

О. Н. Николаева

## МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Курс лекций

### Лекция 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.

Впервые термин «мониторинг» был употреблён на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г. Термин образован от латинского «monitor», что значит - «наблюдать», таким образом, сфера деятельности мониторинга ограничивается сбором, систематизацией и анализом информации. Первое межправительственное совещание по мониторингу было проведено в Найроби (Кения), в феврале 1974 г.

В СССР первые обсуждения национальной системы мониторинга начались также в 1974 г, хотя Гидрометеорологическая служба СССР и ранее вела наблюдения за рядом изменений в биосфере, вызванных техногенной деятельностью. Детальное же обсуждение целей, задач и методов проведения мониторинга состоялось на международном симпозиуме по комплексному глобальному мониторингу в Риге, в 1978 г. Ранее, в 1975 г. была организована Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) под эгидой ООН, призванная координировать международную деятельность в области мониторинга и собирать данные о состоянии окружающей среды по всей Земле. Однако в полной мере ГСМОС начала функционировать лишь с начала XXI века, когда совершенствование информационных технологий и широкое внедрение геоинформационных систем существенно упростили процессы обработки и передачи информации.

Понятие мониторинга охватывает не только наблюдения за последствиями хозяйственного воздействия человека на природу, но и наблюдения за естественными природными явлениями неблагоприятного характера (наводнения, лесные и степные пожары, засухи, тайфуны, цунами, сели и пр.). Но, независимо от особенностей объекта наблюдения, процесс мониторинга всегда включает в себя четыре основных этапа:

- 1) наблюдение за объектом мониторинга;
- 2) оценка фактического состояния объекта мониторинга;
- 3) прогноз возможных изменений состояния объекта мониторинга;
- 4) оценка прогнозного состояния объекта.

С течением времени методы ведения мониторинга совершенствовались, а круг научных задач, решаемых с его помощью, расширялся. К настоящему времени сформировался целый ряд «разновидностей» мониторинга в зависимости от объекта наблюдения - так называемые **объектные виды мониторинга**. Вот примеры объектных видов, наиболее востребованных на сегодняшний день:

а) **Мониторинг атмосферного воздуха** - включает в себя наблюдения за приземным слоем атмосферы, верхними слоями атмосферы и за атмосферными осадками.

б) **Мониторинг гидросферы** - это наблюдения за поверхностными водами суши (реками, озерами, водохранилищами и пр.), водами морей и океанов и подземными водами.

в) **Почвенный мониторинг** - наблюдения за агрохимическими характеристиками почвы, за загрязнением почвы различными химическими соединениями.

г) **Геологический мониторинг** - наблюдения за процессами, протекающими в литосфере, в зоне вечной мерзлоты и в верхней части земной мантии.

д) **Геофизический мониторинг** охватывает наблюдения за абиотической составляющей биосферы (погодой, климатом, изменениями рельефа и т. п.).

е) **Сейсмический мониторинг** - наблюдения за распространением сейсмических волн в геологической среде и регистрация землетрясений различной силы.

ж) **Гравиметрический мониторинг** - наблюдения за изменениями силы тяжести на Земле (в пространстве и во времени).

з) **Биологический мониторинг** - наблюдения за популяциями живых организмов (численностью популяции, особенностями расселения и т. д.).

и) **Экологический мониторинг** - комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

На практике любой из объектных видов мониторинга подразделяется на подвиды. Например, биологический мониторинг включает в себя следующие подвиды:

- *зоологический мониторинг* - наблюдения за различными видами животных и фазами их жизненного цикла;

- *ботанический мониторинг* - наблюдения за состоянием растительного покрова и изменениями, происходящими в нём под воздействием человека;

- *антропологический мониторинг* - наблюдения за различными показателями состояния и развития человека и общества.

Возможно и еще более частное деление в пределах многих объектных подвидов мониторинга. Например, внутри антропологического мониторинга выделяют медико-биологический мониторинг, который ведёт на-

блюдения за показателями здоровья и физического развития населения, и социальный мониторинг, который оценивает изменения в этнографическом, поло-возрастном, социальном составе населения.

В любом случае объектные виды мониторинга могут проводиться как по отдельности, так и во взаимосвязи друг с другом.

## **Лекция 2. Территориальные уровни мониторинга**

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

а) **Базовый (фоновый) мониторинг** - представляет собой наблюдение за общебиосферными природными явлениями и процессами без наложения на них региональных техногенных явлений. Данный вид мониторинга ведётся под эгидой ООН, его целью является получение данных о фоновом (естественном) состоянии окружающей среды в далёком прошлом, до того, как началось её интенсивное преобразование человеком. Поэтому базовый мониторинг ведётся на базовых (фоновых) станциях, расположенных на значительном удалении от основных промышленных районов Земли. Методика наблюдений и оборудование, установленное на этих станциях, унифицированы в соответствии с международными соглашениями.

Наземные базовые (фоновые) станции размещаются на территории биосферных заповедников - строго охраняемых крупных участков, практически не испытывающих локальных воздействий человеческой деятельности [14]. На территории Российской Федерации имеется 18 биосферных заповедников, в 6 из которых размещены базовые станции. Ближайшая к Новосибирску базовая станция находится на озере Тоджа (республика Тыва).

Океанические станции базового (фонового) мониторинга размещены на материковых побережьях и островах Тихого океана: в Беринговом море, в заливе Аляски, на Японских островах, Марианских островах, в районах Большого Барьерного рифа и Перуанского желоба.

Для того, чтобы оценить современное фоновое состояние окружающей среды, на наземных базовых станциях ведут наблюдения за гидрометеорологическими показателями (в том числе - за мутностью атмосферы и кислотностью воды), радиационными показателями (в том числе - за ультрафиолетовым излучением), а также периодически измеряют концентрацию наиболее распространенных загрязняющих веществ (тяжелых металлов, оксидов углерода, углеводородов, бензапирена, фенола и радионуклидов) в воде, воздухе, почвах и тканях растений. Измерения проводятся 1 раз в 10-20 дней для воздуха и атмосферных осадков, и 1 раз в 2-6 месяцев - для поверхностных и подземных вод, почв и биоты.

На океанических базовых станциях ведут наблюдения за показателями здоровья живых организмов, обитающих в океане. При этом оценива-

ется скорость их роста и размножения, потребление ими кислорода, количество генетических мутаций и т. п.

**б) 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 и прогнозирование возможных неблагоприятных изменений. В каждой стране глобальный мониторинг ведётся по своей национальной программе.

В России вопросами глобального мониторинга занимается Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), формирование которой начато в 1993 году. ЕГСЭМ призвана обеспечивать органы государственного управления и природопользования современной и достоверной информацией о состоянии природной среды в различных регионах России. Эта информация позволяет принимать взвешенные и обоснованные решения в области охраны природы и обеспечения экологической безопасности.

Вот каков приблизительный объём работ, осуществляемых в рамках ЕГСЭМ:

**- Наблюдения за состоянием воздуха:**

- Наблюдения за качеством атмосферного воздуха на стационарных постах в 334 городах России, на каждом из постов измеряется концентрация в воздухе от 5 до 25 загрязняющих веществ.

- Наблюдения за трансграничным переносом загрязняющих веществ. Наблюдения ведутся на западной границе России, наблюдательная сеть состоит из 3 станций. При проведении исследований контролируется содержание в пробе воздуха атмосферного аэрозоля, диоксида серы и диоксида азота.

**- Наблюдения за состоянием поверхностных вод:**

- Наблюдения за загрязнением пресных вод суши по всем основным водотокам и водоёмам (более 200 водных объектов, из которых берётся около 40 000 проб в год).

- Наблюдения за загрязнением морской воды по гидрохимическим показателям на 623 морских станциях.

- **Наблюдения за состоянием почв:** в течение года берётся от 30 000 до 50 000 проб в 300-500 хозяйствах.

- **Наблюдения за загрязнением снежного покрова** - ведутся на 645 метеостанциях, охватывающих площадь в 120 км<sup>2</sup>.

- **Наблюдения за состоянием растительного покрова** осуществляются на 40 постах наблюдения системы комплексного мониторинга загрязнения природной среды и состояния лесной растительности.

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

**в) 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.

На региональном уровне информация обо всех видах нарушений и загрязнений окружающей среды поступает в **региональный информационный центр экологического мониторинга (РИЦЭМ)**. Здесь полученные данные обрабатывают и анализируют, чтобы получить всестороннюю картину фактического состояния окружающей среды в данном регионе.

Деятельность РИЦЭМ посвящена решению следующих задач:

- обработка, обобщение и анализ информации о фактическом состоянии окружающей среды и природных ресурсов данного региона;
- установление взаимосвязей между уровнем техногенного воздействия на окружающую среду региона, уровнем загрязнения и последствиями загрязнения для здоровья местных жителей;
- прогнозирование дальнейшего развития экологической ситуации в регионе;
- ведение единого банка данных регионального мониторинга окружающей среды;
- обмен экологической и природоохранной информацией на локальном, региональном и государственном уровнях.

В систему регионального мониторинга входят:

- стационарные посты контроля загрязняющих выбросов. (периодически фиксируют уровни загрязнения в определённой точке местности);
- передвижные лаборатории (перемещаются между источниками выбросов по заданному или свободному маршруту);
- автоматизированные системы и устройства контроля (обеспечивают высокую частоту и качество отбора проб без участия человека);
- аналитические лаборатории или центры (занимаются обработкой и анализом собранной информации, и её представлением в табличном или графическом виде).

На территории России функционирует 21 РИЦЭМ, в том числе - Западно-Сибирский центр мониторинга состояния природной среды, базирующийся в Новосибирске. Этот центр является структурным подразделением Западно-Сибирского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В пределах Новосибирской области вопросами мониторинга также занимается Новосибирский областной комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов.

Помимо функционирования РИЦЭМов, специальные региональные наблюдения ведутся в 12 областях, загрязнённых в результате аварии на Чернобыльской АЭС, и в 3 областях по восточно-уральскому следу этой аварии. Наблюдения заключаются в сплошных наземных радиоэкологических обследованиях и контроле качества сельскохозяйственной продукции.

г) **Локальный (импактный) мониторинг** - это наблюдения за состоянием окружающей среды, проводящиеся на небольшой территории, подверженной интенсивному техногенному преобразованию. Объектами

такого мониторинга являются промышленные центры, нефтегазоносные месторождения, отдельные крупные промышленные объекты (ТЭЦ, АЭС, магистральные нефтепроводы, водохранилища и т. п.). Локальный мониторинг является неотъемлемой частью регионального мониторинга, и ведётся соответствующим подразделением местного РИЦЭМа.

### **Лекция 3. Классы приоритетности и программы наблюдения за загрязняющими веществами**

При проектировании системы мониторинга важно организовать достаточно представительную сеть наблюдений (то есть разместить по территории достаточное количество постов наблюдения), и правильно расставить приоритеты в отношении того, какие участки данной местности будут охвачены сетью наблюдений, какие природные компоненты и источники загрязнения будут мониторироваться, 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 водоёмов (поскольку она зачастую используется для питья).

**В отношении источников загрязнения** приоритет отдается автотранспорту, ТЭЦ и предприятиям цветной металлургии.

**В отношении загрязняющих веществ:** при мониторинге атмосферного воздуха приоритетными веществами являются диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, бензапирен и пыль; при мониторинге поверхностных вод - нефтепродукты, фенол, биогенные продукты. Понятие приоритетности загрязняющих веществ будет более подробно раскрыто в разделе 2.2.

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 объёмы выбросов (сбросов) промышленных предприятий, свалок, складов твердых бытовых отходов, сельскохозяйственных удобрений; сведения об имевшихся техногенных авариях и катастрофах.

2) Данные о состоянии антропогенных источников выбросов (местоположение источников выбросов, мощность и периодичность выбросов,

природно-климатические условия, в которых находится каждый конкретный источник выбросов).

3) Данные о выносе загрязняющих веществ за границы данной территории, а также - данные о миграции загрязнителей в воздушном бассейне данного региона, по речной и озерной сети, почвенным горизонтам и грунтовым водам.

#### **Лекция 4. Порядок предоставления экологической информации**

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 её отдельных компонентов. Весь массив этих многообразных данных размещается, систематизируется и хранится на трех иерархических уровнях.

На уровне локального мониторинга сбором информации о состоянии окружающей среды занимаются сотрудники станций, пунктов и постов наблюдения (зачастую процесс сбора автоматизирован). Собранные данные передаются далее в местный РИЦЭМ. Здесь проводится формальная проверка полученных данных, формируется и пополняется региональная база данных, оценивается современность и достоверность полученных сведений. Из РИЦЭМа структурированная и обработанная определённым образом информация передается в **Российский фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды (РФИ МПР РФ)**. Этот фонд решает следующие задачи:

- сбор, систематизация, хранение и предоставления информации о природных ресурсах, о состоянии экологии и об охране окружающей среды;
- создание баз и банков данных природо-ресурсной и экологической информации на основе современных информационных технологий;
- информационное обеспечение подготовки и принятия решений по управлению природными ресурсами и охране окружающей среды.

