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания. Как правило, значения ПДК среднесуточной всегда меньше, чем ПДК максимальной разовой (табл. 2);

- *ПДК рабочей зоны* – это такая концентрация загрязняющего вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч (но не более 40 ч в неделю) за весь период деятельности не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего и его потомков, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни [12].

В настоящее время насчитывается около 6 000 веществ, загрязняющих атмосферу. Из них – ПДК рабочей зоны установлена для 1 381 вещества, ПДК максимальная разовая и среднесуточная – для 298 веществ. ПДК измеряется в мг/м<sup>3</sup> воздуха (табл. 2).

Таблица 2. ПДК некоторых приоритетных загрязнителей

Приоритетный загрязнитель	ПДК максимальная разовая, г/м <sup>3</sup>	ПДК среднесуточная, мг/м <sup>3</sup>	ПДК рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>
Бенз(а)пирен	–	0,1/100 м <sup>3</sup>	0, 15/100 м <sup>3</sup>
Диоксид азота	0,085	0,085	2,0
Диоксид серы	0,5	0,05	10,0
Оксид ванадия	–	0,002	0,1
Оксид углерода	3,0	1,0	20,0
Свинец и его соединения	–	0,0003	0,05
Формальдегид	0,035	0,003	0,5

Однако ПДК позволяет оценить концентрацию в воздухе только одного конкретного загрязняющего вещества. Но в большинстве случаев экологическому нормированию подвергается воздушный бассейн, загрязненный смесью из большого количества загрязнителей (до нескольких десятков). Таков, например, воздух в промышленных центрах, вдоль магистральных автотрасс, вокруг крупных предприятий топливной или энергетической промышленности. При оценке состояния столь загрязненного воздушного бассейна применяется комплексный нормативный показатель – *индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)*. При расчете ИЗА учитываются концентрации сразу нескольких загрязнителей, наблюдаемых в атмосфере. Как правило, в расчет принимаются 5–6 приоритетных загрязнителей; в сложных случаях количество учитываемых загрязнителей может достигать до 22. Расчет ИЗА выполняет местный региональный центр экологического мониторинга (РИЦЭМ), опираясь на результаты собственных наблюдений за концентрацией в воздухе загрязняющих веществ.

Для контроля объема загрязняющих выбросов, производимых промышленными предприятиями в атмосферу, применяется такой норматив как *предельно допустимый выброс (ПДВ)* – это такое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых данным источником в единицу времени, превышение которого вредно для окружающей среды и здоровья человека. Для каждого конкретного завода или фабрики устанавливается свое значение ПДВ, оно пересматривается 1 раз в 5 лет.

## 2. Нормирование качества поверхностных вод

Как и в случае с нормированием качества воздуха, при нормировании качества воды широко применяется ПДК, причем для одного и того же загрязняющего вещества установлены разные значения ПДК в зависимости от особенностей хозяйственного использования того водного объекта, откуда брали пробы воды. Самые жесткие нормы качества установлены для водоемов хозяйственно-питьевого назначения, меньшие требования предъявляются к воде из водоемов культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения (табл. 3) [8].

Таблица 3. ПДК загрязняющих веществ в водоемах различного хозяйственного назначения

Загрязняющее вещество	ПДК в питьевой воде, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК для рыбохозяйства, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК в воде, мг/дм <sup>3</sup>
Взвешенные вещества	0,25	0,75	0,75
Растворенный кислород	4,0	4,0	6,0
Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> )	3,0	3,0	6,0

Для промышленных предприятий, регулярно сбрасывающих сточные воды в водные объекты, устанавливается *предельно допустимый сброс (ПДС)* – это количество загрязняющих веществ в сточных водах, которое разрешено к сбросу в данной точке водоема в единицу времени. Как правило, ПДС измеряется в граммах в час (г/ч). Для каждого промышленного предприятия рассчитывают свое значение ПДС, учитывая объем сбрасываемых сточных вод, полноводность и скорость течения в данном водном объекте.

Если необходимо провести учет загрязнения данной реки или озера смесью различных загрязняющих веществ, используют такой комплексный нормативный показатель, как *индекс загрязнения воды (ИЗВ)*. При его расчете учитывается концентрация в воде 6 основных загрязнителей: азота аммонийного, азота нитритного, нефтепродуктов, фенола, кислорода и БПК<sub>5</sub>. В зависимости от значения ИЗВ установлено 7 классов качества воды: от очень чистой (I класс) до чрезвычайно грязной (VII класс).