РФИ МПР РФ имеет свои филиалы - территориальные фонды. Работой фонда и его филиалов руководит Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Пользователями баз данных фонда и его филиалов являются городские, районные, краевые и областные комитеты по экологии и охране окружающей среды. Они имеют постоянный доступ к базам данных фонда, откуда получают запрошенную ими информацию в виде статистических данных, графиков, диаграмм или экологических карт. Также они пользуются имеющимися в банках данных программами, чтобы вывести сводные показатели, проанализировать их изменения и наглядно представить результаты анализа в виде схем, карт и пр.

Существуют следующие виды потребителей информации о среде обитания:

- государственные природоресурсные и природоохранные организации;
- органы региональной и городской государственной власти и управления (например - городской комитет по строительству, органы здравоохранения и т. п.);
- юридические лица (государственные предприятия и частные фирмы, занимающиеся различной производственной деятельностью);
- физические лица (представители общественности, которых волнуют изменения условий их жизни).

Всем вышеперечисленным субъектам информация о состоянии окружающей среды предоставляется в соответствии с допуском по уровню секретности:

1 уровень - информация общего пользования.

2 уровень - информация режимного пользования.

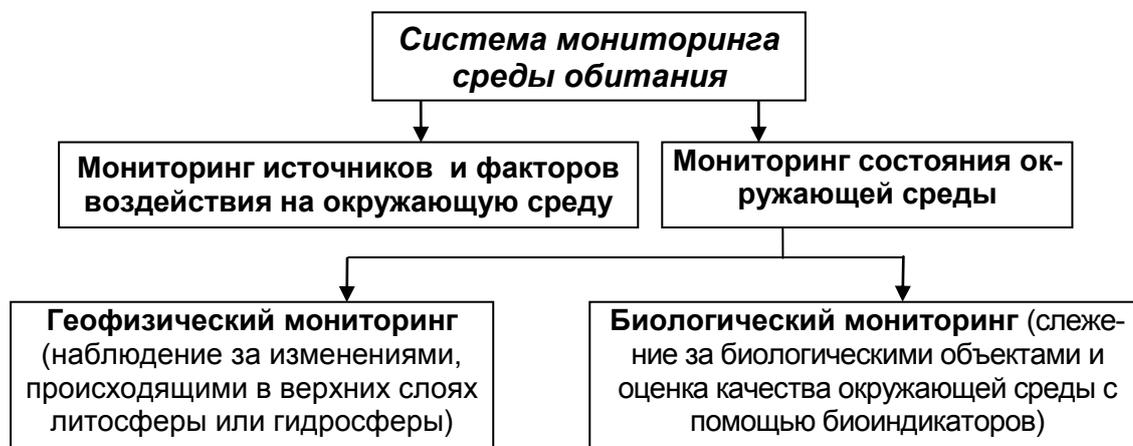
**Информация общего пользования** открыта для широкого круга потребителей; как правило, это информация достаточно обобщенного характера, не содержащая узкоспециальных терминов и количественных характеристик. Например, общедоступными являются данные о метеорологических параметрах и общем уровне загрязнения атмосферного воздуха, регулярно публикующиеся в прогнозах погоды. В целом круг общедоступных данных определяют существующие нормативные и законодательные акты.

**Информация режимного пользования** содержит точные цифровые показатели, характеризующие состояние окружающей среды или её отдельных компонентов (координаты источников загрязняющих выбросов, конфигурация и площадь загрязнённых 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).

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

## Лекция 5. Разработка системы и проекта мониторинга

Общая схема системы мониторинга выглядит следующим образом :



Проектирование системы мониторинга включает в себя следующие основные процедуры:

- 1) Выделение объекта наблюдения.
- 2) Обследование объекта наблюдения.
- 3) Составление информационной модели объекта наблюдения, выбор параметров и характеристик, которые будут мониторироваться.
- 4) Планирование наблюдений (выбор способов и периодичности проведения наблюдений).
- 5) Проведение наблюдений (отбор и анализ проб, фиксация объекта наблюдения на аэро- или космических снимках, статистическая обработка собранных данных и т. д.).
- 6) Оценка состояния объекта наблюдения.
- 7) Прогнозирование изменений состояния объекта наблюдения.
- 8) Представление полученной информации в удобной для использования форме (таблицы, графики, карты и пр.), и доведение её до потребителя.

## Лекция 6. Методы ведения мониторинга

### **Контактные методы:**

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

**Хроматографический метод** - на сегодняшний день является одним из самых распространенных методов анализа проб воздуха и воды.

**Хроматография** - это метод разделения и анализа газовой или жидкой смеси (например, пробы загрязнённого воздуха или воды), основанный на распределении разных компонентов смеси при пропускании её че-

рез твёрдый сорбент. Анализ проводится на специальном приборе - **хроматографе**, в который помещается пробирка с исследуемой пробой. На выходе из хроматографа получается хроматографическая кривая, высота и площадь пиков на которой отображают концентрацию различных загрязняющих веществ.

**Фотометрический метод** основан на сравнении оптических плотностей исследуемой жидкости (например, вода из водохранилища) и контрольной жидкости (чистая вода). Данный метод применяется для контроля качества питьевой воды.

**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 пр.).

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

**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 определённой 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.

**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 тяжёлых 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 жёсткости.

### **Неконтактные (дистанционные) методы:**

Неконтактные или дистанционные методы мониторинга среды обитания основаны на использовании зондирующих полей для изучения объекта мониторинга. В качестве таких полей могут выступать 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 удалён. Поэтому применение зондирующих полей сделало возможным ведение мониторинга за такими труднодоступными для непосредственного контакта объектами, как озоновый слой, ионосфера, Солнце и т. п.

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 фотоплёнки). В случае **активного контроля** зондирующее поле создаётся неким посторонним источником и направляется на мониторируемый объект. Далее производится приём поля, отражённого или переизлучённого объектом. Разновидностью активного контроля является **рефлексный контроль**, когда одновременно выполняется и передача, и приём зондирующего поля.

При неконтактном контроле наблюдения за исследуемым объектом ведутся с помощью радиолокационных и оптико-электронных приборов (радиолокаторов, радиометров, аэрофотоаппаратов и т. д.), установленных на борту самолёта, вертолёта, 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 га-

зов 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 1500 км (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. Наблюдения за изменениями радиояркости того или иного водного объекта позволяют оценить следующие параметры:

- волнение (используются радиоволны миллиметрового диапазона);
- температура (используются радиоволны сантиметрового диапазона);
- солёность воды (используются радиоволны дециметрового диапазона);
- загрязнённость водной поверхности нефтью (используются радиоволны с длиной волны 360 - 460 нм при мониторинге загрязнения лёгкими фракциями нефти, и радиоволны с длиной волны около 500 нм при мониторинге загрязнения тяжёлыми фракциями).

**Неконтактные методы мониторинга снежного покрова** 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 чёткой фиксации границ снежного поля используют радиоволны микроволнового диапазона (длина волны от 0,8 до 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 отражённого света).

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

## Лекция 7. Мониторинг состояния атмосферного воздуха

**Мониторинг атмосферного воздуха** - это система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения. **Объектами наблюдения** являются приземный слой атмосферы и атмосферные осадки (в том числе снежный покров). Мониторинг атмосферного воздуха способствует решению следующих **задач**:

- сбор, анализ и обобщение информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха отдельными химическими элементами и их соединениями;
- обеспечение федеральных и местных органов государственной и исполнительной власти информацией о состоянии воздушного бассейна;
- контроль за соблюдением государственных и международных стандартов качества атмосферного воздуха;
- прогнозирование перспективных изменений состояния данного воздушного бассейна;
- информирование общественности о качестве атмосферного воздуха и развертывание систем предупреждения о резком повышении уровня загрязнения.

Система мониторинга атмосферного воздуха включает в себя в подсистемы: подсистему наблюдения за качеством воздуха, и подсистему контроля.

**Подсистема наблюдения за качеством атмосферного воздуха** наблюдает за состоянием воздуха на обширных территориях (крупный населённый пункт, административный район и пр.). Посты наблюдения, входящие в эту подсистему, собирают информацию об общем состоянии местного воздушного бассейна, поэтому они располагаются вне зоны влияния конкретных источников выбросов (на удалении от крупных заводов, ТЭЦ, котельных и пр.).

**Подсистема контроля качества атмосферного воздуха** - контролирует конкретные источники загрязнения воздуха и регулирует промышленные выбросы вредных веществ в атмосферу. Поэтому посты, входящие в подсистему контроля, располагаются вблизи конкретных заводов, фабрик, ТЭЦ и т. п.

Посты наблюдения за состоянием атмосферного воздуха делятся на стационарные и передвижные.

**Стационарный пост наблюдения** представляет собой павильон размерами 2×4×7 метра, 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). Кроме того, павильон обязательно оборудуется системами жизнеобеспечения (свет, вентиляция, отопление, система пожаротушения).

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. Наблюдения ведутся ежедневно, кроме воскресений; субботы чередуются. При использовании **неполной программы** наблюдения проводятся ежедневно в 7-00, 13-00 и 19-00 ч, ежедневно (суббота и воскресенье чередуются). 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 зелёных 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 населённом пункте зависит от числа жителей. Также при выборе количества и местоположения стационарных постов в конкретном населённом пункте необходимо принимать во внимание местный рельеф, особенности климата (роза ветров, количество штилевых дней в году и пр.), и особенности размещения жилой, промышленной и зелёной зон.

**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 определённом 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 выбросов, при этом подфакельный пост постепенно удаляется от источника по направлению господствующего ветра.

Методы и технические средства, используемые для анализа проб загрязнённого воздуха, весьма разнообразны.

**1) Адсорбционный метод спектрального анализа газов** основан на способности веществ избирательно поглощать часть проходящего сквозь них электромагнитного излучения. В процессе исследования получают спектрограмму для спектра поглощения; расположение пиков на ней показывает, какие именно загрязняющие вещества присутствуют в данной пробе воздуха, а высота пиков передает концентрацию соответствующих загрязнителей.

**2) Пламенно-ионизационный метод** основан на ионизации углеводородов в водородном пламени. В чистом водородном пламени содержание ионов незначительно, а при введении в пламя углеводородов количество ионов резко увеличивается, и под действием приложенного электрического поля возникает ионизационный ток. Его сила пропорциональна концентрации углеводородов. Прибор, используемый при этом методе анализа, называется **пламенно-ионизационный газоанализатор**, или **анализатор углеводородов**.

**3) Хемилюминесцентный метод анализа** основан на реакции оксида азота и озона, одновременно поступающих в реакционную камеру. В результате реакции наблюдается свечение с длиной волны от 600 до 2400 нм, с максимумом в районе 1200 нм. Интенсивность этого свечения пропорциональна концентрации оксида азота, и регистрируется фотоумножителем. В настоящее время этот метод является основным методом контроля концентрации оксидов азота в промышленных выбросах.

**4) Флуоресцентный метод** используется для выявления наличия в пробе воздуха сероводорода или диоксида серы. Пробу воздуха, предположительно содержащую диоксид серы, облучают ультрафиолетовым излучением с длиной волны 214 нм. Молекулы диоксида серы, возбуждаясь, начинают испускать ответное флуоресцентное излучение с длиной волны 350 нм. Интенсивность излучения пропорциональна концентрации диоксида серы и регистрируется фотоумножителем. Если проба воздуха исследуется на наличие в ней сероводорода, то предварительно сероводород окисляется до диоксида серы с помощью конвертора, входящего в состав оборудования.

**5) Пламенно-фотометрический метод** также используется для выявления наличия в пробе воздуха сероводорода и диоксида серы. В ходе исследования пробу воздуха помещают в пламя смеси водород+воздух, при этом молекулы диоксида серы или сероводорода восстанавливаются до молекул чистой серы, которые испускают излучение в ультрафиолетовой зоне спектра (длина волны от 360 до 440 нм).

**6) Радиометрический метод** - используется для анализа пробы воздуха на содержание пыли. Метод основан на ослаблении радиоактивного  $\beta$ -излучения частицами пыли. Используемый прибор - **радиационный пылемер**, состоящий из пробоотборного устройства, источника радиоактивного излучения и счетчика Гейгера.

**7) Электрохимический метод** основан на использовании химических сенсорных датчиков (ХСД). ХСД представляют собой пару чувствительных элементов с химическим покрытием, которое непосредственно контактирует с пробой воздуха, и на котором адсорбируется анализируемое загрязняющее вещество (оксид углерода, сероводород или диоксид серы). В зависимости от принципа функционирования, ХСД делятся на потенциометрические, кулонометрические, полярографические и т. д. Используемый прибор - **электрохимический газоанализатор**.

**8) Метод газовой хроматографии** - наиболее распространенный метод анализа проб воздуха на наличие и концентрацию загрязняющих веществ. Метод основан на разделении пробы воздуха на хроматографической колонке, заполненной сорбентом. Проходя через колонку, разные загрязняющие вещества оседают на разных участках сорбента. Используемый прибор - **газовый хроматограф**. Существует множество различных моделей хроматографов, как стационарных, предназначенных для использования в лабораториях и исследовательских центрах, так и переносных, входящих в комплектацию передвижных постов наблюдения за качеством воздуха.

Все восемь вышеизложенных методов анализа качества воздуха относятся к контактному методу мониторинга, то есть предполагают непосредственное лабораторное исследование пробы воздуха. Однако, наряду с ними, также широко используется и неконтактный метод мониторинга загрязнения воздуха, а именно - **лидарное зондирование атмосферы**. Этот метод позволяет выявить наличие в воздушной среде аэрозолей (взвешенных в воздухе частиц твердых или жидких веществ, диаметром 0,5 мкм и меньше). Суть метода состоит в том, что лазерное (лидарное) излучение по-разному рассеивается частицами разных загрязняющих веществ. Используемый прибор - **лидар**. Лидары могут быть как стационарные (кругового обзора), так и передвижные.

**Стационарный лидар** устанавливается в промышленной зоне и предназначен для непрерывного круглосуточного контроля аэрозольных выбросов в радиусе от 7 до 15 км. Также он позволяет измерять азимут и расстояние до источника выбросов. При обнаружении высокой концентрации аэрозоля в воздухе, оператор стационарного лидара подает команду на выезд передвижной лидарной установки для уточнения ситуации. Масса стационарного лидара около 3 000 кг, дальность действия - около 5 км днем, и около 7 км ночью.

**Передвижной лидар** устанавливается на автомобиле, и предназначен для анализа состава выбросов из конкретных дымовых труб и вентиляционных шахт, а также - для определения границ загрязнённой зоны при промышленной аварии. Его вес - около 1 000 кг, дальность действия - от 500 м до 1 км.

Взаимосвязь между стационарным и передвижным лидарами поддерживается по радиосвязи. Кроме того, стационарный лидар связан с мест-

ной системой мониторинга по модему или широкополосному каналу Интернета.

## **Лекция 8. Мониторинг качества поверхностных вод**

**Мониторинг поверхностных вод** представляет собой систему регулярных наблюдений за гидрологическими и гидрогеохимическими показателями состояния поверхностных вод, обеспечивающую сбор, передачу и обработку полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности осуществляемых водоохранных мероприятий. **Объектом мониторинга** являются поверхностные водоёмы и водотоки (реки, озёра, водохранилища, каналы и прочие водные объекты естественного или техногенного происхождения).

Мониторинг поверхностных вод ведётся в рамках ЕГСЭМ, и призван решить следующие **задачи**:

- систематическое получение как отдельных, так и осредненных во времени и пространстве данных о качестве воды;
- обеспечение хозяйственных органов, а также заинтересованных организаций систематической информацией и прогнозами изменения гидрохимического режима и качества воды водоёмов и водотоков и экстренной информацией о резких изменениях загрязнённости воды.

Мониторинг 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 населённых 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 водоёмах, интенсивно используемых в народном хозяйстве.

В зависимости от особенностей размещения, все пункты наблюдения за качеством воды подразделяются на 4 категории:

*Пункты I категории* располагают на крупных и средних водоёмах и водотоках, имеющих важное народнохозяйственное значение; в районах городов с населением свыше 1 млн. жителей; в местах нереста и зимовья

особо ценных видов промысловых рыб; в районах повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ; в районах организованного сброса сточных вод, в результате которых наблюдается высокая загрязнённость воды.

*Пункты II категории* устраивают на водоёмах и водотоках в районах городов с населением от 0,5 до 1 млн. жителей; на предплотинных участках рек; в местах организованного сброса дренажных сточных вод с орошаемых территорий и промышленных сточных вод; при пересечении реками Государственной границы.

*Пункты III категории* располагают на водоёмах и водотоках в районах городов с населением менее 0,5 млн. жителей; на замыкающих участках больших и средних рек; в устьях загрязнённых притоков больших рек и водоёмов; в районах организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается низкая загрязнённость воды.

*Пункты IV категории* устанавливаются на незагрязнённых участках водоёмов и водотоков, на водоёмах и водотоках, расположенных на территориях государственных заповедников и национальных парков. На этих пунктах контролируется фоновая (естественная) концентрация различных загрязняющих веществ в воде.

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

При выборе программы наблюдений необходимо учитывать категорию данного пункта, целевое использование данного водоёма, химический состав сбрасываемых сточных вод. Наблюдения на пунктах могут вестись либо по обязательной программе (ОП), либо по одной из трех сокращенных программ (ПС1, ПС2, ПС3).

**Обязательная программа (ОП)** включает в себя наблюдения за следующими показателями:

- *гидрологические показатели*: расход воды и скорость её 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, тяжёлые металлы), биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК<sub>5</sub>);

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

Наблюдения по обязательной программе проводятся 7 раз в год, в основные фазы водного режима: в половодье (в начале, на пике и на спаде),

в летнюю межень (при наименьшем расходе воды и при паводке), осенью (перед ледоставом) и во время зимней межени. При этом количество проб воды, взятых на данном пункте, зависит от особенностей водного режима данной реки:

- на водотоках с длинным (больше месяца) половодьем берут по 7 проб;

- на водотоках с устойчивой летней меженью и слабым осенним подъемом воды - 5- 6 проб;

- на пересыхающих водотоках - 3- 4 пробы.

Помимо обязательной программы наблюдений, существуют 3 вида сокращенных программ: ПС1, ПС2 и ПС3. Они подразумевают наблюдение за меньшим перечнем параметров, чем при наблюдениях по обязательной программе. Наблюдения по сокращенным программам ведутся в промежутках между наблюдениями по обязательной программе.

**Сокращенная программа 1 вида (ПС1)** включает в себя наблюдения за расходом воды на водотоках, уровнем воды на водоёмах, температурой воды, удельной электропроводностью и концентрацией растворенного кислорода.

**При сокращенной программе 2 вида (ПС2)** ведут наблюдения за теми же параметрами, что и в ПС1, а также - наблюдения за водородным показателем рН, концентрацией взвешенных веществ, БПК<sub>5</sub>, концентрациями 2-3 загрязняющих веществ, приоритетных для данного водного объекта.

При наблюдениях по **сокращенной программе 3 вида (ПС3)** наблюдают за теми же параметрами, что и в ПС2, но вместо концентрации 2-3 приоритетных загрязнителей - измеряют концентрации всех загрязняющих веществ, присутствующих в данном водном объекте.

При ведении на пунктах наблюдений за гидробиологическими показателями также используются различные варианты программ наблюдений. Существуют полная и сокращенная программы гидробиологических наблюдений.

**Полная программа гидробиологических наблюдений** включает в себя:

- наблюдения за различными видами планктона и зообентоса (подсчитывается общее количество организмов, общее количество видов, общая биомасса и пр.);

- определение микробиологических показателей (общее количество бактерий в пробе воды, количество сапрофитных бактерий и пр.);

- изучение фотосинтеза и процессов распада органического вещества.

**Сокращенная программа гидробиологических наблюдений** предусматривает только наблюдения за различными видами планктона и зообентоса.

**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. Верхний (первый) створ располагают в 1 км выше источника; показатели качества воды, наблюдаемые на этом створе, считаются фоновыми. Чтобы оценить уровень загрязнения данного водного объекта, с этими показателями сравнивают показатели качества воды, наблюдаемые на створах, расположенных ниже источника сбросов. Место для нижних створов выбирают так, чтобы они располагались в месте достаточно полного (не менее 80%) смешения сточных вод с водой данного объекта.

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

Если ведётся наблюдение за группой источников загрязняющих сбросов, то при необходимости можно разместить между ними дополнительные створы, которые позволят оценить вклад каждого отдельного источника в общий объём загрязняющих сбросов.

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.

Створ имеет сложную структуру, он подразделяется на горизонты и вертикали.

**Вертикаль створа** - это условная отвесная линия, проведённая от поверхности воды (льда) до дна реки или озера. На этой вертикали располагаются **горизонты** - точки на вертикали (по глубине), из которых берутся пробы воды.

Количество вертикалей в створе зависит от типа водоёма и особенностей загрязнения воды.

Для рек с неоднородным химическим составом воды - в створе намечают 3 вертикали: в 3-5 метрах от правого и левого берега, и третью вертикаль, расположенную на фарватере. При однородном химическом составе воды будет достаточно только одной вертикали, размещённой на фарватере.

Для замкнутого водоёма (озеро, водохранилище и т. п.) в каждом створе устанавливается только одна вертикаль.

Количество горизонтов, лежащих на вертикали, зависит от глубины исследуемого водного объекта.

#### **4 этап: отбор проб воды и проб донных отложений.**

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

термометром для замера температуры воды . Для взятия проб донных отложений используют щупы или дночерпатели.

Глубину водоёма или водотока измеряют лотом. Для оценки кислотности воды используют рН-метр. Для изучения химического состава пробы воды используют приборы, действие которых основано на различных контактных методах ведения мониторинга:

- метод титрования (оценивается химическое потребление кислорода (ХПК));

- ионная хроматография (оценивается концентрация сульфат- и сульфид-ионов);

- электрохимический метод (определяется содержание растворенного в воде кислорода);

- метод газовой хроматографии (определяется концентрация различных химических веществ);

- фотометрический метод (определяется концентрация нитрат-ионов и ионов аммония).

В настоящее время для оперативного исследования проб воды часто используют **автоматические анализаторы** - приборы, позволяющие проводить анализ пробы в автоматическом режиме и сразу по многим параметрам.

При изучении гидробиологических характеристик пробы воды используют следующие методы:

- При исследовании фитопланктона пробу фильтруют через мелкопористые мембранные фильтры и подсчитывают количество особей, осевших на фильтре, количество представленных в осадке видов, рассчитывают их биомассу. Для подсчётов используют микроскоп и определитель (каталог) видов фитопланктона.

- При исследовании зообентоса для отбора образцов используют планктонные сети и планктоночерпатели. После отбора и обработки пробы производят видовой анализ присутствующих в ней организмов с помощью определителей.

## **Лекция 9. Мониторинг подземных вод**

**Мониторинг подземных вод** - это система регулярных наблюдений за изменением состояния подземных вод под воздействием природных и техногенных факторов. **Объектом мониторинга** являются подземные воды, а также отдельные компоненты геологической среды, на которые оказывает влияние эксплуатация водозаборных сооружений. **Целью** мониторинга подземных вод является информационное обеспечение процессов эксплуатации подземных вод, их охраны от загрязнения и истощения, предотвращения негативных последствий влияния водоотбора на окружающую среду.

Характерная особенность мониторинга подземных вод заключается в том, что 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.

К наблюдательным скважинам предъявляется ряд требований:

1) Устье скважины должно иметь инструментально определённую (например, с помощью нивелира) высотную отметку. Эта отметка контролируется 1 раз в 10 лет.

2) Конструкция скважины должна исключать загрязнение водоносного горизонта и надёжно изолировать его от выше- и нижележащих водоносных слоёв. Устье скважины закрывают от несанкционированного доступа специальной крышкой.

3) Диаметр трубы скважины должен составлять от 89 до 127 мм.

Перед отбором проб воды необходимо с помощью насоса прокачать через скважину 4-5 объёмов воды. Это позволит исключить влияние металла труб на химические свойства пробы воды.

По территориальному охвату выделяют территориальный, объектный и мультиобъектный мониторинг подземных вод.

**Территориальный мониторинг подземных вод** проводится на территории отдельного субъекта Российской Федерации. Его целью является изучение условий питания и разгрузки местного бассейна подземных вод, изучение взаимодействия этого бассейна с поверхностными водами (реками, озерами и пр.), выявление источников техногенного загрязнения подземных вод. Собранные информация используется для развития водоснабжения на данной территории.

В ходе территориального мониторинга в пределах исследуемого региона организуется сеть наблюдательных скважин. Места для бурения этих скважин выбираются с учётом следующих факторов:

- размещение, характер и размеры источников загрязнения подземных вод;

- конфигурация области загрязнения подземных вод (например, вдоль нефтепровода будет отмечаться линейная конфигурация загрязнения, вокруг промышленного предприятия - площадная);

- особенности строения местного водоносного горизонта (глубина залегания водоносных слоев, их мощность, скорость и направление подземных течений и т. п.);

- местоположение водозаборных сооружений.