Помимо ПДК и ПДС, для оценки качества воды также применяется специфический показатель, позволяющий оценить загрязненность данного природного компонента микроорганизмами. Это – *индекс сапробности водного объекта (S)*. Он характеризует видовое разнообразие и жизненную активность микроорганизмов, обитающих в данном водоеме.

### 3. Нормирование качества почвы

Для оценки загрязнения почвы химическими элементами и соединениями используется два нормативных показателя: *ПДК загрязняющего вещества в сухой почве*, и *комплексный показатель качества почвы (Zc)*. Последний рассчитывается при нормировании загрязнения почвы тяжелыми металлами, при расчете учитывается концентрация в пробе почвы 13-ти тяжелых металлов и мышьяка.

Загрязнение почвы патогенными бактериями и микроорганизмами нормируется путем расчета *санитарного числа почвы (C)*, характеризующего целый ряд гигиенических показателей состояния почвы (табл. 4).

Таблица 4. Гигиенические показатели санитарного состояния почвы

Почва	Число личинок и куколок мух в 0,25 м <sup>2</sup>	Число яиц геогельминтов в 1 кг почвы	Титр кишечной палочки	Санитарное число
Чистая	0	0	1 и выше	0,98–1
Мало-загрязненная	единичные эк-земпляры	до 10	1,0–0,01	0,85–0,98
Загрязненная	10–25	11–100	0,01–0,001	0,70–0,85

#### 4. Нормирование радиационного загрязнения территории

Основным нормативным показателем для нормирования радиационного загрязнения территории является *предельно допустимая доза (ПДД)*. Это такая доза ионизирующего излучения, которая может быть получена человеком за 1 год без проявления неблагоприятных изменений в состоянии здоровья облучаемого и его потомства. При этом для населения, имеющего непосредственный доступ к источникам радиации, и для населения, не имеющего такого доступа, установлены разные нормативные значения ПДД.

#### 5. Нормирование шумового и электромагнитного загрязнения

Для этих видов загрязнения нормативным показателем является *предельно допустимый уровень (ПДУ)*.

*ПДУ шума* – это такой уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов (но не более 40 часов в неделю) в течение всего рабочего стажа, не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего и его потомков, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни [11]. ПДУ шума измеряется в децибелах (дБ).

*ПДУ электромагнитного излучения* нормируется целым рядом ГОСТов и СанПиН с учетом типа источника излучения, характера излучения и длины волны. В зависимости от этих факторов, ПДУ для конкретных разновидностей источников электромагнитного излучения устанавливается либо в ваттах на квадратный метр в час ((В/м<sup>2</sup>) ч) (при нормировании по электрической составляющей), либо в амперах на квадратный метр в час ((А/м<sup>2</sup>) ч) (при нормировании по магнитной составляющей). Также в процессе нормирования может оцениваться плотность потока энергии в микроваттах на квадратный сантиметр в час ((мкВт/см<sup>2</sup>) ч) [9].

## 11. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ

*Экологическая оценка* представляет собой всестороннее рассмотрение всех перспективных преимуществ и потерь экологического, экономического и социального характера, связанных с хозяйственным развитием конкретной территории [13]. Она позволяет обеспечить сбалансированность развития данного региона как с точки зрения социально-экономического использова-

ния, так и с точки зрения охраны окружающей среды и улучшения условий жизни местного населения. В настоящее время существуют два основных направления оценочной деятельности: экологическая экспертиза проектов и экологическая оценка территорий.

*Экологическая оценка территорий* – это разделение территории на зоны с различной степенью опасности для живых организмов, обитающих в её пределах. Такое зонирование территории отражает превышение существующих нарушений и загрязнений окружающей среды относительно установленных нормативов (ПДК, ПДВ и ПДС вредных веществ, ПДУ шума, вибрации, электромагнитных полей, радиационного воздействия).