Количество наблюдательных скважин в сети - непостоянно. По результатам начального этапа наблюдений определяют направление и скорость перемещения фронта загрязнения, и, исходя из этого, намечают количество новых скважин и места для их бурения. При этом в районе источника загрязнения подземных вод сеть скважин наращивается от источ-

ника вниз по течению подземных вод; в районе водозабора новые наблюдательные скважины размещаются по направлению от границы области загрязнения к водозабору.

Частота размещения наблюдательных скважин зависит от скорости течения подземных вод (чем она выше - тем чаще будут расположены скважины и тем больше будет их количество). Обычное расстояние между скважинами - 100-200 м, при этом первая, ближайшая к источнику загрязнения скважина должна отстоять от источника не более чем на 100 м .

**Объектный мониторинг подземных вод**, в отличие от территориального мониторинга, ведётся на небольшом участке местности вокруг водозаборов центрального водоснабжения. Таким образом, объектный мониторинг охватывает только ту площадь, в пределах которой данный конкретный водозабор влияет на местный поток подземных вод. Объектный мониторинг решает задачи по оптимизации функционирования этого водозабора, исходя из местных условий хозяйствования.

Методы ведения объектного мониторинга подземных вод включают в себя регулярные замеры и прогностические обследования.

*Регулярные замеры* проводятся с целью постоянного слежения за состоянием водозаборных скважин, и за качеством добываемой из них воды. Регулярные замеры включают в себя:

- замер динамического уровня воды в скважине;
- замер расхода воды при водоотборе;
- определение органолептических показателей (температура, цвет, мутность, запах, вкус воды);
- определение химических показателей (водородный показатель рН, общая жесткость воды, концентрация железа, марганца, нитратов, сульфатов, хлоридов, фторидов);
- определение микробиологических показателей (число сапрофитных бактерий, титр кишечной палочки и пр.);
- определение показателей, характерных только для подземных вод (концентрация сероводорода, бериллия, бора, молибдена, мышьяка, свинца, стронция, цинка).

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.

*Прогностические обследования* проводятся для разработки мер по улучшению водоснабжения и по повышению качества воды в данном водозаборе. В отличие от регулярных замеров, ведущихся постоянно, прогностические замеры выполняются только при проведении в данной местности эксплуатационной разведки по оценке или переоценке запасов подземных вод на данном водозаборе.

В объектном мониторинге выделяются два особенно востребованных направления.

*1 направление: мониторинг качества подземных вод на крупных городских водозаборах.* При этом фиксируются следующие показатели:

- общегеологические и гидрохимические условия данного месторождения подземных вод (условия залегания водоносных слоев, минерализация вод и пр.);

- условия и факторы формирования химического состава местных подземных вод;

- изменение химического состава местных подземных вод;

- соответствие качества местных подземных вод нормативным документам, регламентирующим качество подземных вод, используемых для водоснабжения.

Требования к качеству питьевой воды различаются в зависимости от системы водоснабжения (централизованное или нецентрализованное), и от объектов контроля (вода в скважине (источнике), вода в системе водоподготовки, вода в водопроводной сети).

*2 направление: мониторинг на береговых водозаборах подземных вод.*

Береговые водозаборы подземных вод располагаются на берегах рек или водохранилищ, и представляют собой ряд водозаборных скважин, расположенных вдоль берега. Вода в таких скважинах сильнее подвержена техногенному загрязнению, так как местный бассейн подземных вод в значительной степени подпитывается речными водами.

Для того чтобы получить представление о загрязнении подземных вод, приуроченных к бассейну данной реки, в дополнение к имеющимся водозаборным скважинам бурят наблюдательные скважины, не используемые для водоснабжения населения. Между рядом водозаборных скважин и береговой линией должно быть не менее двух наблюдательных скважин. Для мелких и средних рек также организовывают 1 наблюдательную скважину на противоположном от водозабора берегу. Кроме того, на самой реке организовывают водомерный пост для постоянного замера уровней воды в реке. Эти данные необходимы, чтобы оценить вклад данной реки в питание местного бассейна подземных вод.

Помимо территориального и объектного мониторинга подземных вод в некоторых нормативных документах и литературных источниках используется термин «мультиобъектный мониторинг». **Мультиобъектный мониторинг подземных вод** представляет собой наблюдение за несколькими близкорасположенными водозаборами, взаимосвязанными между собой и относящимися к одному бассейну подземных вод. Методы и средства ведения этого мониторинга аналогичны используемым при объектном мониторинге.

Оборудование, применяемое при мониторинге подземных вод, включает в себя уровнемеры для измерения уровня воды в скважине - они могут быть как автоматическими, монтируемыми в устье скважины, так и ручными, опускаемыми в скважину на тросе.

Помимо уровнемеров, также используются термометры (для измерения температуры воды в скважине), пробоотборники (для взятия пробы воды), расходомеры (для определения дебита скважины). Для накопления

и фиксации измеренных параметров используют различные регистраторы данных.

## Лекция 10. Мониторинг почв

**Мониторинг почв** - это система наблюдений за фактическими уровнями загрязнения почв, включающая в себя определение прогностических уровней загрязнённости и выявление источников загрязнения почв. При этом необходимо не только определить химический состав и концентрацию веществ-загрязнителей, но и проанализировать их перераспределение по почвенным горизонтам, учесть процессы выноса и вымывания. Таким образом, **цель** мониторинга почв заключается в установлении негативных изменений качества почв, выявлении источников загрязнения почв, а также - в оценке воздействия качества почв на здоровье населения и в получении достоверных данных для обоснования программ по рекультивации почв.

**Объектом** мониторинга почв принято считать все почвы, входящие в состав земельного фонда страны, независимо от принадлежности, т.е. от форм собственности на земельные участки, целевого назначения и характера использования земель. Также важным объектом мониторинга почв являются атмосферные осадки зимнего периода, поскольку содержащиеся в снеге вещества вместе с талыми снеговыми водами поступают в почву и существенно влияют на экологическое состояние почвенного покрова, изменяя его кислотность, концентрацию ионов и тяжёлых металлов.

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

- Сбор сведений об имеющихся на данной местности источниках загрязнения почв (местоположение, объём выбросов, особенности производственного цикла, объёмы твердых отходов, способы их утилизации или захоронения).

- Составление карты техногенных нагрузок на исследуемую территорию. На эту карту наносят источники техногенного воздействия на почвы, и зоны их вероятного влияния.

- Установление сроков проведения мониторинга, выбор ключевых площадок, на которых будут братья пробы почв.

В процессе мониторинга почв могут братья точечные и смешанные пробы почвы. **Точечная проба берётся** буром, её масса составляет 100-150 грамм; **смешанная проба берётся** следующим образом: от 5 до 15 точечных проб ссыпаются в одну емкость, тщательно перемешиваются, и из полученной смеси берётся образец массой около 500 г.

Основные районы проведения мониторинга почв - это города, районы интенсивного применения сельскохозяйственных ядохимикатов и удобрений, горно-промышленные и металлургические комплексы.

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

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

- **На территориях детских дошкольных учреждений, школ, лечебно-профилактических учреждений** пробы берут не менее 2 раз в год (весной и осенью). Размер пробной площадки - 5 × 5 м, глубина взятия проб - 0 см (то есть почва изымается непосредственно с поверхности) и 10 см. На территории детских учреждений пробы берутся не только с территории общего пользования, но и из каждой песочницы.

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

- **На территориях, прилегающих к крупным промышленным предприятиям** пробы берут по 4-8 направлениям розы ветров, на расстоянии в 100, 200, 500 м, 1 км, 2, 4, 8, 16 км от источника. При необходимости можно добавлять дополнительные точки отбора проб, удаленные на 20, 30 и 50 км от источника загрязнения.

- **Вдоль линейных объектов (дорог, нефтепроводов и пр.)** пробы почв берут по маршрутам, идущим параллельно объекту, на расстоянии в 50, 100, 200 и 500 метров от объекта. Пробы берут с глубины 20 см.

- **В районах интенсивного применения сельскохозяйственных удобрений и ядохимикатов:** сначала в пределах данного объекта (сада, поля и пр.) ограничивают пробную площадку площадью 100-200 м<sup>2</sup>, из расчёта 1 площадка на 10-15 га объекта. Внутри каждой площадки берут пробы по сетке квадратов с шагом от 10×10 до 50×50 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. В этих лабораториях образец почвы анализируется в виде почвенной вытяжки (раствора из почвы и воды). Реагент или индикатор, необходимый для выявления определённого загрязняющего вещества или химического элемента, приливают к почвенной вытяжке. Полученная смесь окрашивается определённым образом, интенсивность окраски пропорциональна концентрации загрязняющего вещества.

В ходе мониторинга почв, помимо содержания в пробе химических элементов и загрязнителей, необходимо также оценить биологическую активность почвы (БАП). Этот показатель характеризует активность биохимических почвенных процессов. При загрязнении почв большим количеством бактерий и микроорганизмов значение БАП возрастает; если же почва загрязнена неорганическими веществами (тяжелыми металлами и пр.), то значение БАП падает.

БАП почвы оценивают по 2 показателям: по скорости выделения углекислого газа из почвы и по интенсивности разложения клетчатки (целлюлозы, льняного полотна) в почве. Кроме того, определение БАП может включать в себя подсчёт общего количества микроорганизмов в пробе почвы, подсчёт количества микроорганизмов определённых видов (азотобактерии, бактерии-аммонификаторы и пр.). Для этого из пробы почвы приготавливается раствор, из которого делают посев в лабораторную посуду (чашку Петри), заполненную питательной средой. По прошествии определённого времени изучают видовой состав и производят подсчёт размножившихся микроорганизмов с помощью микроскопов. В целом определение биологической активности почвы - процесс достаточно долгий и трудоёмкий, требующий стационарных лабораторных условий и наличия специального оборудования (автоклавы, стерилизаторы, дистилляторы, холодильники, посуда из химически стойкого стекла, термометры и весы с высокой точностью измерения).

## Лекция 11. Эколого-геологический мониторинг

**Эколого-геологический мониторинг** - это система постоянных наблюдений, оценки и прогноза состояния эколого-геологической обстановки. При этом под эколого-геологической обстановкой понимается та часть экосистемы, которая отвечает за геологическое обеспечение человека и биоты за счет выполнения определённых функций: ресурсной, геодинамической, геофизической и геохимической. Таким образом, эколого-геологическая обстановка включает в себя связи «литосфера - биота» и «литосфера - биота - инженерные сооружения».

**Назначение** эколого-геологического мониторинга заключается в установлении тенденций изменения и развития верхних горизонтов литосферы, и в учете этих тенденций с точки зрения их последствий для человека и биоты. Поэтому в программу данного вида мониторинга входят наблюдения и за техногенными, и за природными изменениями состояния литосферы, а также генетический анализ протекающих в литосфере процессов с целью выделения природной и техногенной составляющей.

Информация, собранная в ходе эколого-геологического мониторинга, используется для решения следующих **задач**:

1) Вынесение рекомендаций по борьбе с неблагоприятными геологическими процессами (просадка грунтов и пр.) и рекомендаций по защите геологической среды от техногенных загрязнений.

2) расчёт допустимой техногенной нагрузки на верхние горизонты литосферы; оценка эффективности и целесообразности строительства на данной территории конкретных инженерных сооружений; геологический контроль при эксплуатации уже построенных сооружений.

3) Построение прогнозных моделей геологической среды, отражающих разные варианты её дальнейшего развития.

Эколого-геологический мониторинг - один из наиболее старейших объектных видов мониторинга; поэтому его методическая и нормативная база достаточно хорошо проработана, и к настоящему времени сформировался целый ряд классификаций видов эколого-геологического мониторинга.

**По широте охвата объекта наблюдения** выделяют следующие виды эколого-геологического мониторинга:

1) *Комплексный эколого-геологический мониторинг* подразумевает ведение наблюдений за всеми элементами верхних горизонтов литосферы.

2) *Частные виды эколого-геологического мониторинга* подразумевают ведение наблюдений за отдельными элементами литосферы. К частным видам эколого-геологического мониторинга относятся:

- мониторинг горных пород;
- гидродинамический мониторинг;
- мониторинг криолитозоны (зоны вечной мерзлоты);
- геоморфологический мониторинг;
- мониторинг экзогенных геологических процессов;
- мониторинг эндогенных геологических процессов.

**В зависимости от инженерно-хозяйственного освоения территории**, на которой ведётся эколого-геологический мониторинг, выделяются следующие его виды:

1) Эколого-геологический мониторинг городских территорий и городских агломераций.

2) Эколого-геологический мониторинг промышленных территорий.

3) Эколого-геологический мониторинг горнодобывающих предприятий.

4) Эколого-геологический мониторинг гидротехнических сооружений.

5) Эколого-геологический мониторинг районов сельскохозяйственного освоения.

6) Эколого-геологический мониторинг атомных электростанций.

7) Эколого-геологический мониторинг транспортных линейных сооружений.

**В зависимости от организатора работ** выделяются два вида эколого-геологического мониторинга:

1) *Государственный (федеральный) эколого-геологический мониторинг*. Такой мониторинг планируется, заказывается и организуется централизованно, государственными (или федеральными) органами управления (министерствами, государственными комитетами и т. п.).

2) *Отраслевой (ведомственный) эколого-геологический мониторинг* организуется и проводится по инициативе отдельных ведомств и отраслей промышленности (транспортных, нефтедобывающих и т. п.).

**С точки зрения территориального охвата** эколого-геологический мониторинг может вестись на 5 уровнях.

*1 уровень: детальный эколого-геологический мониторинг*. Он проводится в пределах отдельных предприятий, инженерных сооружений, хо-

зв'язаних комплексів, родовищ і кар'єрів добування корисних копалин і т. д.

*2 рівень: локальний еколого-геологічний моніторинг* ведеться в межах міста або міського району. Моніторинг 1 і 2 рівня призначений для екологічної оцінки змін геологічної середовища під впливом діючого або планованого технічного об'єкта або комплексу об'єктів.

*3 рівень: регіональний еколого-геологічний моніторинг* ведеться в межах краю, області, кількох сусідніх адміністративних одиниць, територіально-виробничого комплексу. Він призначений для оцінки екологічних змін в верхніх горизонтах літосфери великих територій з високою техногенною навантаженням.

*4 рівень: національний еколого-геологічний моніторинг* ведеться в межах всього держави. Його призначення - систематичний контроль за станом всіх компонентів еколого-геологічної обстановки і контроль за дотриманням законодавства в області охорони надр. В Росії мережа національного еколого-геологічного моніторингу тільки формується; подібні мережі вже створені в США, Німеччині, Франції, Швеції, Японії.

*5 рівень: глобальний еколого-геологічний моніторинг* - включає в себе спостереження і контроль еколого-геологічної обстановки по всьому земному шару. В даний час цей рівень еколого-геологічного моніторингу тільки формується під егідою ООН на основі об'єднання національних систем еколого-геологічного моніторингу.

В основі системи збору еколого-геологічної інформації лежить **наблюдательная сеть**. В відповідності з вищеприведеною класифікацією видів еколого-геологічного моніторингу по територіальному охопленню, виділяються детальні, локальні, регіональні і національні наблюдательные мережі. Однак в будь-якому випадку наблюдательная мережа включає в себе наступні структурні елементи:

**1) Точка наблюдения** - це найнижча структурна одиниця наблюдательной мережі. В якості точки спостереження може виступати точка відбору ґрунту, наблюдательная скважина або колодець і т. п.

**2) Наблюдательный пост** - це група поетажно обладаних наблюдательных скважин. Звичайно один окремо взятий наблюдательный пост забезпечує спостереження тільки за одним з компонентів літосфери (вечної мерзлотою, геофізическою або гідрогеологіческою ситуацією і т. п.).

**3) Наблюдательный полигон** - це система наблюдательных скважин, наблюдательных профілів (наприклад, геофізических) і експериментальних площадок, призначених для вивчення конкретних інженерно-геологіческих явищ і процесів, впливаючих на екологію. В залежності від цілей моніторингу, в наблюдательную мережу можуть включатися полігони різного рангу:

а) *Детальный наблюдательный полигон* - это полигон низшего уровня, предназначенный для сбора первичной эколого-геологической информации и для решения различных узкоспециальных задач.

б) *Опорный наблюдательный полигон* - соответствует локальному уровню эколого-геологического мониторинга. На опорных полигонах исследуются основные закономерности и механизмы развития различных геологических процессов, оказывающих существенное влияние на экологию данной местности.

в) *Региональный наблюдательный полигон* представляет собой совокупность нескольких опорных полигонов. На региональном полигоне изучают общие для данного региона эколого-геологические закономерности изменения верхних горизонтов литосферы.

Помимо этих трех рангов наблюдательных полигонов, наблюдательная сеть может при необходимости дополняться и другими разновидностями полигонов, не привязанными к территориальному масштабу исследований:

- *Фоновый наблюдательный полигон* представляет собой разновидность опорного полигона. Он организовывается на территории, не затронутой техногенным воздействием.

- *Специальный наблюдательный полигон* создается для наблюдения за отрицательными эколого-геологическими явлениями на конкретных инженерных сооружениях, потенциально опасных или уникальных (АЭС, плотины и т. д.).

- *Опытно-методический полигон* - в его пределах тестируются и отработываются новые методы контроля и сбора первичной эколого-геологической информации о верхних горизонтах литосферы. Также здесь проводятся натурные эксперименты и испытывается новое оборудование для эколого-геологических исследований.

**Программа эколого-геологического мониторинга** разрабатывается для каждой конкретной наблюдательной сети, с учётом особенностей данной местности. В целом программа данного вида мониторинга представляет собой методическое руководство по эколого-геологическим наблюдениям на конкретной территории. В ней описываются следующие положения:

1) *Перечень показателей, которые будут мониториться*: состав, изменения и свойства горных пород; природные геологические процессы; антропогенные геологические процессы; взаимодействие инженерного сооружения и местной геологической среды и т. п.

2) *Размещение точек наблюдения и наблюдательных полигонов* (это размещение во многом аналогично мониторингу подземных вод).

3) *Описание технических средств наблюдения*. Наблюдения могут быть непосредственными (наземными) и дистанционными. В первом случае используется оборудование, аналогичное оборудованию, применяемому в мониторинге подземных вод; во втором случае применяются дис-

танционные методы зондирования (инфракрасная, спектральная, георадарная съемка и пр.).

## Лекция 12. 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. **Объектом** лесного мониторинга является весь лесной фонд России. Лесной мониторинг преследует следующие **цели**:

- наблюдение и регистрация текущих изменений лесного фонда, прогнозирование его перспективного состояния;
- обеспечение ЕГСЭМ информацией о состоянии лесов России;
- информационное обеспечение мероприятий по управлению лесным хозяйством и охране лесов.

В территориальном отношении выделяют следующие уровни лесного мониторинга:

**- Федеральный уровень лесного мониторинга.** На этом уровне мониторинг ведёт Федеральная служба лесного хозяйства РФ. На данном уровне лесного мониторинга решаются следующие задачи:

- 1) Сбор, обработка и хранение информации о лесном фонде России на государственном уровне.
- 2) Разработка федеральных программ общегосударственного значения, координация работ по этим программам.
- 3) Координация работ по созданию технического и программного обеспечения лесного мониторинга.
- 4) Контроль за деятельностью систем регионального лесного мониторинга.

**- Региональный уровень лесного мониторинга.** На этом уровне мониторинг ведут краевые или областные органы управления лесным хозяйством субъектов РФ. Они решают следующие задачи:

- 1) Ведение лесного мониторинга на территории конкретного региона: закладка наземных сетей наблюдения, проведение наблюдений и фиксация их результатов.
- 2) Адаптация разработанного Федеральной службой лесного хозяйства РФ методического и программного обеспечения к особенностям данного региона.

**- Локальный уровень лесного мониторинга.** На этом уровне мониторинг проводят лесхозы, заповедники, национальные парки, учебные и опытные лесные хозяйства. Их задача - регистрация тех изменений в лесном фонде, которые вызваны лесохозяйственной деятельностью, наруши-

телями законодательства об охране лесов, лесными пожарами и стихийными бедствиями, и передача этих данных на региональный и федеральный уровни лесного мониторинга.

При ведении лесного мониторинга используется информация из различных источников, в зависимости от территориального уровня мониторинга.

На федеральном уровне используются следующие средства:

- система приёма и обработки аэрокосмической информации;
- сеть наземных наблюдений федерального уровня;
- локальная компьютерная сеть с базами данных о состоянии лесного фонда, информационные поисковые системы и геоинформационные системы;
- система коммуникаций для обмена информацией с ЕГСЭМ и региональным уровнем лесного мониторинга.

На региональном уровне используются следующие средства:

- система наземных наблюдений за лесами, включающая в себя сеть постоянных пунктов наблюдения, лесоинвентаризационные, лесоустroительные и обследовательские работы;
- локальная компьютерная сеть с базами данных о состоянии лесного фонда и средствами коммуникации с лесхозами (на локальном уровне мониторинга) и с федеральным уровнем мониторинга.

На локальном уровне лесного мониторинга используются вычислительные средства, обеспечивающие сбор и обработку данных о состоянии лесов и передачу этих данных на региональный уровень.

Лесной мониторинг включает в себя следующие объектные виды:

- **мониторинг состояния лесных ресурсов и земель лесного фонда** оценивает состояние лесов, в частности - определяет площади, занятые лесами разных эксплуатационных категорий, разных пород, разного возраста и пр.;
- **лесопожарный мониторинг** ведёт наблюдения за пожарной безопасностью в лесах;
- **лесопатологический мониторинг** ведёт наблюдения за распространением лесных вредителей и болезней леса.

### ***Мониторинг состояния лесных ресурсов и земель лесного фонда:***

Данный вид лесного мониторинга обеспечивает количественную оценку текущих изменений состояния лесов. При этом мониторируются следующие параметры:

- площади, занятые лесами различных категорий (эксплуатационные леса различных групп, водоохранные леса, леса заповедников и национальных парков и т. п.);
- площади, занятые различными породами леса;

- площади, занятые лесонасаждениями определённого возраста и уровня спелости.

Источниками данных для подобного мониторинга являются лесоучётная документация и отчёты о лесоустроительных работах.

### ***Лесопожарный мониторинг:***

**Лесопожарный мониторинг** - это система наблюдения и контроля за пожарной безопасностью в лесу, учитывающая погодные условия, состояние горючих лесных материалов, наличие источников огня.

**Цель** лесопожарного мониторинга заключается в разработке и проведении мероприятий по предупреждению лесного пожара, или ликвидации уже возникшего.

**В задачи** лесопожарного мониторинга входят:

- прогноз возникновения пожара и обнаружение уже существующего пожара;
- оценка пожарной опасности;
- учёт площадей, пройденных лесными пожарами, влияние пожаров на лесной фонд и динамику древостоев.

На федеральном уровне лесопожарным мониторингом занимается федеральная служба лесного хозяйства РФ. На региональном уровне эти работы осуществляют структурные подразделения федеральной службы, и 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 ведётся 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;
- объём 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 её деревья, с которой наблюдателем осуществляется визуальный осмотр леса. В качестве наблюдателей выступают работники лесхоза и лесной охраны, пожарные сторожа. Расстояние между соседними ПНП - 10-12 км, кроме того, необходимо обеспечить видимость между соседними ПНП, чтобы было проще определить координаты возникшего пожара.

В зависимости от класса пожарной опасности наблюдения на ПНП ведутся либо в течение всего светового дня, либо в течение нескольких дневных часов. Класс пожарной опасности устанавливается для каждого конкретного лесного массива в зависимости от породного состава местного леса.

При ведении лесопожарного мониторинга наземными методами в дополнение к наблюдениям на ПНП используют инструментальную (теодолитную) съемку для определения площади, пострадавшей от пожара.

**Дистанционные методы** лесопожарного мониторинга подразумевают использование метеорологических радиолокационных станций, грозопелегнаторов, малой авиации лесного хозяйства. Для оперативного мониторинга уже возникшего пожара используются спутниковые системы. Спутниковая система представляет собой серию космических спутников, на которых установлены радиометры с высоким пространственным разрешением для фиксации теплового излучения. В настоящее время для спутникового мониторинга пожарной обстановки широко используются спутники серии NOAA (пространственное разрешение дальногомера - 1,1 км, полоса обзора 3000 км, позволяют осуществлять контроль территории 6 раз в сутки), и спутники серии EOS (пространственное разрешение радиодальногомера - 1 км, 0,5 км и 0,25 км; полоса обзора 2300 км, периодичность осмотра территории - 4 - 6 раз в сутки). Процедура выявления очага лесного пожара по данным пролета одного спутника занимает около 1 часа. Использование спутниковых систем позволяет выявить очаг горения площадью от 100 м<sup>2</sup> или зону тления площадью от 900 м<sup>2</sup> (при невысокой облачности).

### ***Лесопатологический мониторинг:***

**Лесопатологический мониторинг** - это слежение за поражением и повреждением леса лесными болезнями и насекомыми-вредителями.