В зависимости от того, как сочетаются на данной территории природные и техногенные факторы экологической опасности, выделяют 4 типа территорий (табл. 5):

Таблица 5. Основные сочетания природных и техногенных экологически опасных факторов

Типы территорий	Неблагоприятные природные явления (цунами, землетрясения и пр.)	Техногенное загрязнение территории
1 тип	отсутствуют	в пределах нормы
2 тип	отсутствуют	<b>превышают норму</b>
3 тип	<b>присутствуют</b>	в пределах нормы
4 тип	<b>присутствуют</b>	<b>превышают норму</b>

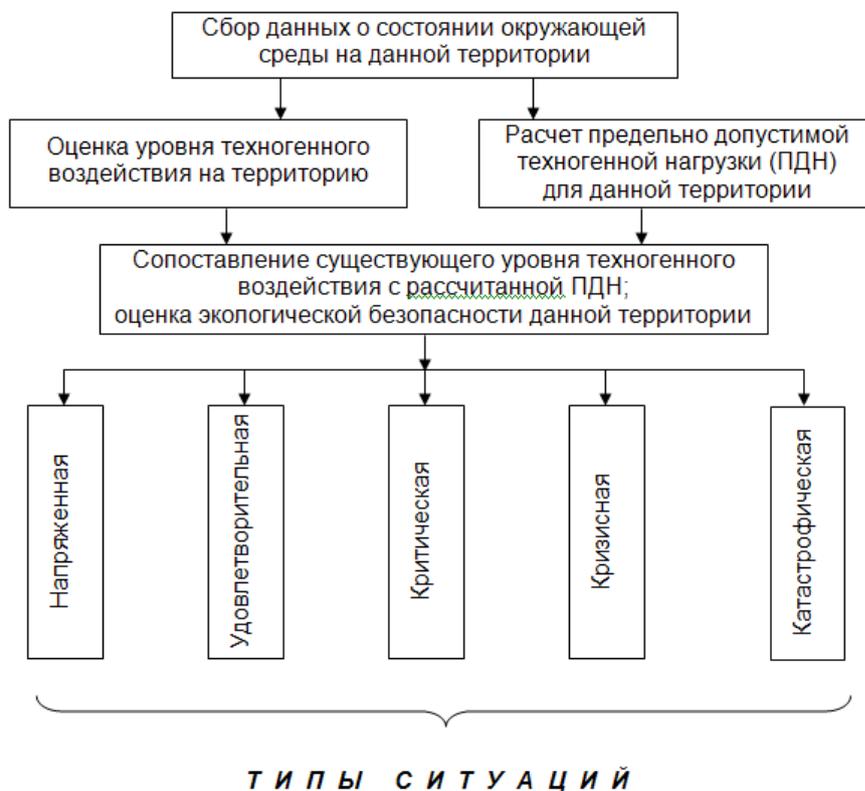


Рис. 4. Схема проведения экологической оценки территории

В ходе экологической оценки, в зависимости от состояния местной природной среды, экологическую обстановку в пределах оцениваемой территории относят к одному из пяти типов: удовлетворительной, напряженной, критической, кризисной или катастрофической (зоне экологического бедствия). Схема проведения экологической оценки представлена на рис. 4.

## 12. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

*Экологическое прогнозирование* – это научное предвидение вероятного состояния окружающей среды или отдельной экосистемы, вызванного техногенным воздействием. Экологическое прогнозирование и оценка прогнозируемого состояния биосферы являются заключительным этапом процесса мониторинга [3]. В процессе экологического прогнозирования устанавливаются закономерности распространения загрязняющих веществ и закономерности реакций различных живых организмов на изменения в окружающей среде.

Информационной основой для экологического прогноза являются данные о состоянии окружающей среды как в настоящем, так и в прошлом. Изучение многолетних рядов наблюдений позволяет выявить тенденции в изменении экологической обстановки на данной территории.

Основным инструментом экологического прогноза является **экологический предиктор** – модель (не обязательно математическая), служащая для формирования прогноза. Методы экологического прогнозирования весьма разнообразны, но наиболее распространены следующие:

- *эвристический метод* заключается в использовании интуитивной прогнозной модели, которую ученый-эксперт формирует исходя из имеющейся экологической информации, собственного опыта, интуиции и знаний;

- *метод математического моделирования* применяется в тех случаях, когда известны общие закономерности прогнозируемого процесса, его структура и функциональные связи. Этот метод широко используется при прогнозировании перспективного состояния экосистемы, популяции живых организмов или отдельного экологического процесса. Однако использование математических моделей требует наличие обширной опытной (контрольной) выборки данных, позволяющей подтвердить работоспособность модели;

- *статистические методы экологического прогнозирования* (корреляционно-регрессионный анализ, экстраполяция и пр.). Они основаны на анализе и оценке большого массива статистических экологических данных.