**Цель** лесопатологического мониторинга заключается в своевременном обнаружении повреждённых и усыхающих участков леса, сборе сведений о популяциях насекомых и микроорганизмов, вредящих лесу, обосновании лесозащитных мероприятий и прогнозе развития лесопатологической ситуации.

**Объектом** лесопатологического мониторинга являются естественные и искусственные лесонасаждения, в том числе - леса, ослабленные пожарами, ветровалами, снеголомом, засухой и подтоплением. В пределах таких территорий ведётся наблюдение за численностью популяций хвое- и листогрызущих насекомых, стволовых вредителей, а также наблюдения за распространением грибных и бактериальных болезней леса.

В территориальном отношении лесопатологический мониторинг может вестись на трех уровнях.

**На федеральном уровне** мониторинг ведётся под руководством Российского центра защиты леса (Рослесозащита). На этом уровне решаются следующие задачи:

- 1) Общее руководство лесопатологическим мониторингом в России.
- 2) Сбор от регионов лесопатологической информации и создание федерального банка данных.
- 3) Проведение специальных экспедиционных обследований и экспертиз в конкретных регионах.
- 4) Принятие решений по данным проведенных обследований о лесозащитных мерах, требующих особо крупных затрат.

**На региональном уровне** лесопатологический мониторинг организуется при территориальных органах управления лесным хозяйством. При этом решаются следующие задачи:

- 1) Сбор лесопатологической информации в пределах данного региона и создание региональной базы данных.
- 2) Оценка и прогнозирование лесопатологической ситуации по отдельным лесхозам и по региону в целом.
- 3) Разработка конкретных лесозащитных мероприятий.

**На локальном уровне** лесопатологический мониторинг ведётся в лесхозах. Его основными задачами являются сбор первичной лесопатологической информации и оценка экономического ущерба для местных лесонасаждений.

Методы и средства ведения лесопатологического мониторинга подразделяются на дистанционные и наземные; причем результаты дистанционной оценки состояния леса обязательно проверяются и уточняются с помощью наземных обследований.

**Дистанционные методы ведения лесопатологического мониторинга:**

- 1) *Метод дистанционных обследований (аэровизуальный)* - наиболее простой, доступный и недорогой метод ведения лесопатологического мониторинга. Он особо рекомендован для лесопатологического мониторинга в Сибири и на Дальнем Востоке. Аэровизуальное обследование заключа-

ется в облёте леса на вертолёте Ми-2 или на самолёте типа Ан-2. Экипаж состоит из 2 человек: пилота, прокладывающего маршрут и управляющего летательным средством, и наблюдателя, который проводит визуальную оценку состояния леса. Оптимальное время для полётов - с конца мая по начало сентября; при наличии возможности - облёт леса проводят 2 раза за сезон: в конце мая - начале июня, и в августе. Высота полёта - около 700 м; для внимательного осмотра, привязки и оценки состояния лесного массива надо облететь лес 2-3 раза.

Аэровизуальное обследование позволяет оценить на глаз наличие сухих, ветровальных, буреломных и других повреждённых деревьев. Используется трехбалльная шкала оценки: 1 балл - если повреждено до 15% деревьев, 2 балла - если повреждено от 15 до 40 %, и 3 балла - если повреждено более 40 % деревьев.

Результаты обследования заносят в журнал обследования и наносят на карту. По завершении аэровизуального обследования заказчику мониторинга передаются следующие отчётные документы:

- сводная ведомость участков леса, подлежащих наземной оценке и контролю;

- карта с расположением этих участков.

2) *Аэрофотосъемка*. В основном применяется спектрзональная съемка и спектрорадиометрия в видимой (0,4-0,72 мкм), ближней инфракрасной (0,72-1,3 мкм) и тепловой (8-15 мкм) зонах спектра. При повреждениях древостоя наблюдается потеря хлорофилла и изменяется транспирация листвы или хвои, из-за чего «больной» древостой имеет повышенную температуру, что и фиксируется на инфракрасных снимках.

3) *Дистанционная фото- или видеосъемка* проводится периодически (1 раз в 3-5 лет) для оценки состояния лесов с хроническими гнилевыми, раковыми, бактериальными заболеваниями, а также - для оценки состояния особо ценных лесных участков (заповедников, заказников, памятников природы и т. п.). Этот метод также используется при оценке повреждений леса в результате стихийных бедствий или незаконных вырубок.

**Наземный лесопатологический мониторинг** ведётся по сети наблюдательных пунктов, которая включает в себя пункты постоянного наблюдения и временные пробные площади (последние закладываются только в случае необходимости).

*Пункты постоянного наблюдения* представляют собой участки леса с однородной лесной растительностью, специально ограниченные и пронумерованные. Обычно на территории одного лесхоза размещают 3-5 пунктов, общей площадью около 10 га. Если лесной массив, за которым ведётся наблюдение, достаточно велик, то между пунктами постоянного наблюдения прокладывают *постоянные маршрутные ходы* (до 3 ходов на 1 лесхоз; протяженность одного хода - не более величины дневного пешего перехода). И сами пункты, и маршрутные ходы между ними заклады-

ваются сроком на 10 лет; по прошествии этого времени их размещение пересматривается.

Наземные исследования, проводимые на пунктах постоянного наблюдения, подразделяются на 2 категории:

**1) Рекогносцировочный надзор** - это ежегодный визуальный осмотр леса. Его цель - обнаружить ранние признаки заражения леса или размножения лесных вредителей. Такой надзор проводят лесничие и помощники лесничих при общем техническом руководстве специалистов службы лесозащиты.

**2) Детальный надзор** представляет собой постоянное наблюдение за состоянием леса, распространением лесных болезней и численностью популяций вредителей леса. Детальный надзор ведётся в течение всего вегетативного сезона специалистами службы лесозащиты и инженерами-лесопатологами.

В ходе наземного лесопатологического мониторинга оценивают следующие показатели:

- **площадь повреждённого леса** (гари, вырубки, сухостои, буреломы и т. п.) определяется с помощью инструментальной (теодолитной) съёмки;

- **степень повреждения крон хвое- и листогрызущими насекомыми** оценивается на глаз, в процентах;

- **степень повреждения древостоя грибными и иными болезнями** (корневая и стволовая гниль, мучнистая роса, сосновый вертун, корневая губка и т. п.) - подсчитывается количество зараженных деревьев;

- **численность популяций хвое- и листогрызущих насекомых** (шелкопряд, пяденицы, пилильщики, ткачи, сосновая совка и пр.) - подсчитывается количество гусениц или яйцекладок на 1 дерево, при необходимости используют феромонные ловушки для сбора вредителей;

- **численность популяций стволовых вредителей** (короеды, сосновый подкорный клоп и пр.) - подсчитывается количество особей на 1  $\text{дм}^2$ , для сбора вредителей используются феромонные ловушки;

- **заселённость почвы леса почвообитающими вредителями** (майский хрущ, сосновый долгоносик и пр.) - подсчитывается количество особей в ходе почвенных раскопок на пунктах постоянного наблюдения.

### **Лекция 13. Радиационный и радоновый мониторинг**

**Радиационный мониторинг** - это регулярные наблюдения радиационной обстановки с целью определения (контроля) динамики её изменения и выявления аномалий для исследований и оперативного вмешательства. Он включает в себя как наблюдения за естественным (природным) радиационным фоном, так и наблюдения за техногенным радиоак-

тивным загрязнением основных природных компонентов (воды, воздуха, подземных вод, почв, пищевых продуктов).

Радиационный мониторинг преследует следующие **цели**:

- Наблюдение за естественным радиационным фоном, обусловленным природными факторами (повышенное содержание радионуклидов в подстилающих горных породах и пр.).

- Наблюдение за радиационным фоном в районах потенциальных источников радиоактивного загрязнения (атомные электростанции, места захоронения радиоактивных отходов, предприятия, использующие в своем производственном цикле радиоактивные вещества и т. п.).

- Наблюдение за трансграничным переносом радиоактивных веществ.

Основными **объектами** радиационного мониторинга являются атмосферный воздух, вода, почва, пищевые продукты.

Данные, полученные в результате радиационного мониторинга, позволяют решить достаточно широкий круг природоохранных **задач**:

- разработка государственных программ по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;

- разработка программ по обеспечению радиационной безопасности населения;

- разработка мероприятий по ликвидации последствий аварий и катастроф на объектах потенциальной радиационной опасности;

- информирование граждан о радиационной обстановке.

С точки зрения **территориального охвата** выделяют четыре уровня радиационного мониторинга:

1) *Объектный* - ведётся на территории конкретного промышленного объекта: завода, атомной электростанции и пр.

2) *Муниципальный* - ведётся в пределах населённого пункта.

3) *Территориальный* - ведётся в пределах отдельной области, края и прочих административных субъектов.

4) *Федеральный* - в России в настоящее время этот уровень радиационного мониторинга только формируется. Его основой призвана стать Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки (ЕГАСКРО). В свою очередь, ЕГАСКРО формируется путем объединения уже существующих региональных автоматизированных систем радиационного контроля в единую сеть.

Наблюдения за радиационной обстановкой ведутся на пунктах радиационного мониторинга. Эти пункты представляют собой посты и станции наблюдения за качеством воздуха, наблюдательные створы на водных объектах, гидрогеологические посты и наблюдательные скважины. Благодаря такому разнообразию, радиационный контроль охватывает все основные компоненты окружающей среды.

В настоящее время большая часть измерительных работ на пунктах радиационного мониторинга автоматизирована, и основным средством ведения радиационного мониторинга является автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО). В любом регионе, в

каждом промышленном центре и на каждом крупном промышленном объекте функционирует своя АСКРО.

АСКРО включает в себя следующие основные компоненты:

- система стационарных постов радиационного контроля, соединенных линиями связи с пунктом сбора и обработки информации;
- воздушный комплекс радиационной разведки (самолёты и вертолёты, 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).

Густота размещения стационарных постов радиационного мониторинга зависит от особенностей распределения по территории радиационно опасных объектов, прочих промышленных объектов, особенностей расселения жителей и т. п.

АСКРО позволяет в автоматическом режиме наблюдать следующие параметры:

- На стационарных постах: мощность экспозиционной дозы, объёмная активность  $\beta$ -активных аэрозолей, объёмная активность атмосферных паров, объёмная активность жидкости по  $\gamma$ -излучению и по  $\beta$ -излучению. Также обязательно измеряются метеорологические параметры: температура воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, относительная влажность, наличие осадков.

- На передвижных постах: удельная активность проб компонентов окружающей среды по  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучению, объёмная активность  $\beta$ -активных аэрозолей, объёмная активность жидкости по  $\beta$ -излучению.

АСКРО может функционировать в различных режимах:

- **Режим повседневной деятельности:** используется при нормальной радиационной обстановке. В этом режиме объём и периодичность измерений таковы, чтобы успеть зафиксировать ухудшение радиационной обстановки до того, как будут превышены ПКД и радиационно-гигиенические нормативы.

- **Режим повышенной готовности.** В этот режим система переходит при ухудшении радиационной обстановки или при получении прогноза о возможной радиационной аварии. Число наблюдений и замеров в этом режиме автоматически повышается.

- **Аварийный режим** - в него АСКРО переходит в случае радиационной аварии или при ликвидации последствий чрезвычайной ситуации на радиационно опасном объекте. Система функционирует полностью в автономном режиме.

Во всех режимах своей работы АСКРО поддерживает связь с местным РИЦЭМом, снабжая его сведениями о текущей радиационной обстановке.

В дополнение к АСКРО также широко используются и такие виды наземного радиационного мониторинга, как автомобильная или пешеходная гамма-спектрометрическая съемка. При этом применяются 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 простоте использования и оперативности получения результатов. **Дозиметры** позволяют фиксировать только мощность экспозиционной дозы (в миллиРентгенах/час), а также характер радиоактивного излучения ( $\alpha$ -,  $\beta$ - или  $\gamma$ -излучение); **спектрометры** используются для определения концентрации радионуклидов в воде, воздухе или почве.

### ***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.

Радоновый мониторинг преследует следующие **цели**:

1) Прогнозирование радоновой опасности территории для выбора оптимальных мер защиты в уже построенных зданиях, и для выбора безопасных мест для строительства новых зданий.

2) Оценка влияния радона и продуктов его распада на здоровье человека.

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 её проведения выбирают самое маленькое по объёму помещение, расположенное на самом нижнем этаже (или в подвале) обследуемого здания. Сам процесс съемки заключается в отборе проб воздуха через определённые промежутки времени. При этом измеряется либо накопленная во времени доза  $\alpha$ -излучения радона и продуктов его распада, либо «мгновенная» концентрация радона в воздухе помещения. Из оборудования применяются либо специальные детекторы содержания радона, либо различные эманометры.

Единицей измерения радиоактивности воздуха служит Беккерель/литр (Бк/л) или Бк/м<sup>3</sup>, что соответствует одному распаду радионуклида в секунду в одном литре (или кубическом метре) анализируемого воздуха. Величина ПДК радона для персонала, связанного с радиоактивным производством (категория А), составляет 1,11 Бк/л, а для обычного населения (категория В) - 0,037 Бк/л.

## Лекция 14. Биологический мониторинг, методы биоиндикации

**Биологический мониторинг** - это слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением случайных интродуцентов и т. д.) и оценка качества окружающей среды с помощью биоиндикаторов. **Цель** биологического мониторинга - наблюдение за биотической составляющей биосферы и её реакцией на техногенное воздействие, а также оценка 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. В качестве биоиндикаторов нужно выбирать такие виды, которые имеют повышенную чувствительность к определённым видам загрязнения. Например, форель чувствительна к загрязнению воды, а тюльпан - к загрязнению воздуха фторидом водорода.

Наиболее часто в качестве биоиндикаторов выступают:

- 1) **Высшие растения** - 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.

Растения-биоиндикаторы могут реагировать на загрязнение атмосферы острыми или хроническими реакциями. *Острые реакции* проявляются через опадание листьев, цветов и плодов, свёртывание листьев, искривление стеблей. Острые реакции наблюдаются при кратковременном воздействии на растение большой дозы загрязняющего вещества. *Хронические реакции* выражаются в замедлении или прекращении роста растения, и наблюдаются при долговременном воздействии малых доз загрязнителя.

**2) Лишайники** также являются очень надёжными индикаторами загрязнения воздуха. Особенно активно, гораздо более эффективно, чем растения, лишайники накапливают тяжёлые металлы. Наиболее чувствительны к внешним воздействиям эпифитные лишайники (растущие на стволах деревьев), средняя чувствительность у листоватых лишайников, низкая - у накипных (имеющих вид корочек). Процесс использования лишайников для наблюдения за состоянием окружающей среды называется **лихеноиндикацией** (от греч. *leichen* - лишайник). Лихеноиндикация может вестись активным или пассивным методом. При активном методе ведут наблюдения за лишайниками, специально высаженными в данную среду обитания. При пассивном - наблюдают за лишайниками, естественным образом произрастающими в данной местности в течение многих лет.

**3) Фитопланктон** (различные водоросли, в основном - сине-зеленые) используется как биоиндикатор при оценке качества воды в водоёмах и водотоках. Пробу воды объёмом от 0,5 до 1 л зачерпывают с поверхности водного объекта, далее фитопланктон фильтруют через мелкопористые мембранные фильтры, исследуют его видовое разнообразие и подсчитывают биомассу.

**4) Почвенная биота** (беспозвоночные, сине-зеленые водоросли, грибы, бактерии и др.) 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 - тяжёлыми металлами и хлорорганическими соединениями), биологическая активность резко снижена.

**5) Состояние здоровья человека** 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; смертность в среднем и по возрастным группам; показатели физического развития населения.

Существуют 2 основных метода использования биоиндикаторов: регистрирующая биоиндикация и биоиндикация по аккумуляции.

**Регистрирующая биоиндикация** позволяет судить о нарушениях окружающей среды по внешнему виду особей вида или популяции. Регистрирующие биоиндикаторы реагируют на отрицательное воздействие окружающей среды изменением своего облика (замедление скорости роста, ви-

доизменения и уродство отдельных частей организма и т. п.). Типичным примером регистрирующих биоиндикаторов являются лишайники.

**Биоиндикация по аккумуляции** основана на способности растений и животных накапливать в своих тканях различные загрязняющие вещества (свинец, ртуть и пр.). Накапливающие биоиндикаторы концентрируют загрязняющие вещества в определённых тканях и органах, которые затем используются для химического анализа с целью выяснения степени загрязнения окружающей среды. Примером накапливающих биоиндикаторов являются мозг, почки, печень, селезёнка млекопитающих, раковины моллюсков и т. п.

Разновидностью метода биоиндикации является биотестирование. **Биотестирование** - это постановка эксперимента в природных или лабораторных условиях для определения последствий взаимодействия подопытных организмов с испытываемой средой. О степени вредного воздействия окружающей среды судят, сравнивая характеристики организма при различной продолжительности опыта в разных средах. Биотестирование в основном применяется при мониторинге поверхностных вод.

Независимо от того, какие живые организмы выступают в качестве биоиндикаторов, в ходе биологического мониторинга ведутся наблюдения за следующими категориями показателей:

**1) Функциональные показатели**, характеризующие интенсивность жизненных процессов, протекающих в организмах и популяциях. В эту категорию входят показатели роста и продуктивности организмов, а также - показатели состояния организма (потребление и усвоение пищи, скорость обмена веществ) и показатели трат (частота дыхания, линька и пр.).

**2) Структурные показатели**, характеризующие результаты развития данной популяции или экосистемы (численность видов, численность особей каждого вида, количество биомассы, изменение массы и размера особей и т. п.).

Однако метод биоиндикации имеет существенный недостаток, а именно: он позволяет выявить только характер воздействия местной среды на живые организмы, но не даёт возможности установить причины и факторы, обусловившие такое воздействие. Поэтому биоиндикация обычно используется как контрольный метод мониторинга среды обитания, призванный подтвердить или опровергнуть статистические данные о состоянии окружающей среды, полученные в ходе других объектных видов мониторинга.

## **ЛЕКЦИЯ 15. Нормирование качества основных компонентов окружающей среды**

**Нормирование качества окружающей среды** - это установление предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. Процесс нормирования является важной со-

ставной частью мониторинга, так как позволяет оценить степень загрязнения окружающей среды или степень нарушенности природных комплексов в количественных показателях и сопоставить эти показатели с нормативами.

Нормативы, ограничивающие вредное воздействие на окружающую среду, устанавливаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны природы и санитарно-эпидемиологического надзора. Периодически нормативы пересматриваются, с учётом развития науки и техники, и с учётом изменений в международных стандартах. Все нормативы зафиксированы в ГОСТах, ОСТах и санитарных нормах и правилах (СанПиН). Для каждого природного компонента (воды, воздуха, почв и т. д.) разработаны свои нормативы.

При нормировании качества атмосферного воздуха используются следующие нормативные показатели:

**1) Предельно допустимая концентрация (ПДК)** - наиболее широко используемый нормативный показатель. ПДК - это такое количество загрязняющего вещества в атмосфере, которое практически не влияет 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 в воздухе, которое не вызывает отрицательных изменений в организме человека при однократном воздействии.

- **ПДК среднесуточная** - это такое количество загрязняющего вещества, которое не причиняет ущерба здоровью человека в условиях неопределённо долгого круглосуточного вдыхания. Как правило, значения ПДК среднесуточной всегда меньше, чем ПДК максимальной разовой.

- **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.

В настоящее время насчитывается около 6 000 веществ, загрязняющих атмосферу. Из них ПДК рабочей зоны установлена для 1381 вещества, ПДК максимальная разовая и среднесуточная - для 298 веществ.

**2) Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)** - комплексный нормативный показатель, используемый при оценке состояния воздушного бассейна, загрязнённого смесью из большого количества загрязнителей (до нескольких десятков наименований). В частности, ИЗА используется для оценки качества воздуха в промышленных центрах, вдоль магистральных автотрасс, вокруг крупных предприятий топливной или энергетической промышленности. В отличие от ПДК, которая позволяет оценить концентрацию в воздухе только одного конкретного загрязняющего вещества,

при расчёте ИЗА учитываются концентрации сразу нескольких загрязнителей, наблюдаемых в атмосфере. Для расчётов используется формула (1):

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_i}{\text{ПДК}_{i \text{ МР}}} \right)^{a_i} \quad (1)$$

где  $q_i$  - концентрация  $i$ -го вещества в  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$\text{ПДК}_{i \text{ МР}}$  - максимальная разовая ПДК  $i$ -го вещества в  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$a_i$  - коэффициент соотношения вредности  $i$ -го вещества с вредностью вещества III класса опасности;  $a_i^{\text{I класса}} = 1,7$ ;  $a_i^{\text{II класса}} = 1,3$ ;  $a_i^{\text{III класса}} = 1,0$ ;  $a_i^{\text{IV класса}} = 0,9$ ;

$n$  - количество примесей, учтённых при расчёте.

Как правило, в расчёт принимаются 5-6 приоритетных загрязнителей; в сложных случаях количество учитываемых загрязнителей может достигать до 22. расчёт ИЗА выполняет местный региональный центр экологического мониторинга (РИЦЭМ), опираясь на результаты собственных наблюдений за концентрацией в воздухе загрязняющих веществ. Официально принята следующая градация территорий по уровню ИЗА:

ИЗА меньше 10 - невысокий уровень загрязнения (I категория);

ИЗА = 10-20 - высокий уровень загрязнения (II категория);

ИЗА = 20-30 - очень высокий уровень загрязнения (III категория);

ИЗА более 30 - чрезвычайно высокий уровень загрязнения (IV категория).

**3) Предельно допустимый выброс (ПДВ)** - нормативный показатель, используемый для контроля объёма загрязняющих выбросов, производимых конкретным промышленным предприятием в атмосферу. ПДВ - это такое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых данным источником в единицу времени, превышение которого вредно для окружающей среды и здоровья человека. ПДВ измеряется в  $\text{г}/\text{сек}$ . Для каждого конкретного завода или фабрики устанавливается своё значение ПДВ. При этом учитываются близость предприятия к жилой зоне или к другим промышленным объектам, перспективы развития данного предприятия, физико-географические и климатические условия данной местности. Значение ПДВ пересматривается 1 раз в 5 лет.

**4) Предельно допустимый расход топлива (ПДТ)** - нормативный показатель, аналогичный ПДВ, но устанавливаемый для тех источников выбросов, которые загрязняют атмосферу, сжигая различные виды топлива (ТЭЦ, котельные и пр.). Единица измерения ПДТ - тонны/час.

Показатели нормирования качества поверхностных вод:

**1) Предельно допустимая концентрация (ПДК)** - этот нормативный показатель широко применяется при нормировании качества воды, 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.

- **ПДК в питьевой воде (ПДК<sub>ВП</sub>)** - это такая концентрация загрязняющего вещества, которая не должна оказывать влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений. ПДК<sub>ВП</sub> измеряется в мг/дм<sup>3</sup>.

- **ПДК в воде водоёма хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>В</sub>)** - это такая концентрация загрязняющего вещества, которая не ухудшает гигиенические условия водопользования. ПДК<sub>В</sub> измеряется в мг/л.

- **ПДК в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК<sub>ВР</sub>)** - это такая концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых. ПДК<sub>ВР</sub> измеряется в мг/л.

Самые жёсткие нормы качества установлены для водоёмов хозяйственно-питьевого назначения, меньшие требования предъявляются к воде из водоёмов культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения.

**2) Предельно допустимый сброс (ПДС)** - это количество загрязняющих веществ в сточных водах, которое разрешено к сбросу в данной точке водоёма в единицу времени. Этот показатель устанавливается для промышленных предприятий, регулярно сбрасывающих сточные воды в водные объекты. Как правило, ПДС измеряется в г/час. Для каждого промышленного предприятия рассчитывают своё значение ПДС, учитывая объём сбрасываемых сточных вод, полноводность и скорость течения в данном водном объекте.

**3) Индекс загрязнения воды (ИЗВ)** - это комплексный нормативный показатель, который используется в тех случаях, когда необходимо провести учёт загрязнения данной реки или озера смесью различных загрязняющих веществ. При расчёте ИЗВ учитывается концентрация в воде 6 основных загрязнителей: азота аммонийного, азота нитритного, нефтепродуктов, фенола, кислорода и БПК<sub>5</sub>. Расчёт выполняется по следующей формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_i}{\text{ПДК}_i} \right), \text{ где} \quad (2)$$

$q_i$  – фактическая концентрация  $i$ -го вещества в мг/м<sup>3</sup>;

$\text{ПДК}_i$  - предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в мг/м<sup>3</sup>;

$n$  - количество примесей, учтённых при расчёте.

**4) Индекс сапробности водного объекта (S)** - нормативный показатель, позволяющий оценить загрязнённость воды микроорганизмами. Он характеризует видовое разнообразие и жизненную активность микроорганизмов, обитающих в данном водоёме. В зависимости от значений индекса сапробности выделяют 6 классов качества воды.

Показатели нормирования качества почвы:

**1) ПДК загрязняющего вещества в сухой почве (ПДК<sub>п</sub>)** - это максимальное количество экзогенного химического вещества (в мг/кг пахотного слоя сухой почвы), гарантирующее отсутствие отрицательного прямого или опосредованного (через контактирующие с почвой среды) воздействия на здоровье человека, его потомства и санитарные условия жизни местного населения.