Построение экологического прогноза осуществляют в 4 этапа.

### **1. этап: предпрогнозная ориентация.**

На этом этапе определяют тему прогноза, цели, задачи и сроки прогнозирования.

Что касается *темы прогноза*, то в настоящее время наиболее востребованы прогнозы следующих явлений и процессов:

- распространения и миграции в окружающей среде тяжелых металлов, радионуклидов, канцерогенных веществ;
- загрязнения Мирового океана нефтепродуктами;
- изменения климата под воздействием человека.

В зависимости от *целей прогнозирования* выделяют 2 вида прогнозов:

а) прогнозирование изменений отдельного природного компонента (например, изменение загрязненности воздушного бассейна крупного города в случае постройки новой ТЭЦ);

б) прогнозирование состояния окружающей среды в целом.

*По срокам* прогнозы могут быть:

- краткосрочные или оперативные (составляются на срок до 1 года),
- среднесрочные или тактические (на срок от 1 до 5 лет);
- долгосрочные или стратегические (на срок от 5 до 20 лет).

## **2. этап: создание предпрогнозного фона**

На этом этапе производят сбор и анализ данных в интервале прогнозирования.

## **3. этап: построение прогнозной модели**

Построенная модель обязательно должна быть верифицирована, при необходимости ее корректируют и уточняют.

## **4. этап: формулирование результатов прогноза**

На этом этапе осуществляют подготовку, обоснование и принятие необходимых решений в области охраны окружающей среды и рационального природопользования. Выводы, сформулированные в результате прогнозирования, являются основанием для разработки мероприятий по предотвращению уже имеющихся на данной территории отрицательных экологических процессов, а также для профилактических мероприятий, направленных против негативных явлений, которые еще не проявились, но ожидаются. В районах с быстро развивающейся промышленностью экологическое прогнозирование позволяет выделить те отрасли промышленности, которые наносят наибольший ущерб местной экологии, и наметить дополнительные мероприятия по снижению уровня загрязняющих выбросов.

### 13. ПРАКТИКУМ ПО МОНИТОРИНГУ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

13.1. Практическая работа «Обработка и нормирование результатов мониторинга почв»

**Цель работы:** рассчитать коэффициент концентрации  $K_C$  для двух тяжелых металлов и комплексный показатель загрязнения почв  $Z_C$  в восьми точках отбора проб. Сделать вывод об уровне загрязнения почв тяжелыми металлами.

**Этап 1.** В соответствии с номером своего варианта рассчитать по данным таблицы значения  $K_C$  для восьми точек отбора проб.

Исходные данные:

Наблюдения концентрации металла	Номер точки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>С мышьяка</i>	21	28	22	23	95	189	111	201
<i>С бария</i>	800	650	670	500	900	510	202	310

Используемая формула:

$$K_C = \frac{C_i}{C_{\Phi}}$$

где  $C_i$  – наблюдаемая концентрация тяжелого металла в пробе почвы;

$C_{\Phi}$  – фоновая концентрация этого же металла. Значения фоновой концентрации для различных тяжелых металлов будут указаны в п. 13.2.

Для мышьяка  $C_{\Phi} = 20$  мг/кг почвы, для хрома  $C_{\Phi} = 200$  мг/кг почвы. Учитывая это, получаем:

$$K_C \text{ мышьяка в точке 1: } K_C = 21 / 20 = 1,1;$$

$$K_C \text{ бария в точке 1: } K_C = 800 / 200 = 4,0;$$

$$K_C \text{ мышьяка в точке 2: } K_C = 28 / 20 = 1,4;$$

$$K_C \text{ бария в точке 2: } K_C = 650 / 200 = 3,3.$$

Аналогично вычисляются значения  $K_C$  в остальных шести точках. Полученные значения заносятся в таблицу:

Коэффициент концентрации металла	Номер точки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i><math>K_C</math> мышьяка</i>	1,1	1,4	1,1	1,2	4,8	9,5	5,6	10,1
<i><math>K_C</math> бария</i>	4,0	3,3	3,4	2,5	4,5	2,6	1,0	1,6

**Этап 2.** Рассчитать значения комплексного показателя загрязнения почв  $Z_C$  в восьми точках отбора проб. В качестве исходных данных использовать значения  $K_C$ , определенные в первом пункте работы. Сделать вывод об уровне загрязнения почв тяжелыми металлами.