**2) Коэффициент концентрации загрязняющего вещества (K<sub>C</sub>)** - выражает превышение концентрации какого-либо химического элемента или соединения в почве по сравнению с его фоновой (естественной) концентрацией. K<sub>C</sub> рассчитывается по следующей формуле:

$$K_C = \frac{C_i}{C_{\Phi i}} \quad (3)$$

где C<sub>i</sub> – фактическая концентрация i-го загрязняющего вещества;  
C<sub>Φi</sub> - фоновая концентрация этого же вещества.

**3) Комплексный показатель загрязнения почвы (Z<sub>C</sub>)** - рассчитывается при нормировании загрязнения почвы тяжелыми металлами. Рассчитывается по формуле:

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_c^i - (n - 1), \quad (4)$$

где K<sub>C</sub><sup>i</sup> - коэффициент концентрации i-го загрязняющего вещества;  
n - число примесей, учтённых при расчёте.

При стандартной оценке загрязнённости почв учитывается 14 загрязняющих веществ: 13 тяжёлых металлов (кадмий, ртуть, свинец, цинк, кобальт, никель, молибден, медь, хром, барий, ванадий, вольфрам, марганец) и мышьяк. Официально принята следующая градация территорий в зависимости от значения Z<sub>C</sub>:

Z<sub>C</sub> < 16 - территория со слабым, допустимым уровнем загрязнения;

Z<sub>C</sub> = 16-32 - территория со средним, допустимым уровнем загрязнения;

Z<sub>C</sub> = 32-128 - территория с высоким, опасным уровнем загрязнения;

Z<sub>C</sub> > 128 - территория с очень высоким, чрезвычайно опасным уровнем загрязнения.

**4) Санитарное число почвы (С)** - нормативный показатель, характеризующий процесс гумификации почв и оценивающий способность почвы самоочищаться от органических загрязнителей.

Показатели нормирования радиационного загрязнения территории:

**1) Активность радиоактивного вещества (А)** - это мера количества радиоактивного вещества, выраженная числом ядерных распадов в единицу времени. Единицей измерения активности служит беккерель (Бк), причем 1 Бк равен 1 распаду в 1 секунду. В зависимости от значения активности, выделяют 5 групп радиотоксичности химических веществ (А, Б, В, Г и Д).

**2) Предельно допустимая доза (ПДД)** - основной показатель для нормирования радиационного загрязнения территории. 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. Единицей измерения ПДД является зиверт (Зв); 1 зиверт приблизительно равен 100 рентгенам.

В зависимости от наличия доступа к источникам ионизирующего излучения, среди населения выделяются категория А и категория Б, для которых установлены разные нормативные значения ПДД.

К категории А относится персонал, непосредственно работающий с источниками ионизирующего излучения, или имеющий риск подвергнуться облучению по ходу работы. В категорию Б включено население, имеющее риск подвергнуться облучению в силу особенностей условий проживания. Поскольку разные ткани и органы человеческого организма имеют различную устойчивость к радиационному воздействию, то нормами радиационной безопасности устанавливаются разные значения ПДД для разных частей организма.

Показатели нормирования шумового загрязнения:

Основным показателем нормирования шумового загрязнения является **предельно допустимый уровень шума (ПДУ)**. ПДУ - 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).

Показатели нормирования электромагнитного загрязнения территории:

Электромагнитное загрязнение территории нормируется целым рядом ГОСТов и санитарно-гигиенических норм и правил, с учётом ряда факторов:

- тип источника излучения (бытовая техника, системы сотовой связи, радиотехнические объекты, ЛЭП и т. д.);
- характер излучения (электрические, магнитные или электромагнитные поля);
- длина волны излучения.

Основным нормативным показателем является **предельно допустимый уровень электромагнитного излучения (ПДУ)**. В зависимости от вышперечисленных факторов, ПДУ для конкретных разновидностей источников электромагнитного излучения устанавливается либо в ваттах на кв. метр в час ( $(\text{Вт}/\text{м}^2) \times \text{ч}$ ) (при нормировании по электрической составляющей), либо в амперах на кв. метр в час ( $(\text{А}/\text{м}^2) \times \text{ч}$ ) (при нормировании по магнитной составляющей). Также в процессе нормирования может оцениваться плотность потока энергии в микроваттах на кв. сантиметр в час ( $(\text{мкВт}/\text{см}^2) \times \text{ч}$ ).

## **Лекция 16. 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:

- *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  $\beta$ -излучения).

- *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.

- *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 приёмником - 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/сек).

**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 ав-

томатизированных 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, отчётов и карт.

Информация, собранная и обработанная в вычислительных центрах, 1-2 раза в сутки в автоматическом режиме передаётся в главный вычислительный центр. К скорости и надёжности 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.

В настоящее время широкое внедрение компьютерных технологий и геоинформационных систем в повседневную научную практику позволяет создавать системы автоматического мониторинга, которые способны поддерживать сеть наблюдений на территории региона практически без участия человека. В состав таких систем входят:

- датчики параметров окружающей среды (автоматически измеряют температуру воздуха, влажность, скорость и направление ветра, солнечную радиацию, концентрацию основных загрязняющих веществ в атмосфере);
- датчики биологических параметров (измеряют прирост гумуса, древесины и пр.);
- автономное электропитание для датчиков (аккумуляторы или солнечные батареи);
- радиопередающие и радиоприёмные системы (если датчики удалены от вычислительного центра не более, чем на 10-15 км);
- компактные радиостанции (если сеть датчиков охватывает территорию в сотни и тысячи км<sup>2</sup>.);
- системы спутниковой связи;
- современное компьютерное оборудование и программное обеспечение.

Примером такой системы является система автоматического мониторинга «Радуга», разработанная в г. Выборг. Система «Радуга» предназначена для измерения параметров водной среды, передачи информации по радиоканалу, обработки и хранения наблюдаемой информации в памяти компьютера, вывода информации на печать в табличном или графическом виде. Система «Радуга» функционирует круглосуточно, в автономном режиме. Она включает в себя приёмные и передающие станции, 1 приёмная станция обслуживает до

16 передающих станций, которые постоянно опрашивают датчики состояния окружающей среды. К одной передающей станции можно подключать до 16 датчиков; таким образом, система позволяет измерять в автоматическом режиме до 256 параметров окружающей среды. Цикл опроса каждого датчика варьируется от 1 раза в час до 1 раза в сутки; собранные данные хранятся в памяти приёмной станции сутки, а затем передаются в вычислительный центр при местном РИЦЭМе для последующего анализа и обработки на компьютере.

**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 на автоматизированное рабочее место конкретного специалиста, установленное в конкретной организации. Как правило, пользователям предоставляются различные уровни доступа; чем выше уровень доступа, тем обширнее и детальнее будут предоставленные экологические данные. В банках и базах экологических данных обязательно предусмотрена защита от несанкционированного доступа на всех уровнях.

Банки и базы экологических данных могут иметь различную структуру, что обусловлено множеством факторов, от особенностей местных природных условий и хозяйственного использования региона, и до особенностей программного обеспечения, используемого в местном РИЦЭМе. Далее приводятся несколько примеров наиболее типичных структур баз данных:

**1) База данных мониторинга воздушного бассейна** - зачастую включает в себя 2 основных блока:

- *база данных по загрязняющим выбросам* (названия, назначение и координаты промышленных предприятий, установленное для каждого предприятия значение ПДВ (предельно допустимого выброса), фактические объёмы выбросов (в целом и по отдельным категориям загрязняющих веществ));

- *база данных по загрязнению атмосферы* (координаты стационарных постов наблюдения, маршруты передвижных постов, наблюденные на постах концентрации загрязняющих веществ).

**2) База данных мониторинга поверхностных вод** содержит в себе следующие параметры:

- пространственная привязка постов наблюдений;

- данные о ресурсах поверхностных вод (объём стока в разные сезоны года, расход воды и т. д.);

- данные об использовании поверхностных вод (объём забранных вод, объём использования по видам водопользования, объём сброса сточных вод и пр.);

- показатели качества воды, замеренные на постах наблюдения (концентрация загрязняющих веществ и оценка по 7 классам качества воды);
- данные об особо охраняемых водных объектах;
- данные о русловых процессах (эрозия берегов, заиливание и т. п.)

**3) База данных загрязнения нефтепродуктами** включает в себя 3 основных блока:

- 1 блок: информация о местах хранения нефтепродуктов (размещение, объёмы хранения, защитные мероприятия);
- 2 блок: информация о загрязнении территории нефтепродуктами (площадной охват загрязнения, оценка опасности для окружающей среды и здоровья местного населения, нанесённый ущерб);
- 3 блок: информация о мероприятиях по устранению загрязнения нефтепродуктами (масштабы рекультивационных работ и объёмы затрат на рекультивацию).

**4) База данных о природоохранных сооружениях** включает в себя 4 основных блока:

- 1 блок: характеристика имеющихся на данной территории природоохранных сооружений (сроки строительства, сроки реконструкции, используемые методы очистки, производительность).
- 2 блок: современное состояние сооружений (технические характеристики, аварийность, объёмы неочищенных выбросов или стоков).
- 3 блок: плановая реконструкция сооружений (сроки реконструкции, объёмы финансирования, освоенные объёмы финансирования, отставание в выполнении плана реконструкции).
- 4 блок: штрафы за несанкционированные загрязняющие выбросы в воздух и сбросы сточных вод в водоёмы; оценка влияния оштрафованного промышленного предприятия на окружающую среду.

## **Лекция 17. 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. Она позволяет обеспечить сбалансированность развития данного региона как с точки зрения социально-экономического использования, 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 такое ранжирование территории, которое отражает степень опасности для живых организмов, обитающих в её пределах и превышение существующих или перспективных антропогенных воздействий относительно установленных нормативов (ПДК, ПДВ и ПДС вредных веществ, ПДУ шума, вибрации, электромагнитных полей, радиационного воздействия).

В зависимости от характера экологической обстановки выделяют 5 типов ситуаций: удовлетворительная, напряжённая, критическая, кризисная или катастрофическая (зона экологического бедствия). При этом учитывают уровень загрязнения всех основных природных компонентов и показатели здоровья населения.

При проведении экологической оценки под **экологическим кризисом** понимают устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, которые угрожают существованию человека, и которые вызваны нерациональным использованием природных ресурсов и загрязнением среды обитания. В свою очередь, понятие **экологического бедствия** охватывает глубокие необратимые изменения в окружающей среде, приводящие к разрушению естественных экосистем и существенному ухудшению здоровья населения.

В настоящее время принята следующая система критериев состояния окружающей среды, которая позволяет четко дифференцировать зону экологического кризиса от зоны экологического бедствия.

## Лекция 18. 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.

Информационной основой для экологического прогноза являются данные о состоянии окружающей среды в настоящем и в прошлом. Изучение многолетних рядов наблюдений позволяет выявить тенденции в изменении экологической обстановки на данной территории. В процессе экологического прогнозирования устанавливаются закономерности распространения загрязняющих веществ и закономерности реакций различных живых организмов на изменения в окружающей среде.

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**: использование 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 опыт-

ной (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.

*В зависимости от целей* выделяют 3 вида экологических прогнозов:

1) *Прогноз изменений отдельного природного компонента* (например, прогноз изменения состояния воздушного бассейна при введении в строй новой ТЭЦ). Для построения такого прогноза необходимы данные не только экологического характера (количество выбрасываемого загрязнителя, особенности его распределения в пространстве, изменения его концентрации с течением времени), но и данные о деятельности человека (сведения об увеличении объёмов хозяйственной деятельности, о мероприятиях по охране окружающей среды и пр.).

2) *Прогноз изменений состояния окружающей среды в целом.* В этом случае предсказываются возможные изменения в биосфере, вызванные воздействием загрязнителей, уже имевшихся в окружающей среде или недавно поступивших в неё. В этой области в настоящее время наиболее востребовано прогнозирование следующих проблем:

-распространение и миграция в окружающей среде тяжёлых металлов, радионуклидов, канцерогенных веществ;

- загрязнение Мирового океана нефтепродуктами;

- изменение климата под воздействием человека.

3) *Прогнозирование изменений здоровья населения, вызванных отрицательными изменениями экологической обстановки.* В этом случае помимо экологической информации, используются данные медицинской статистики.

*По срокам* прогнозы могут быть:

- краткосрочные или оперативные (составляются на срок до 1 года),

- среднесрочные или тактические (на срок от 1 года до 5 лет);

- долгосрочные или стратегические (на срок от 5 до 20 лет).

Территория, охватываемая экологическим прогнозом, варьируется от городов и городских районов до государств, континентов и Земли в целом.

**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 её 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 природопользова-

ния. 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 ещё 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.