Коэффициент концентрации металла	Номер точки							
	1	1	1	1	1	1	1	1
<i><math>K_C</math> мышьяка</i>	1,1	1,4	1,1	1,2	4,8	9,5	5,6	10,1
<i><math>K_C</math> бария</i>	4,0	3,3	3,4	2,5	4,5	2,6	1,0	1,6

Используемая формула:

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

где  $K_c$  – коэффициент концентрации  $i$ -го элемента-загрязнителя;

$n$  – число элементов-загрязнителей, учтенных при расчете. В нашем случае  $n = 2$ , т. е. окончательная формула будет иметь следующий вид:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - 2 + 1 = \sum_{i=1}^n K_c - 1,$$

Подставляя конкретные значения из таблицы с результатами расчета  $K_c$ , получим:

$$Z_c \text{ в точке 1: } Z_c = (1,1 + 4,0) - 1 = 4,1;$$

$$Z_c \text{ в точке 2: } Z_c = (1,4 + 3,3) - 1 = 3,7.$$

Аналогично выполняются расчеты для остальных 6 точек. Значения  $Z_c$ , получившиеся отрицательными, приравниваем к нулю. Результаты расчетов заносим в таблицу:

Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8
Суммарный показатель	1,1	0,7	0,5	0	4,3	7,1	1,6	6,7

Для определения уровня загрязнения почв тяжелыми металлами использовать классификацию, приведенную далее в п. 12.2. Максимальное значение из рассчитанных  $ZC$  необходимо сопоставить с приведенными в классификации значениями.

В нашем случае максимальное значение  $ZC = 7,1$ , т. е.  $ZC < 16$ , следовательно, *уровень загрязнения почв на данной пробной площади низкий.*

### 13.2. Справочные материалы к практической работе

Фоновые концентрации  $C\Phi_i$  различных тяжелых металлов:

$C\Phi$  мышьяка = 20 мг/кг почвы;  $C\Phi$  хрома = 100 мг/кг почвы;

$C\Phi$  бария = 200 мг/кг почвы;  $C\Phi$  кадмия = 1 мг/кг почвы;

$C\Phi$  кобальта = 20 мг/кг почвы;  $C\Phi$  меди = 50 мг/кг почвы;

$C\Phi$  свинца = 50 мг/кг почвы;  $C\Phi$  ртути = 0,5 мг/кг почвы;

$C\Phi$  молибдена = 10 мг/кг почвы;  $C\Phi$  никеля = 50 мг/кг почвы;

$C\Phi$  цинка = 200 мг/кг почвы;  $C\Phi$  олова = 20 мг/кг почвы.

Классификация почвы по уровню комплексного показателя загрязнения  $ZC$ :

$ZC < 16$  – низкий уровень загрязнения почв;

$ZC 17-32$  – средний уровень загрязнения почв;

$ZC 33-128$  – высокий уровень загрязнения почв;

$ZC > 128$  – чрезвычайно высокий уровень загрязнения почв.

### 13.3. Варианты для выполнения практической работы

№ вариан-та	Наблюдения кон-центрации ме-талла	Номер точки							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	С ртути	2	2,8	2,3	1,9	1,1	1,2	1	1,1
	С меди	290	260	180	170	143	150	100	120
2	С ртути	2,1	2	0,2	0,3	1	1,8	1	2
	С бария	510	670	800	850	340	100	130	200
3	С кадмия	2,1	2,9	3	3,7	9	8,5	11	12
	С кобальта	68	50	20	29	69	67	20	90
4	С меди	121	120	120	237	200	135	110	200
	С свинца	268	450	600	740	790	700	560	430
5	С молибдена	12	20	22	30	19	18	3	7
	С никеля	51	67	80	85	34	100	150	180
6	С олово	21	29	30	37	90	85	119	120
	С цинка	680	1150	1120	1029	969	900	800	490
7	С бария	1021	920	820	1037	1000	985	710	420
	С цинка	468	450	400	340	190	100	100	680
8	С кадмия	1,1	2	1,2	1,3	1	3,8	5	5,9
	С олово	510	670	800	850	340	100	130	200
9	С хрома	220	290	350	370	600	850	1105	1209
	С никеля	160	150	120	140	160	60	40	80
10	С молибдена	33	30	21	27	10	18	11	20
	С кобальта	100	75	90	60	69	52	22	29
11	С меди	280	240	160	170	124	130	80	120
	С кадмия	1	3	1,4	1,3	2	2,8	5	7
12	С кобальта	70	60	29	30	69	57	10	80
	С никеля	52	57	70	85	24	100	130	160
13	С хрома	240	310	340	320	600	830	1104	1207
	С олова	500	630	790	840	320	90	120	200
14	С свинца	240	400	700	840	690	500	560	410
	С бария	1000	940	810	1037	900	785	510	440
15	С ртути	2,1	3	0,1	0,4	1,6	0,5	4	0,3
	С цинка	466	430	300	240	170	90	100	650
16	С хрома	100	200	220	420	800	920	1120	1305
	С никеля	20	47	70	65	24	80	120	190
17	С меди	300	360	150	170	124	137	140	100
	С бария	600	700	860	730	230	80	100	200
18	С кадмия	3,4	3	2,7	5,6	9	10	12	8,7
	С свинца	450	140	610	500	520	135	320	440
19	С кобальта	64	40	35	19	49	57	10	80
	С цинка	200	340	686	470	705	600	120	210
20	С молибдена	14	16	8	10	19	6	20	18
	С никеля	10	35	90	140	170	80	60	40
21	С хрома	400	620	940	710	570	500	980	1140
	С олова	510	670	200	340	510	270	700	320
22	С кобальта	30	18	24	68	74	98	100	140
	С ртути	3,2	6	0,3	0,8	1	1,5	0,5	0,4
23	С меди	120	185	320	87	40	93	220	170
	С молибдена	20	25	18	15	7	2	1	9
24	С кадмия	2,4	3,1	0,5	2,8	4,2	5	7	4,8
	С бария	920	635	740	230	170	190	250	860
25	С олово	720	210	150	840	860	910	1023	140
	С молибден	40	60	24	22	11	15	17	20

## Библиографический список

1. Богословский В.А., Жигалин А.Д. Экологическая геофизика. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 256 с.
2. ГОСТ Р 22.1.09–99 Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. Дата введения 1 января 2001 г.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд., доп. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
4. Мазур О.М. и др. Инженерная экология. В 2 т. / О.М. Мазур, О.И. Молдаванов, В.А. Шишов. – М.: Высшая школа, 1996. – Т. 1.
5. Молчанова Я.П. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. / Я.П. Молчанова, Е.А. Заика, Э.И. Бабкина, В.А. Сурнин. – М.: Форум, 2007. – 192 с.
6. Положение о лесном мониторинге. – М.: Федеральная служба лесного хозяйства РФ, 1995. – 67 с.
7. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
8. СанПиН 2.1.5.980–00. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М.: Минздрав России, 2000. – 24 с.
9. СанПиН 224/2.18.055–96. Санитарные нормы и правила. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 91 с.
10. Селегей В.В. Радиоактивное загрязнение г. Новосибирска – прошлое и настоящее. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского института катализа им. Г.К. Берескова, 1997. – 166 с.
11. СН 224/2.18.562–96. Санитарные нормы. Шум на рабочих местах в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 87 с.
12. Федеральный закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» – № 53-ФЗ от 30 марта 1999 г. – М.: Инфра-М., 2002. – 40 с.
13. Черп О.М. и др. Экологическая оценка и экологическая экспертиза. 3-е изд., перераб. и доп. / О.М. Черп, В.И. Виниченко, М.В. Хотулёва, Я.П. Молчанова, С.Ю. Дайман. – М.: Социально-экологический союз, 2001. – 278 с.
14. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. 3-е изд., испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: Академический проект, 2006. – 416 с.

План выпуска учеб.-метод. документ. 2016 г., поз. 32

Публикуется в авторской редакции

Подписано в свет 13.05.2016.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 1,9. Объем данных 0,4 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1  
<http://www.vgasu.ru>, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)